สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

รูปแบบบ้านยั่งยืนในเขตกรุงเทพมหานคร เพื่อการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

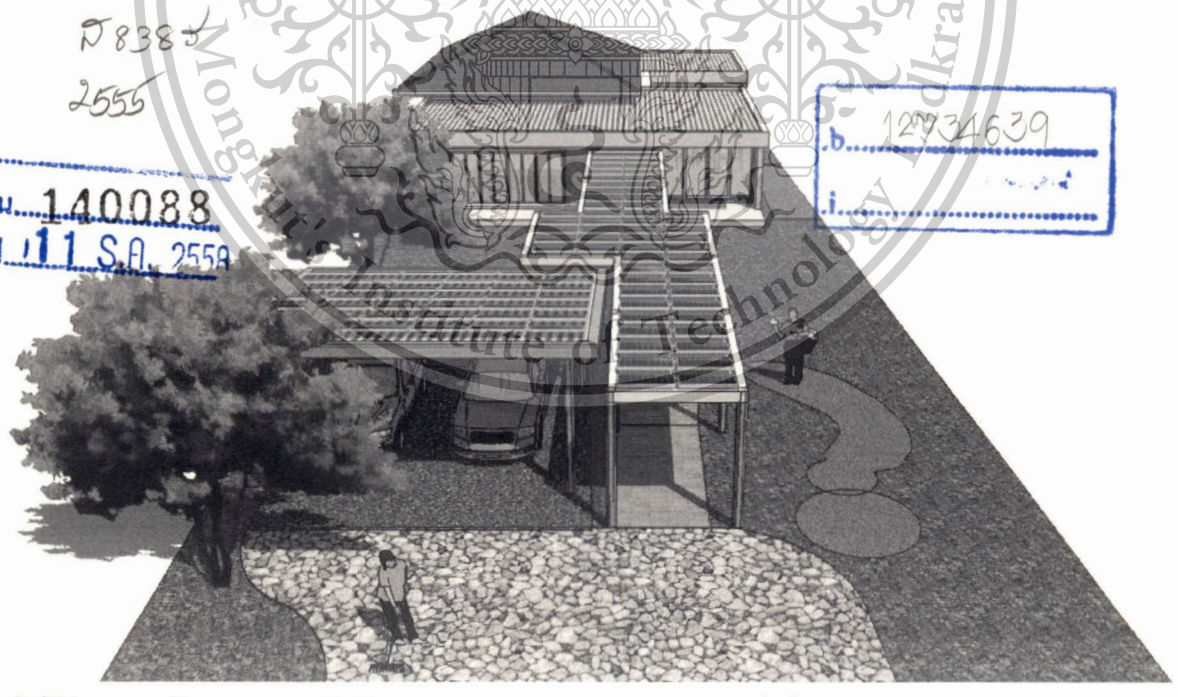
Sustainable Solar Houses Design in Bangkok

นางสุภาวดี รัตนมาศ

RcH
D8385
2555

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 140088
วัน.เดือน.ปี 11 ส.ค. 2558

b 12734639
i.....



ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2555

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) รูปแบบบ้านยั่งยืนในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์
ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ) Sustainable Solar Houses Design in Bangkok
แหล่งเงิน งบประมาณ เงินรายได้คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 80,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2554 ถึง 30 กันยายน 2555
หัวหน้าโครงการ รองศาสตราจารย์ สุภาวดี รัตนมาศ (100%) สังกัดคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
e-mail: nuibooks@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเพื่อศึกษาหาแนวทางการออกแบบบ้านยั่งยืนในกรุงเทพมหานคร มีแนวคิดจากการออกแบบบ้านที่ใช้พลังงานต่ำโดยการออกแบบให้สอดคล้องกับภูมิอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร มีการใช้ต้นไม้และภูมิสถาปัตย์ การจัดวางทิศทางของบ้านให้สอดคล้องกับ sun path diagram เพื่อสร้าง micro climate เป็นการลดอุณหภูมิแวดล้อมของบ้านลง ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการใช้เครื่องปรับอากาศในแบบ Passive and Low Energy Architecture การออกแบบช่องเปิดให้ได้รับลมและแสงธรรมชาติเพื่อสร้างภาวะสบายให้เกิดขึ้นในบ้านเป็นสิ่งสำคัญ บ้านที่ออกแบบควรใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้าในส่วนที่มีความจำเป็นเมื่อต้องประสบกับภาวะขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าจากรัฐ ได้แก่ ส่วนเตาหุงต้ม แสงสว่าง พัดลม เครื่องปั๊มน้ำ เครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น พบว่าปริมาณไฟฟ้าที่จำเป็นควรมีอย่างน้อย 5,788 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน และมีจำนวน 29-30 แผง และหนึ่งแผงโซล่าเซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 200 วัตต์ชั่วโมง การนำแผงโซล่าเซลล์มาติดตั้งในส่วนหลังคามีข้อจำกัดด้านมุมของหลังคา และพื้นที่ของหลังคาไม่เพียงพอกับจำนวนแผงโซล่าเซลล์ที่ต้องการใช้ การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์แยกออกจากองค์ประกอบของตัวบ้านสามารถทำให้ติดตั้งได้ง่าย และทำให้แผงโซล่าเซลล์มีประสิทธิภาพมากกว่า แต่พื้นที่เปิดโล่งที่ต้องการใกล้ตัวบ้านต้องมีอย่างน้อย 60 ตารางเมตร

บ้านตัวอย่างที่นำมาใช้ศึกษาตั้งอยู่ที่เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ออกแบบให้แผงโซล่าเซลล์ติดตั้งอยู่ในส่วนพื้นที่เปิดโล่ง โดยใช้เป็นหลังคาที่จอดรถและทางเดินเข้าสู่ตัวบ้านเนื่องจากบ้านหลังนี้ใช้พื้นที่เปิดโล่ง (open space) ในการสร้างภาวะสบายและลดการใช้เครื่องปรับอากาศลง มีการจัดสวนที่ร่มรื่นสร้างภาวะสบายได้เกือบทุกฤดูกาล

คำสำคัญ : บ้านพลังงานแสงอาทิตย์, บ้านยั่งยืน, บ้านพลังงานทดแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Research Title: Sustainable Solar Houses Design in Bangkok

Researcher: Associate Professor Suphawadee Ratanamart

Faculty: Architecture **Department:** Architecture and Planning

ABSTRACT

The research for concept study of a sustainable house design in Bangkok originates from the design for houses featuring low energy consumption, where the design adapts to the climate of Bangkok, features the use of trees and landscape architecture, and formulates housing plan in accordance with the sun path diagram to facilitate the micro climate. This helps to reduce the ambient temperature of the house, save electrical energy from the use of air-conditioning system with the application of Passive and Low Energy Architecture; the design of inlets to allow good ventilation and natural lighting to primarily promote living comfort. The houses in design should harvest solar energy for electricity generation as needed in case of electrical power supply shortage: this includes for kitchen stove, lighting, fans, electric water pump, computers, and so on. It is observed that the required daily electrical power consumption would be at least 5,788 watts-hour per day, and there are 29–30 solar cell modules, where one solar panel is capable of generating up to 200 watts-hour of electricity. The installation and application of solar cells modules on rooftop is restricted in terms of the roofing inclination and inadequate setup area to accommodate the number of solar panels required for use. Installing the solar cells separately from the house framework can be accomplished more easily and results in greater efficiency and productivity, where the open space for installation near the house should have the area of at least 60 square meters.

The sample house used for case study is located in Chatuchak district, Bangkok, does not have sufficient roof area for installation of solar cell modules, so the design features installation of solar panels in open area, i.e. rooftop of car park and walkway to the house, since this house utilizes the open space to promote comfort and reduces the use of air-conditioning system, together with a tranquil garden to generate a comfort ambiance in almost every season.

Keywords: Solar Home, Sustainable Home, Alternative Energy Home Design, Photovoltaic Home Design, Solar Sustainable Home

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการวิจัยเรื่อง "รูปแบบบ้านยั่งยืนในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์" ได้รับการเผยแพร่ผลงานระดับนานาชาติในการประชุม AEI 2013 Conference (Architecture and Environment International Conference 2013) ณ ห้องประชุม สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เมื่อวันที่ 3 สิงหาคม 2556

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการอุดมศึกษาและคณะกรรมการการจัดงานประชุมไว้ ณ ที่นี้ และขอขอบคุณคณะผู้ช่วยวิจัยดังนี้

1. นายปรีชา ภูหลวง	เขียนแบบอาคาร
2. นางสาวชโลธร ศรีศิริรังสิมากุล	บันทึกข้อมูล
3. นายอัครพล บุญทน	การคำนวณโปรแกรม BEC
4. นายนิธิ รัตนมาศ และ นายวรยศ รัตนมาศ	เอื้อเฟื้อบ้านตัวอย่างและช่วยติดตั้งเครื่องมือเก็บข้อมูล
5. นายพินัน พลับเจริญสุข	ผู้ช่วยดูแลและตั้งค่าเครื่องมือวัดภูมิอากาศ
6. นางศิริรัตน์ มีโทน และ นางอัชชา สุทธานินทร์	ผู้ประสานงานวิจัย
7. นางสาวสุดสมร ศิระวัฒนชัย	อาร์ตเวิร์คและประสานข้อมูล
8. นายอภิชาต พรมดาว	ภาษาอังกฤษ
9. นางสาวนภวรรณ รัตนมาศ	ถ่ายภาพและประสานข้อมูล

สุภาวดี รัตนมาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 2
1.5 สมมติฐานงานวิจัย 2
1.6 กรอบแนวความคิดในการวิจัย 3
1.7 คำสำคัญของการวิจัย 3
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงการวิจัย 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 พลังงานแสงอาทิตย์ 4
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ 7
2.3 สถานภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย 13
2.4 ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 15
2.5 การออกแบบขนาดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับติดตั้งบนหลังคาบ้าน 18
2.6 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ 20
2.7 ราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ 25
2.8 การบำรุงรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอายุการใช้งาน 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 29
3.1 การศึกษาบ้านพักอาศัยที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศต่ำ 29
3.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านที่ใช้ศึกษา 37
3.3 การพิจารณาการติดตั้งระบบแผงโซล่าเซลล์ 39
3.4 รูปแบบการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ 41
3.5 แนวทางการออกแบบติดตั้งแผงโซล่าเซลล์กับบ้านพักอาศัยพลังงานต่ำชั้นเดียว 41
3.6 การออกแบบตำแหน่งติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนหลังคา 42
บทที่ 4 ผลการวิจัย 43
4.1 การประเมินค่าการส่งผ่านความร้อนโดยใช้โปรแกรม BEC (Building Energy Code) 43
4.2 รูปแบบบ้านยั่งยืนในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 50
4.3 แผงโซล่าเซลล์ Photovoltaic บนหลังคา 51
4.4 แนวทางการออกแบบบ้านสองชั้นใช้โซล่าเซลล์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 52
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 53
5.1 รูปแบบบ้านพักอาศัย 53
5.2 รูปแบบการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้กับบ้านพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร 53
5.3 ขนาดการใช้กำลังไฟฟ้าภายในบ้านที่ใช้พลังงานต่ำ 54
5.4 การใช้ภูมิสถาปัตย์ผสานกับกายภาพของบ้าน 54
5.5 ข้อเสนอแนะ 57
บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง 59
ภาคผนวก ก 61
ภาคผนวก ข 89
ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของประเทศไทย (พ.ศ. 2550) 14

2.2 แสดงจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าและชั่วโมงการใช้งานในหนึ่งวันของบ้านหลังหนึ่ง 18

2.3 เปรียบเทียบขนาด รายละเอียด ราคา ของเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทต่างๆ 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ดวงอาทิตย์ ต้นกำเนิดพลังงานแสงอาทิตย์ 4
2.2 แสดงการสะท้อนและดูดกลืนของพลังงานจากดวงอาทิตย์ 5
2.3 แผนที่แสดงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของโลก 6
2.4 การแปรค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือน โดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ทั่วประเทศ 7
2.5 บ้านพักอาศัยที่ติดเซลล์แสงอาทิตย์ 7
2.6 แผนภาพแสดงการแบ่งชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ 8
2.7 Single Crystalline Silicon Solar Cell 9
2.8 Polycrystalline Silicon Solar Cell 9
2.9 Amorphous Silicon Solar Cell 10
2.10 Copper Indium Gallium diSelenide 10
2.11 Hybrid Solar cells 11
2.12 หน่วยของเซลล์ โมดูล และอาเรย์ 11
2.13 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 12
2.14 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทต่างๆ 15
2.15 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand-alone Solar System) 16
2.16 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง (Grid Connected Solar System) 17
2.17 ตัวอย่างการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา 19
2.18 ตัวอย่างการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา 2 20
2.19 การวางเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ 21
2.20 การวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่างกัน 22
2.21 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาให้ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ 23
2.22 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาให้ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ 24
2.23 การบำรุงรักษาเซลล์แสงอาทิตย์ 27
3.1 แสดงค่าภาวะสบายภายในห้องสตูดิโอเดือนมีนาคม ฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2554 30
3.2 แสดงค่าภาวะสบายภายในห้องนอน เดือนมีนาคม ฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2554 31
3.3 แสดงแผนภูมิไบโอไคลเมติกของกรุงเทพมหานครในฤดูร้อน (มีนาคม) ตามช่วงเวลาของวัน 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญภาพ (ต่อ)

3.4 แสดงผังบริเวณบ้านซึ่งรายล้อมด้วยพันธุ์ไม้นานาชนิด มีลานโล่งภายในบ้านและลานโล่งภายนอกตัวบ้าน ทำให้เกิดการระบายอากาศที่ดี ลดอุณหภูมิแวดล้อมลง ด้านหน้าบ้านเป็นทิศเหนือติดถนนซอยพหลโยธิน 19 กว้าง 6.00 เมตร 32
3.5 แสดงแปลนบ้าน พื้นที่ขนาดประมาณ 150 ตารางเมตร มีช่องเปิดในแนวทิศเหนือ-ใต้ และส่วนใหญ่มีช่องเปิดตรงกัน 33
3.6 รูปตัดแสดงวัสดุหลังคาและฝ้าเพดานห้องนั่งเล่น 34
3.7 รูปตัดแสดงวัสดุหลังคาและฝ้าเพดานห้องนอน 34
3.8 รูปตัดแสดงวัสดุหลังคาและฝ้าเพดานห้องสตูดิโอ 35
3.9 แสดงรูปตัดบ้านส่วนห้องนอนและห้องทำงานสตูดิโอ 35
3.10 แสดงรูปตัดบ้านห้องพักผ่อนและห้องนอนตามแนวทิศใต้และทิศเหนือ 36
3.11 แสดงรูปตัดผ่านคอร์ตลานโล่งภายในบ้านและห้องพักผ่อน 36
3.12 แสดงตำแหน่งดวงโคมในบ้านและการใช้ไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างรวม 360 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน 37
3.13 แสดงตำแหน่งเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จำเป็นภายในบ้านและกำลังการใช้ไฟฟ้ารวม 5,704 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน 38
3.14 แสดงมุมเอียงลาดของแผ่นโซล่าเซลล์ 15 องศาตั้งฉากกับทิศใต้ 41
3.15 แสดงการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนหลังคาที่จอดรถและบนหลังคาทางเดินเชื่อมต่อกับตัวบ้านเพิ่มขึ้น 42
4.1 บ้านตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินค่าการส่งผ่านความร้อน ใช้โปรแกรม BEC 43
4.2 แสดงรายงานผลการประเมินค่าการใช้พลังงานในอาคารจากโปรแกรม BEC อาคารตัวอย่างเป็นบ้านพักอาศัยชั้นเดียวและมีลานโล่ง ผลการประเมินมีค่าการใช้พลังงานผ่านเกณฑ์ ทั้งที่ผนังและหลังคาบ้าน 44
4.3 แสดงรายละเอียดการประเมินค่าการใช้พลังงานด้านต่างๆ ของอาคารตัวอย่าง 49
4.4 แสดงรูปแบบบ้านตัวอย่างชั้นเดียวที่ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์จำนวน 102 แผง บนหลังคาที่จอดรถยนต์และทางเดินแยกจากตัวบ้าน เพื่อผลิตไฟฟ้า 20,400 วัตต์ 50
4.5 ภาพแสดงบรรยากาศบ้านชั้นเดียวเมื่อติดแผงโซล่าเซลล์ 102 แผง 51
4.6 แสดงการเชื่อมต่อระบบเซลล์แสงอาทิตย์ตามข้อกำหนดของการไฟฟ้า เครื่องอินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์และเชื่อมต่อกับแผงวงจรไฟฟ้าของบ้าน (main distribution board) 51
4.7 ภาพแสดงแนวทางการออกแบบบ้านสองชั้นที่ใช้โซล่าเซลล์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญภาพ (ต่อ)

5.1 แสดงแบบบ้านยั่งยืนในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 54
5.2 แสดงการใช้ลานโล่งเพื่อการระบายอากาศทางธรรมชาติของบ้านพลังงานต่ำ พร้อมติดระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาทางเดินและโรงรถเชื่อมต่อกับตัวบ้าน 54
5.3 แสดงพันธุ์ไม้ชนิดต่างๆ ที่รายรอบบ้าน และไม้พุ่มเรียงรายสู่ทางเข้าบ้าน ส่งกลิ่นหอมทั้งกลางวันและกลางคืน มักเป็นไม้พื้นถิ่นของไทย เช่น มะลิ บุหงาส่าหรี โมกข์ แก้ว พุดซ้อน เป็นต้น 55
5.4 พบนกหลายชนิดภายในสวนรอบบ้าน ตามภาพเป็นนกปรอดหน้านวลที่มาสร้างรังในบ้าน 55
5.5 นกเขาใหญ่มาหากินอยู่ในสวน 56
5.6 ไม้คลุมดินให้สีสันสดชื่น รายรอบบ้าน 56
5.7 ลานโล่งภายในบ้าน พันธุ์ไม้นานาชนิด ไม้ยืนต้นและดอกไม้หลากสี ช่วยให้เกิดความผ่อนคลายแก่ผู้อยู่อาศัย 57
5.8 แสดงบ้านสองชั้นใช้แผงโซล่าเซลล์ที่หลังคาที่จอดรถ 58
5.9 แสดงการใช้ลานโล่งของบ้านสองชั้นเพื่อให้เกิดการระบายอากาศทางธรรมชาติ 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย

ปัจจุบันบ้านพักอาศัยในกรุงเทพฯ บริโภคพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการปรับอากาศ เพื่อแสงสว่างและดวงโคม รวมถึงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ เช่น เครื่องทำน้ำร้อน เครื่องมือประกอบอาหาร ฯลฯ เป็นต้น ไฟฟ้าที่ผลิตในประเทศต้องอาศัยน้ำมันเชื้อเพลิงจากถ่านหินและก๊าซ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทางธรรมชาติที่มีจำนวนจำกัดและนับวันจะสูญสิ้น น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์นั่นคือซากสิ่งมีชีวิตที่ทับถมและเปลี่ยนสภาพใต้พิภพด้วยกระบวนการพิเศษ เราใช้ปริมาณเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์เพื่อการเผาไหม้ใน 1 ปี เทียบเท่ากับระยะเวลาที่ธรรมชาติใช้ในการสร้างสมถึง 1 ล้านปี นอกจากนี้การใช้พลังงานจากการเผาไหม้ถ่านหิน น้ำมันและก๊าซธรรมชาติยังก่อให้เกิดมลพิษในบรรยากาศ ทำให้เกิดปฏิกิริยาก๊าซเรือนกระจก การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เพื่อเป็นพลังงานทดแทนในบ้านพักอาศัย จึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการออกแบบเพื่อสร้างบ้านและการนำบ้านเก่ามาปรับปรุงใหม่เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรและการพัฒนาที่ยั่งยืน

การออกแบบบ้านยั่งยืน (Sustainablility House) และการดัดแปลงปรับปรุงบ้าน (House Renovation) ให้ยั่งยืน ในปัจจุบันมีเป้าหมายมุ่งสู่**การใช้พลังงานต่ำ**ซึ่งประกอบด้วยหลักการสองประการคือ

- การออกแบบบ้านโดยหลักเกณฑ์ Passive Solar Design โดยการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารโดยวิธีธรรมชาติ ลดการใช้เครื่องปรับอากาศ
- การใช้พลังงานทดแทน ได้แก่ ระบบโฟโต้วัลแทก (Photovoltaic System) หรือ PV

แม้ว่าการลงทุนการก่อสร้างแบบยั่งยืนอาจจะมีราคาสูงกว่าบ้านที่สร้างในแบบประเพณีนิยมหรือแบบทั่วไป แต่อย่างไรก็ตามการสร้างบ้านแบบยั่งยืนยังคงมีความจำเป็นที่จะต้องเตรียมพร้อมสู่อนาคต และผู้อยู่อาศัยได้รับความสบายและสุขอนามัยที่ดีพร้อมๆ กับคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ได้แก่ การระบายอากาศทางธรรมชาติและแสงสว่างธรรมชาติที่เหมาะสม และลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลง เข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษารูปแบบบ้านพักอาศัยที่เหมาะสมกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งบริโภคพลังงานต่ำ

1.2.2 เพื่อศึกษารูปแบบของการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้อย่างพอเหมาะกับบ้านพักอาศัยในกรุงเทพฯ และปริมณฑลเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า

1.2.3 เพื่อศึกษาขนาดการใช้กำลังไฟฟ้าและรูปแบบบ้านซึ่งใช้การระบายอากาศและแสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2.4 เพื่อศึกษาการใช้ภูมิสถาปัตย์ผสานกับกายภาพของบ้านเพื่อให้ผู้อยู่อาศัยมีความสุข สบาย สุขภาพแข็งแรง จิตใจเบิกบาน และส่งเสริมระบบนิเวศทางธรรมชาติ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ศึกษารูปแบบบ้านเดี่ยว สำหรับครอบครัวขนาดเล็ก ที่ใช้การออกแบบจัดวางทิศทางของอาคารเพื่อให้ภายในอาคารอยู่ในภาวะสบายและมีคุณภาพอากาศภายในที่ดีและได้รับแสงธรรมชาติอย่างเหมาะสม

1.3.2 ศึกษาการใช้วัสดุทำเปลือกอาคารที่ลดค่าความร้อนเพิ่มสู่ภายในอาคาร (Heat Gain) และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1.3.3 ศึกษาระบบเซลล์แสงอาทิตย์และรูปแบบในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เหมาะสมกับขนาดของบ้าน

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาข้อมูลรูปแบบบ้าน ทบทวนทฤษฎีและวรรณกรรม และนำเสนอรายงาน

1.4.2 ศึกษา คำนวณ ค่าการใช้พลังงานและปรับรูปแบบบ้านเพื่อการใช้พลังงานต่ำ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และการคำนวณนำเสนอรูปแบบบ้านที่เหมาะสมและเขียนแบบบ้าน

1.4.3 คำนวณหาขนาดเซลล์แสงอาทิตย์และกำหนดตำแหน่งการติดตั้งที่เหมาะสม นำเสนอรายงาน

1.4.4 เรียบเรียงและเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์เพื่อเผยแพร่ในวารสาร/ที่ประชุมระดับชาติ/นานาชาติ

1.5 สมมติฐานงานวิจัย

จากการศึกษาบ้านพักอาศัยที่ใช้พลังงานต่ำ พบว่าการออกแบบบ้านโดยหลักเกณฑ์ Passive Solar Design และการออกแบบบ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพ (Bioclimatic House Design) ซึ่งใช้การป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารโดยวิธีธรรมชาติ และการใช้ลานโล่ง (Court) ภายในบ้านช่วยลดการใช้เครื่องปรับอากาศ ทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า อุณหภูมิภายในบ้านอยู่ในขอบเขตภาวะสบาย (ที่มา: รายงานการวิจัยการพัฒนารูปแบบบ้านพักอาศัยในเชิงภูมิอากาศ-ชีวภาพ เพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ, สุภาวดี รัตนมาศ, 2554) รูปแบบบ้านพักอาศัยที่ใช้พลังงานต่ำจะทำให้จำนวนและขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถติดตั้งในขนาดพื้นที่ที่มีขนาดเล็กพอเหมาะกับบ้านได้ และยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้พอเพียงต่อการบริโภคสำหรับบ้านพักอาศัยขนาดเล็กพื้นที่ใช้สอยประมาณ 150 ตารางเมตร ดังนั้นจึงใช้บ้านพักอาศัยที่เป็นตัวอย่างการวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบบ้านพักอาศัยในเชิงภูมิอากาศ-ชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ ซึ่งตั้งอยู่ในเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร มาทำการทดลองวิจัยครั้งนี้ ในเรื่องรูปแบบบ้านยั่งยืนในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

1.6 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

ศึกษาแบบบ้านที่มีลักษณะการใช้พลังงานต่ำและการออกแบบเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งร่วมกับอาคาร หรือการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์อย่างเหมาะสมกับขนาดบ้านซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนารูปแบบบ้านประกอบกับโซล่าเซลล์ทำให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าทดแทนจากรูปแบบบ้านได้ นำไปสู่รูปแบบบ้านยั่งยืนในประเทศไทย

1.7 คำสำคัญของการวิจัย

บ้านยั่งยืน, บ้านเซลล์แสงอาทิตย์, บ้านพลังงานทดแทน, บ้านพลังงานแสงอาทิตย์, Sustainable House, Solar House, Alternative Energy House, Solar Photovoltaic House Design

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงการวิจัย

1.8.1 รูปแบบบ้านที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งบริโภคพลังงานต่ำซึ่งใช้การระบายอากาศและแสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.8.2 รูปแบบการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับบ้านพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร

1.8.3 ขนาดและพื้นที่การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับบ้านพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร

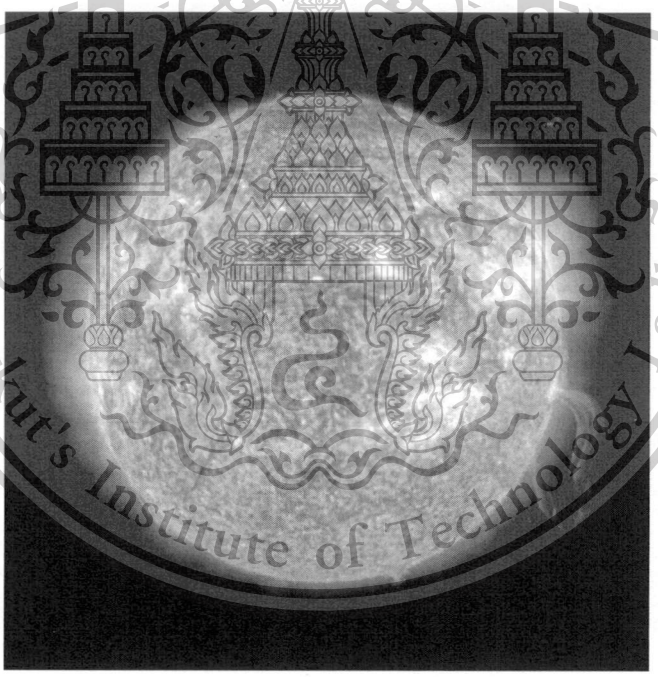
1.8.4 การนำพันธุ์ไม้มาใช้ในภูมิสถาปัตย์อย่างสอดคล้องกับรูปแบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์

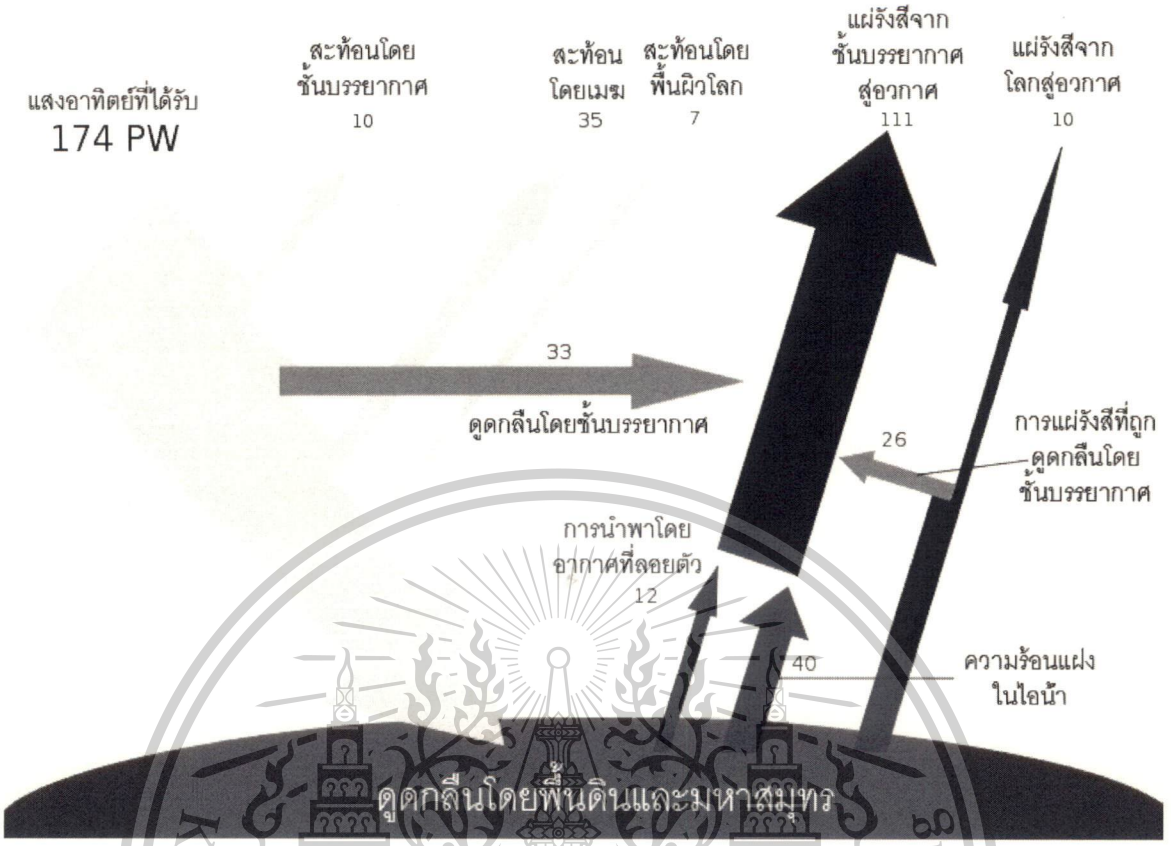
พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ พลังงานนี้เป็นต้นกำเนิดของวัฏจักรของสิ่งมีชีวิตในโลก ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำและธาตุต่างๆ เช่น คาร์บอน พลังงานแสงอาทิตย์จัดเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูง ปราศจากมลพิษ อีกทั้งเกิดใหม่ได้ไม่สิ้นสุด และยังเป็นต้นกำเนิดของพลังงานน้ำ (จากการทำให้น้ำกลายเป็นไอและลอยตัวขึ้นสูง พลังงานน้ำที่ตกกลับลงมาถูกนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า) เป็นต้นกำเนิดของพลังงานเคมีในอาหาร (พืชสังเคราะห์แสง เปลี่ยนแร่ธาตุให้เป็นแป้งและน้ำตาลซึ่งสามารถให้พลังงานแก่มนุษย์และสัตว์ชนิดต่างๆ) เป็นต้นกำเนิดของพลังงานลม (ทำให้เกิดความกดอากาศและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ) และเป็นต้นกำเนิดพลังงานคลื่น (ทำให้น้ำขึ้น-ลง) นอกจากนี้พลังงานความร้อนใต้พิภพก็ยังถือว่ามีรากฐานมาจากความร้อนจากดวงอาทิตย์อีกด้วย



ภาพที่ 2.1 ดวงอาทิตย์ ต้นกำเนิดพลังงานแสงอาทิตย์ [1]

[1] EsploriamoL'universo. Il Sole e l'imminentemassimosolare.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://esploriamoluniverso.files.wordpress.com/2013/01/sun_sound1_h.jpg. (19 เมษายน 2556).

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2.2 แสดงการสะท้อนและดูดกลืนของพลังงานจากดวงอาทิตย์[2]

2.1.1 ศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์

ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์แต่ละพื้นที่บนผิวโลกแตกต่างกันเนื่องจากลักษณะทางกายภาพของโลก และการโคจรของดวงอาทิตย์มีระยะห่างที่ไม่เท่ากันในแต่ละฤดูกาล ศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์คิดเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี (kWh/y) โดย 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมงเท่ากับพลังงานไฟฟ้า 1 หน่วยของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตที่จำหน่ายในปัจจุบัน

จากแผนที่แสดงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นเฉลี่ยทั่วโลก บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรจะมีสีแดงเข้ม หมายถึงมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อตารางเมตรสูงสุด ประมาณ 2,300 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี สำหรับประเทศไทยนั้นมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 1,375 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

---

[2] Frank van Mierlo. **Solar energy**.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:http://4.bp.blogspot.com/_yWBopPYZD5U/TAMy3GCKlyI/AAAAAAAAXB4/eURKLDU_iWM/s1600/800px-Breakdown_of_the_incoming_solar_energy_svg.png (12เมษายน 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาพที่ 2.3 แผนที่แสดงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของโลก[3]

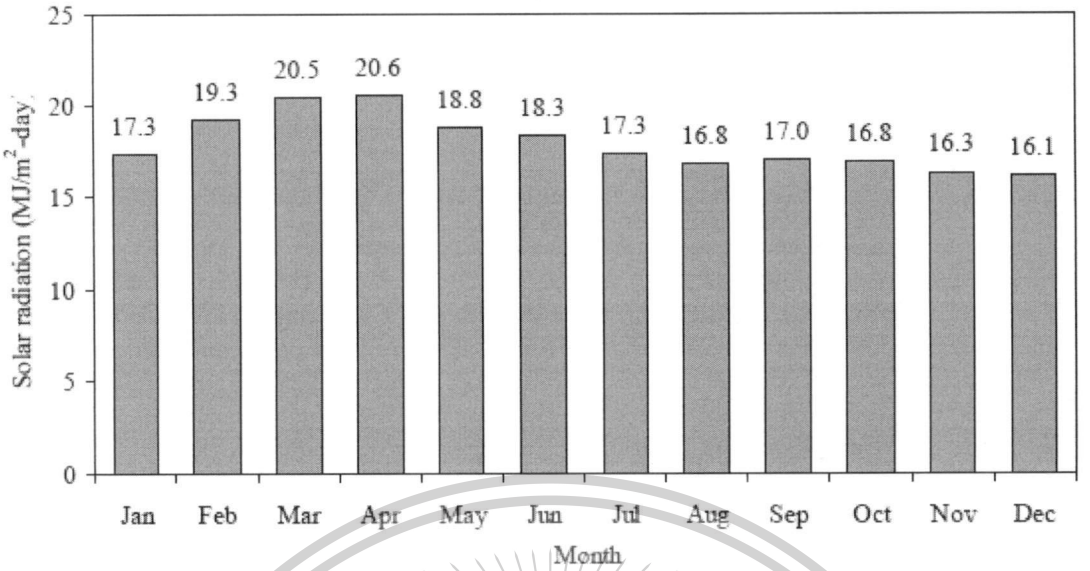
2.1.2 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

โดยทั่วไปศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำขึ้นกับปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้น หรือที่เรียกว่า "ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์" (global radiation) มีหน่วยทางด้านพลังงานเป็น เมกกะจูลต่อตารางเมตร (MJ/m2) โดยบริเวณที่ได้รับรังสีอาทิตย์มากก็จะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สูง แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จะเป็นไปตามพื้นที่ มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรอบวันและการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในรอบปี กล่าวคือ ในพื้นที่หนึ่งๆ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นจากช่วงเช้าจนถึงค่าสูงสุดในช่วงเวลาเที่ยงวัน และลดต่ำลงจนถึงช่วงเย็น ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของมวลอากาศ (air mass) ซึ่งรังสีอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านเข้ามายังพื้นผิวโลก และผลจากมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์ ซึ่งเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เช้าจนถึงเย็น สำหรับการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่เป็นผลมาจากสภาพทางอุตุนิยมวิทยาโดยมีเมฆเป็นตัวแปรที่สำคัญ

---

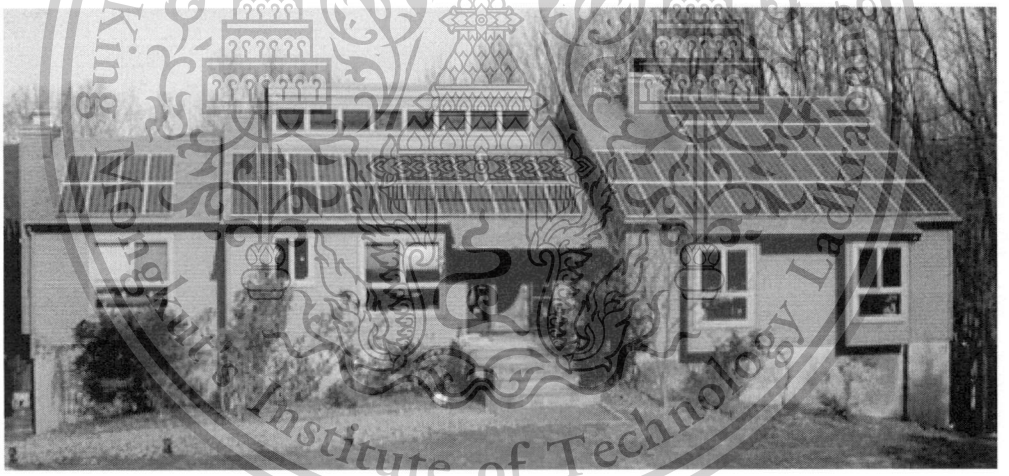
[3] Gravity Turbine.**Solar Water Pump.**[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://2.bp.blogspot.com/-DI6bhkm65Gg/TtUlOuP8M6I/AAAAAAAAACo/hRaJMcejGKI/s1600/NASA_Map_WorldSolarEnergyPotential_LowRes.jpg. (12เมษายน 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2.4 การแปรค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือน โดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ทั่วประเทศ [4]

2.2 **เซลล์แสงอาทิตย์**



ภาพที่ 2.5 บ้านพักอาศัยที่ติดเซลล์แสงอาทิตย์ [5]

ที่มา : http://www.ventasalud.com/wp-content/uploads/2010/03/house-roof-solar-cell.jpg

---

[4] Kanha solar power. **ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย**.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.kanhasolar.com/images/column_1322548335/know_120116_solarmap-1.gif. (12เมษายน 2556).

[5] Ventasalud. **Solar cell House Technology for Alternative House design Solution**.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.ventasalud.com/wp-content/uploads/2010/03/house-roof-solar-cell.jpg. (12 เมษายน 2556).

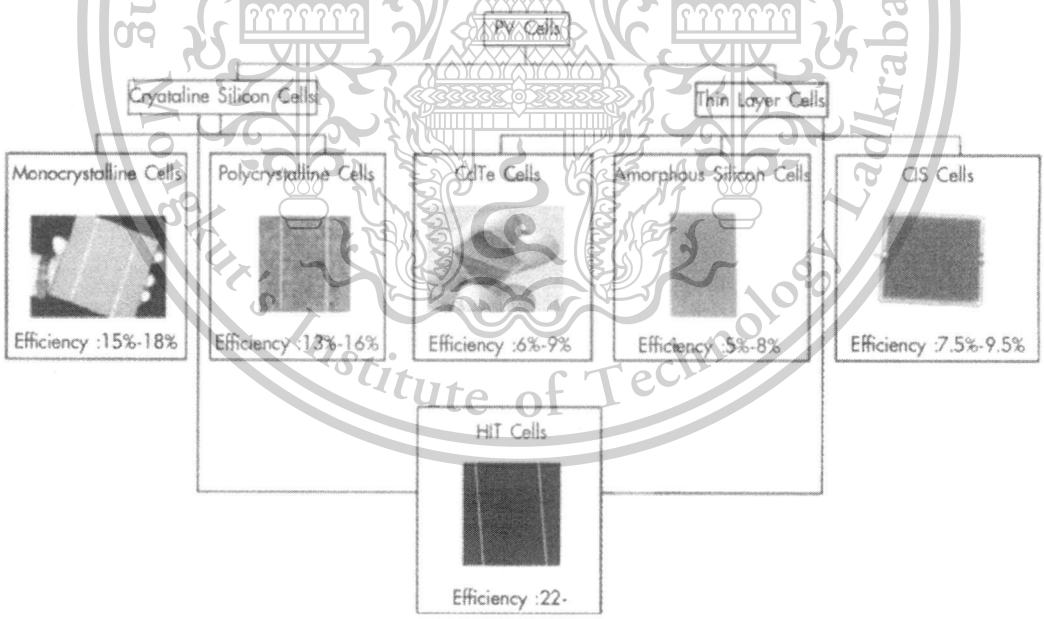
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เซลล์แสงอาทิตย์ มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ photovoltaic cell ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง

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

2.2.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

สามารถแบ่งตามโครงสร้างได้ 2 ประเภท คือ กลุ่มผลึกซิลิคอน (Crystalline Silicon) และกลุ่มฟิล์มบาง (Thin Layer Cells หรือ Thin Film Cells)



ภาพที่ 2.6 แผนภาพแสดงการแบ่งชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ [6]

[6] นภัทร วัจนเทพินทร์. **การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตนเอง**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์, 2554.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.1.1 กลุ่มผลึกซิลิคอน (Crystalline Silicon)

จะใช้สารทั้งตัวนำซิลิคอนเป็นวัสดุหลักในการผลิต มีความแตกต่างกันตามชนิดของสารกึ่งตัวนำตั้งต้น (Semiconductor Material) เช่น ซิลิกอน (Si) และ แกเลี่ยม อาร์เซไนด์ (GaAs) เป็นต้น เซลล์แสงอาทิตย์ผลึกซิลิกอนมีกรรมวิธีในการผลิตหลายวิธี จึงมีให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสมขึ้นอยู่กับราคาและวัตถุประสงค์การใช้งาน แบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

1) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตอลไลน์ หรือ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystal) ทำจากผลึกซิลิคอน แต่ละเซลล์จะมีรูปร่างที่แตกต่างกัน

ภาพที่ 2.7 Single Crystalline Silicon Solar Cell[7]

2) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตอลไลน์ หรือ แบบผลึกผสม (Polycrystalline Silicon) ทำจากผลึกซิลิคอนเช่นกัน (แต่ไม่ได้ทำซิลิคอนทั้งแท่งมาตัดเป็นแผ่นบางๆ เหมือนชนิดโมโนคริสตอลไลน์) ทำได้โดยการสร้างผลึกผสมเทลงในแบบหล่อแท่งสี่เหลี่ยม แล้วจึงตัดเป็นแผ่นบางๆ

ภาพที่ 2.8 Polycrystalline Silicon Solar Cell[8]

---

[7] Leonics. **ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php. (12 เมษายน 2556).

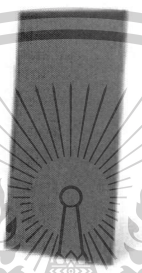
[8] เรื่องเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.1.2 กลุ่มฟิล์มบาง (Thin Layer Cells หรือ Thin Film Cells)

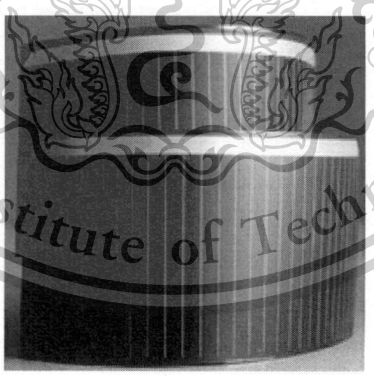
จะใช้สารกึ่งตัวนำเช่นกัน แต่มีหลากหลายชนิด ซึ่งจะให้คุณสมบัติที่แตกต่างกัน ผลิตโดยใช้การฉีดสารกึ่งตัวนำบางชนิดลงไปบนกระจก หรือวัสดุอื่นๆ ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพจะน้อยกว่าเซลล์ชนิดผลึก แต่มีข้อดีของราคาที่ถูกกว่า

1) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) หรือ เซลล์แบบซิลิคอนอสัณฐาน แตกต่างจากกลุ่มผลึกซิลิคอน โดยใช้การสร้างแผ่นฟิล์มบางๆ ของซิลิคอนลงบนกระจก สแตนเลส หรือแผ่นพลาสติก มีข้อเสียคือมีประสิทธิภาพต่ำ สีของเซลล์จะเป็นสีแดงเข้ม น้ำตาล หรือน้ำเงินอมม่วง



ภาพที่ 2.9 Amorphous Silicon Solar Cell [9]

2) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซไนด์หรือ CIS ใช้คอปเปอร์ อินเดียม ไดเซไนด์ (CISX) แทนซิลิกอน ทำให้มีราคาและประสิทธิภาพที่สูงกว่า และเนื่องจากเป็นชนิดฟิล์มบาง จึงทำให้สามารถเคลือบบนวัสดุที่โค้งงอได้ด้วย โดยจะมีสีเทาเข้มหรือสีดำ



ภาพที่ 2.10 Copper Indium Gallium diSelenide [10]

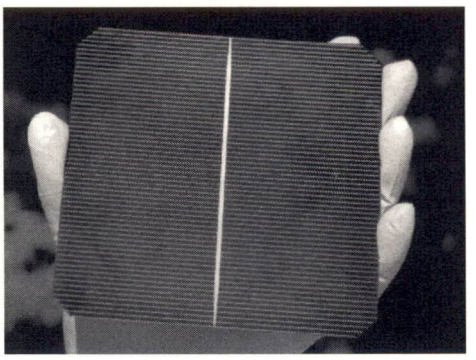
ที่มา : http://org.ntnu.no/solarcells/pages/generations.php

---

[9] เรื่องเดียวกัน

[10] Ntnu.**Solar cells.**[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:http://org.ntnu.no/solarcells/pages/generations.php. (12 เมษายน 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



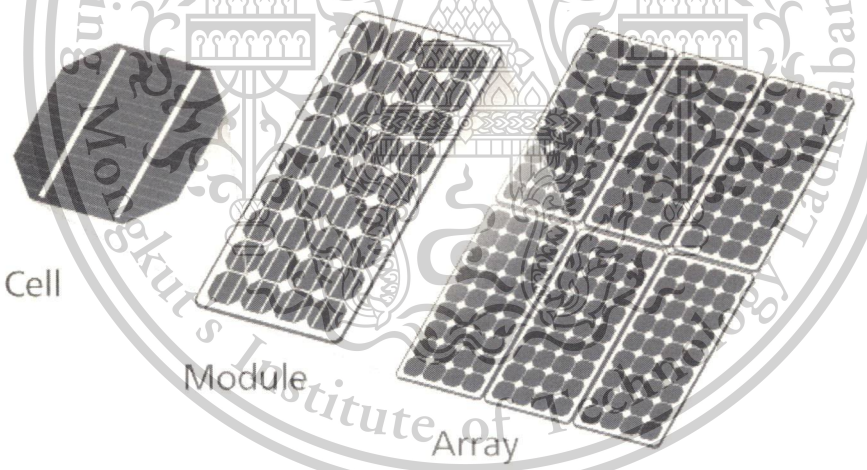
ภาพที่ 2.11 Hybrid Solar cells[11]

ที่มา : http://org.ntnu.no/solarcells/pages/generations.php

2.2.2 หน่วยของเซลล์แสงอาทิตย์

เป็นคำศัพท์เฉพาะสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเรียกทับศัพท์จากภาษาอังกฤษ มีดังนี้

- เซลล์ หมายถึง เซลล์แสงอาทิตย์ 1 เซลล์ (Cells) (หรือ 1 ชั้นแผ่นเล็กๆ)
- โมดูล หมายถึง การนำเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น
- อาเรย์ หมายถึง การนำโมดูลหลายๆ โมดูลมาต่อกันเป็นกลุ่ม



ภาพที่ 2.12 หน่วยของเซลล์ โมดูล และอาเรย์[12]

ที่มา : http://www.samlexsolar.com/learning-center/solar-cell-module-array.aspx

---

[11] Gigaom.**Silevo unveils hybrid solar cell tech, Chinese factory**. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก : http://gigaom2.files.wordpress.com/2011/10/silevo-single-buss-bar-cell.jpg. (12 เมษายน2556).

[12] Samlexsolar. **Solar (PV) Cell Module ,Array**. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก : http://www.samlexsolar.com/learning-center/solar-cell-module-array.aspx.(12 เมษายน 2556).

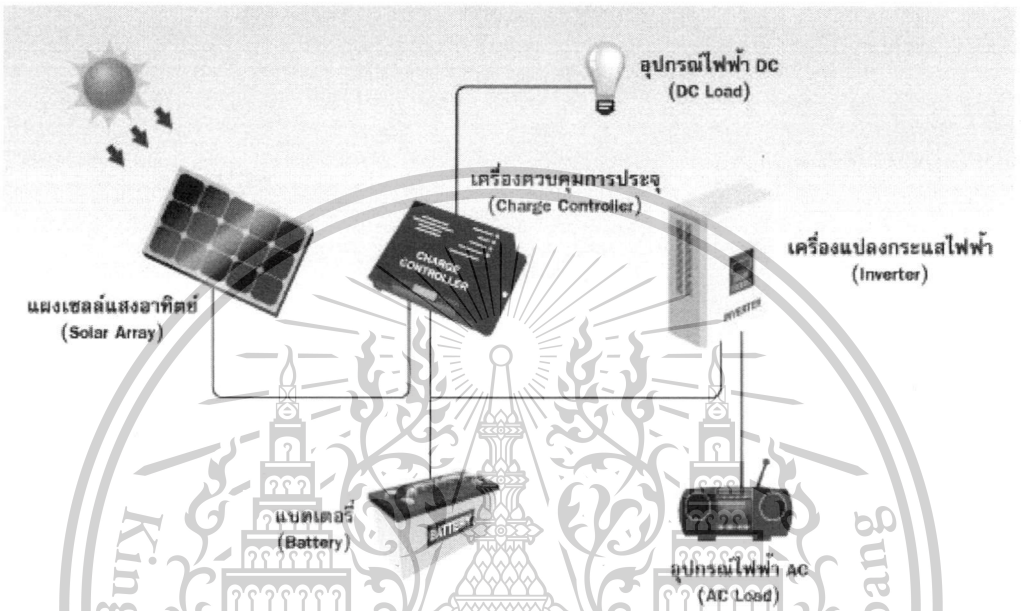
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.3 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง จึงนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น หากต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ต่อไป จะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ อีก โดยรวมเข้าเป็นระบบที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์สำคัญๆ มีดังนี้



ภาพที่ 2.13 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์[13]

ที่มา : http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php

2.2.3.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module)

ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด (Solar Array) เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าใช้งานตามที่ต้องการ โดยการต่อกันแบบอนุกรม จะเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และการต่อกันแบบขนาน จะเพิ่มพลังงานไฟฟ้า หากสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แตกต่างกัน ก็จะมีผลให้ปริมาณของค่าเฉลี่ยพลังงานสูงสุดในหนึ่งวันไม่เท่ากันด้วย รวมถึงอุณหภูมิก็มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า หากอุณหภูมิสูงขึ้น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจะลดลง

---

[13] Leonics. **ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์**. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก : http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge .php. (12 เมษายน 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.3.2 เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller)

ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วย ดังนั้น การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ คือ เมื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็มแล้ว จะหยุดหรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า (และมักจะมีคุณสมบัติในการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า กรณีแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงด้วย)

ระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในกรณีที่มีการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เท่านั้น

2.2.3.3 แบตเตอรี่ (Battery)

ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้เวลาที่ต้องการ เช่น เวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เวลากลางคืน หรือนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆ แบตเตอรี่มีหลายชนิดและหลายขนาดให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม

2.2.3.4 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)

ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ Sine Wave Inverterใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับทุกชนิด และ Modified Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ไม่มีส่วนประกอบของมอเตอร์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่เป็น Electronic ballast

2.2.3.5 ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection)

ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อฟ้าผ่า หรือเกิดการเหนี่ยวนำทำให้ความต่างศักย์สูง ในระบบทั่วไปมักไม่ใช้อุปกรณ์นี้ จะใช้สำหรับระบบขนาดใหญ่และมีความสำคัญเท่านั้น รวมถึงต้องมีระบบสายดินที่มีประสิทธิภาพด้วย

2.3 สถานภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ปี 2549 มีการติดตั้งการใช้งานระบบไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณ 30,232.062 กิโลวัตต์ ส่วนใหญ่จะเป็นการใช้งานในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าเข้าถึง กิจกรรมที่นำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งานมากที่สุด ได้แก่ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ รองลงมาเป็นระบบผลิตไฟฟ้าเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย ระบบประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบสื่อสารโทรคมนาคม ระบบสูบน้ำและระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสาน ตามลำดับ ซึ่งหน่วยงานที่นำระบบดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ยังคงเป็นหน่วยงานของรัฐที่จัดหาระบบพลังงานสำหรับสาธารณประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.1 การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของประเทศไทย (พ.ศ. 2550)

ลำดับที่	กิจกรรมใช้งาน	จำนวนการติดตั้ง (kW)	ร้อยละ
1	ระบบผลิตไฟฟ้า	25,643.601	84.82
2	ระบบประจุแบตเตอรี่	1,400.954	4.63
3	ระบบสื่อสารโทรคมนาคม	1,142.022	3.78
4	ระบบผลิตไฟฟ้าเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย	1,642.414	5.43
5	ระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสาน	59.000	0.20
6	ระบบสูบน้ำ	344.071	1.14
	รวม	30,232.062	100

ปริมาณการใช้

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ดำเนินการจัดทำโครงการด้านพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526-2549 จำนวนทั้งสิ้น 942 แห่ง ขนาดกำลังการผลิต 2,637.886 กิโลวัตต์ โดยแบ่งออกเป็นระบบต่างๆ ดังนี้

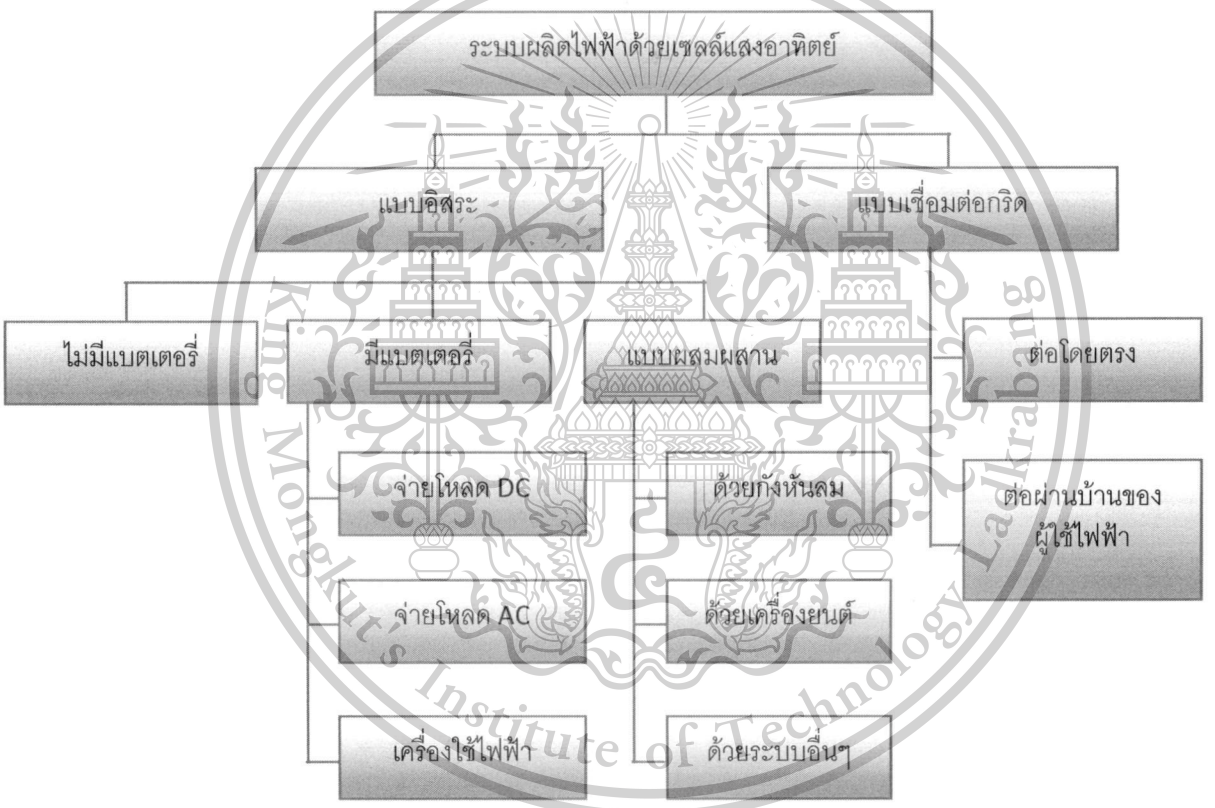
- ระบบประจุแบตเตอรี่สำหรับหมู่บ้านชนบท 353 แห่ง 1025.5 กิโลวัตต์
- ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับโรงเรียนชนบท 155 แห่ง 672 กิโลวัตต์
- ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับศูนย์การเรียนรู้ชุมชน 96 แห่ง 144 กิโลวัตต์
- ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดน 38 แห่ง 100.75 กิโลวัตต์
- ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับฐานปฏิบัติการทางทหารและตำรวจตระเวนชายแดน 110 แห่ง 24.75 กิโลวัตต์
- ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับสถานีอนามัย 48 แห่ง 96 กิโลวัตต์
- ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติและอุทยานแห่งชาติ 10 แห่ง 30 กิโลวัตต์
- ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับมูลนิธิ พอ.สว. 1 แห่ง 0.5 กิโลวัตต์
- ระบบผลิตไฟฟ้าเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 15 แห่ง 204.2 กิโลวัตต์
- ระบบผลิตไฟฟ้าในพื้นที่โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ 44 แห่ง 153.186 กิโลวัตต์
- ระบบสูบน้ำสำหรับหมู่บ้านชนบท 65 แห่ง 130 กิโลวัตต์
- ระบบสูบน้ำสำหรับสถานีอนามัย 1 แห่ง 4 กิโลวัตต์
- ระบบสูบน้ำสำหรับโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดน 1 แห่ง 3 กิโลวัตต์
- ระบบ Mini Grid สำหรับหมู่บ้าน 5 แห่ง 50 กิโลวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สำหรับการใช้งานด้านพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526-2549 พบว่ามีหน่วยงานทั้งในส่วนของภาครัฐและสถาบันการศึกษา ได้ดำเนินการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงระบบการสื่อสารด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เป็นจำนวนถึง 30,232.062 กิโลวัตต์

2.4 ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand-alone Solar System) และระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง (Grid Connected Solar System) โดยประกอบด้วยระบบย่อยต่างๆ ดังนี้



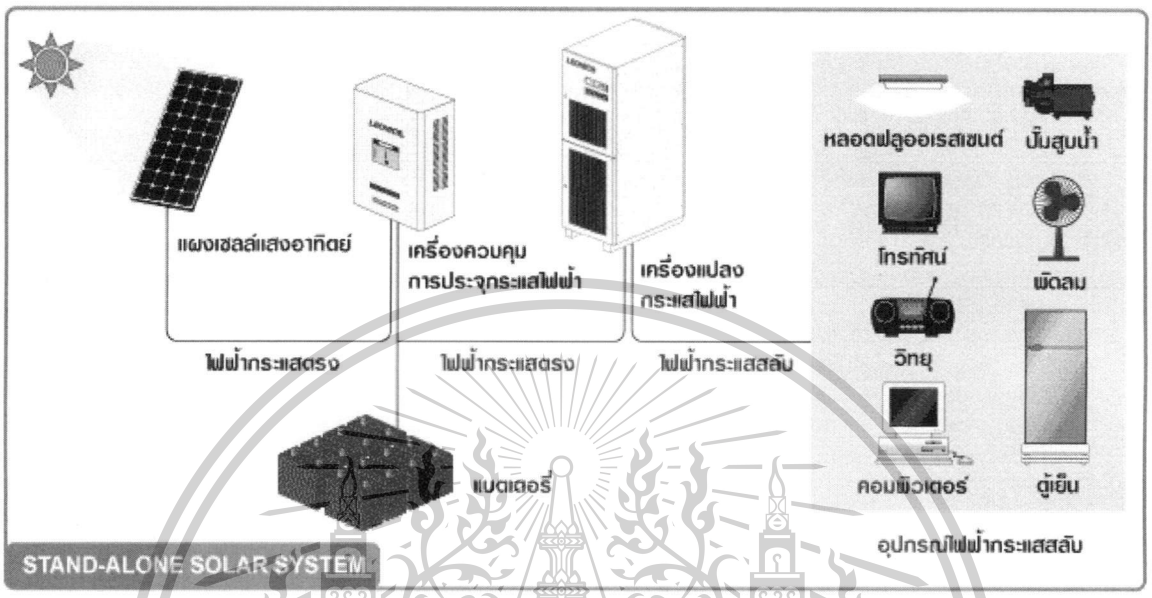
ภาพที่ 2.14 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทต่างๆ

2.4.1 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand-alone Solar System)

เป็นระบบที่นำเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยที่ไม่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้า นิยมใช้กับระบบของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็ก เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกา ไฟฉาย เป็นต้น และนิยมใช้ในพื้นที่ห่างไกลหรือพื้นที่ที่ไม่มีสายไฟฟ้าส่งไปถึง มีหลักการทำงานแบ่งได้เป็น 2 ช่วงเวลา กลางวันคือ ช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดด สามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดพร้อมทั้งประจุพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินไว้ในแบตเตอรี่พร้อมๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ส่วนในช่วงกลางคืน เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงแดดจึงไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้น พลังงานจากแบตเตอรี่ที่เก็บประจุไว้ในช่วงกลางวันจะถูกจ่ายให้แก่โหลด จึงสามารถกล่าวได้ว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โหลดได้ทั้งกลางวันและกลางคืน



ภาพที่ 2.15 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand-alone Solar System)[14]

2.4.2 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง (Grid Connected Solar System)

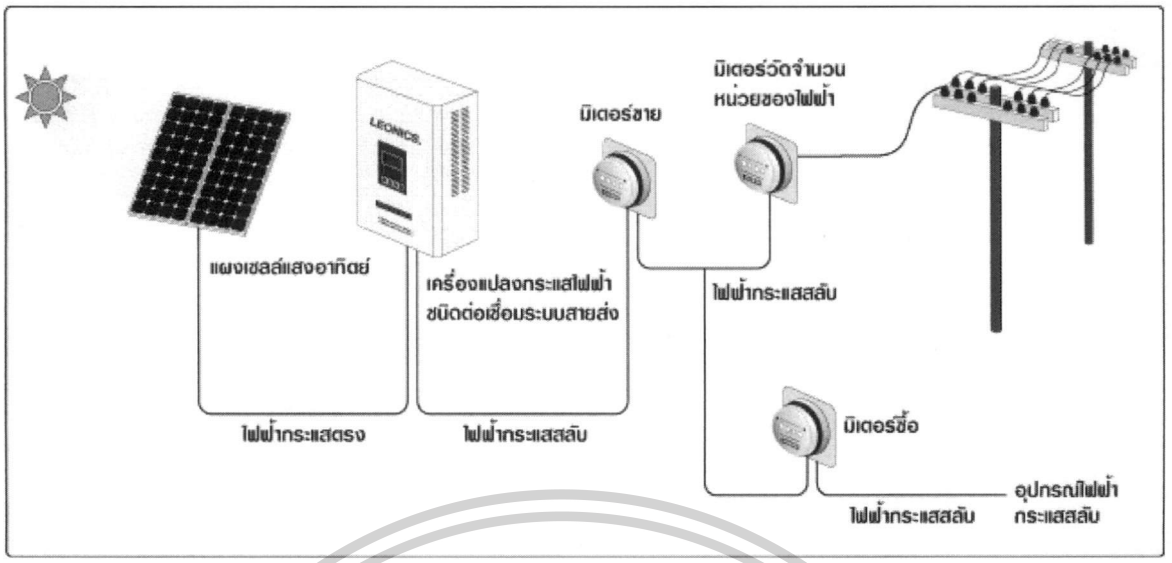
เป็นระบบที่นำเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในการผลิตไฟฟ้า มีการต่อเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า โดยอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า National Grid โดยตรง มีหลักการทำงานแบ่งเป็น 2 ช่วง กล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดได้โดยตรง โดยผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และหากมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เกินจะถูกจ่ายเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า สังเกตได้เนื่องจากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนกลับทาง ส่วนในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะจ่ายให้แก่โหลดโดยตรง สังเกตได้จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนปกติ ดังนั้น ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายจะเป็นการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง

---

[14] Leonics. **ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งอิสระ** (Stand-alone Solar System) [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :http://www.leonics.co.th/html/th/pd_ecs/SAS.php (19 เมษายน 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 2.16 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง (Grid Connected Solar System)[15]

ส่วนประกอบของระบบ

ส่วนประกอบสำคัญของระบบแบบกริด ประกอบด้วย

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ต่อรวมกันอาเรย์)
- กล่องต่อรวมสาย
- เมนสวิตซ์ด้านดีซีและเอซี
- อินเวอร์เตอร์ (แบบต่อกริด)[16]
- มิเตอร์และตู้ควบคุม
- มิเตอร์และเมนสวิตซ์ต่อเข้ากริด

---

[15] Leonics.**ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งอิสระ** (Stand-alone Solar System). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :http://www.leonics.co.th/html/th/pd_ecs/SAS.php.(19 เมษายน 2556).

[16] **อินเวอร์เตอร์**เป็นอุปกรณ์ที่แปลงกระแสไฟฟ้าตรงเป็นกระแสไฟฟ้าสลับ ในการแปลงดังกล่าวจะเกิดการสูญเสียขึ้นเสมอ โดยทั่วไปประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์มีค่าประมาณร้อยละ 85-90 หมายความว่าถ้าต้องการใช้ไฟฟ้า 85-90 วัตต์ เราควรเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ 100 วัตต์ เป็นต้น ในการใช้งานเราควรติดตั้งอินเวอร์เตอร์ในที่ร่มอุณหภูมิไม่เกิน 40 C ความชื้นไม่เกินร้อยละ 60 อากาศระบายได้ดี ไม่มีสัตว์เช่น หนู งู มารบกวน และมีพื้นที่ให้บำรุงรักษาได้เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.
140088

2.5 การออกแบบขนาดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับติดตั้งบนหลังคาบ้าน

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ควรติดตั้ง เจ้าของบ้านควรพิจารณาว่าจะใช้เซลล์แสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าใดบ้าง เพื่อจะได้ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ได้เพียงพอกับความต้องการและไม่ติดตั้งมากเกินความจำเป็น

ตัวอย่างที่ 1 บ้านหลังหนึ่งมีเครื่องใช้ไฟฟ้าและชั่วโมงของการใช้งาน ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าและชั่วโมงการใช้งานในหนึ่งวันของบ้านหลังหนึ่ง

เครื่องใช้ไฟฟ้า	จำนวน (1)	กำลังไฟฟ้าต่อชิ้น (วัตต์) (2)	จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานในหนึ่งวัน (3)	ผลคำนวณ (วัตต์-ชั่วโมง) (1)x(2)x(3)
หลอดฟลูออเรสเซนต์	2	36	5	360
โทรทัศน์	1	100	3	300
เครื่องปรับอากาศ	1	1,500	4	6,000
อื่นๆ	-	100	1	100
			รวม	6,760

จากตารางข้างต้นนี้ได้ข้อมูลในหนึ่งวันบ้านหลังนี้ใช้ไฟฟ้า 6,760 วัตต์-ชั่วโมง กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ควรติดตั้ง (Pcell) คำนวณได้ง่ายๆ จากสูตรดังต่อไปนี้

$$P_{cel} = \frac{P_l}{Q \times A \times B \times C/D}$$

โดยที่

- Pl : ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน
- Q : พลังงานแสงอาทิตย์ในหนึ่งวัน (วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร) สำหรับประเทศไทยเท่ากับ 4,000 วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตรโดยประมาณ
- A : ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์ โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.8
- B : ค่าชดเชยความสูญเสียเชิงความร้อน โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.85
- C : ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.85–0.9
- D : ความเข้มแสงปกติ = 1,000 วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร

เพราะฉะนั้น บ้านหลังนี้ต้องใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ให้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ

Pcell = (6,760/4,000x0.8x0.85x0.85/1,000) = 2,923 W หรือประมาณ 2.9 kW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา[17]

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดจำนวนแผงของเซลล์แสงอาทิตย์

จำนวนแผงของเซลล์แสงอาทิตย์ คำนวณได้โดยใช้กำลังไฟฟ้าของระบบหารด้วยกำลังไฟฟ้าที่เซลล์หนึ่งแผงที่ผลิตได้ เมื่อทราบค่าจำนวนแผงแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือจะต้องคำนวณว่าจะต้องนำเซลล์มาต่ออนุกรมหรือขนานกันอย่างไรจึงจะได้แรงดันไฟฟ้าที่เพียงพอต่อการใช้งาน จำนวนแผงเซลล์ที่จะต้องต่ออนุกรมกันหาได้โดยการใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการหารด้วยแรงดันเอาต์พุตของหนึ่งแผง

ตัวอย่างที่ 2 จากตัวอย่างที่หนึ่งทราบว่าจะต้องติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับ 2.9 kW และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ต้องป้อนให้อินเวอร์เตอร์คือ 200 v ถามว่าจะต้องใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์กี่แผงและจะต้องต่อเรียงกันอย่างไร โดยสมมุติว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีสเปก ดังนี้

วิธีพิจารณา

ประมาณการเริ่มแรกของจำนวนของแผงเซลล์ที่ต้องติดตั้งทั้งหมด = 2,900 (W) / 50 (W) = 58 แผง

จำนวนของแผงเซลล์ที่ต่ออนุกรม = 200(V)/ 17(V) ≈ 12 แผง

จำนวนแผงที่ต้องต่อขนาน = 58 / 12 ≈ 5 แถว

ดังนั้นกรณีบ้านหลังนี้จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด = 12 x 5 = 60 แผง

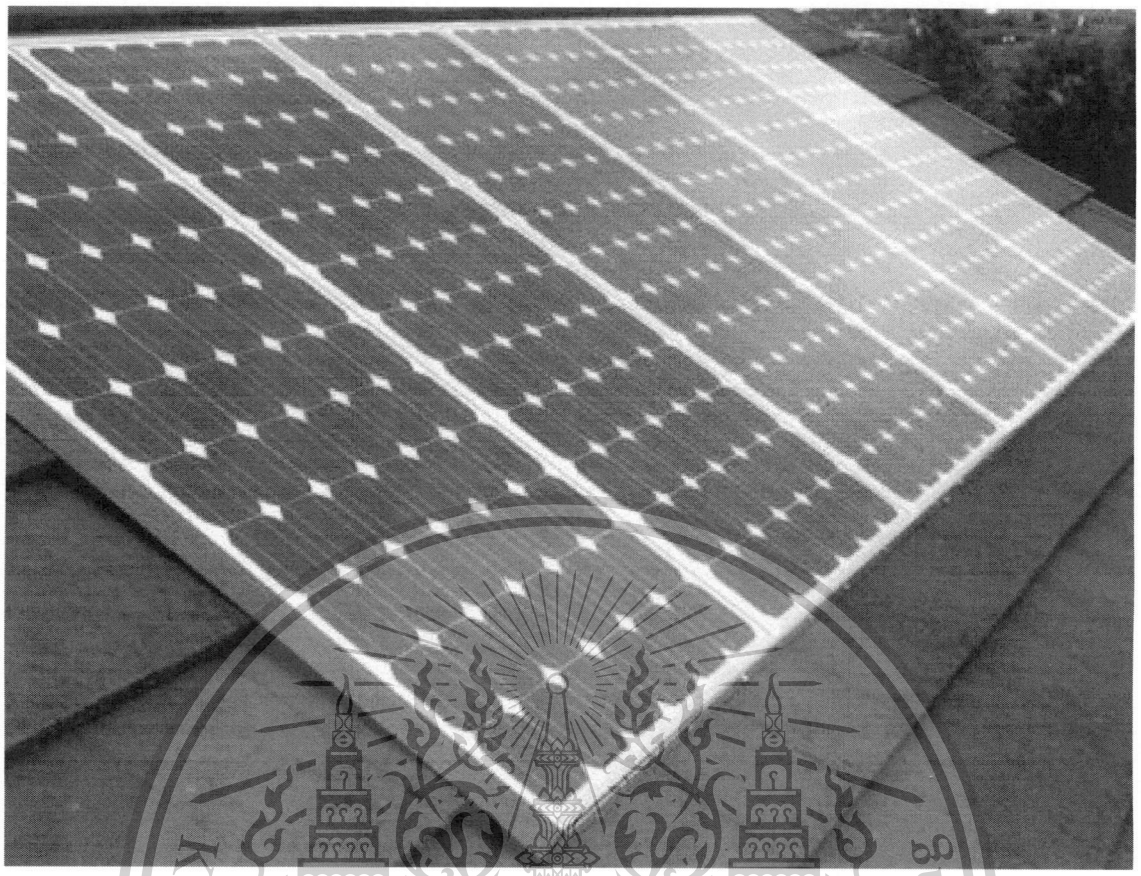
โดยต่ออนุกรมแถวละ 12 แผงและต่อขนานจำนวน 5 แถว[18]

---

[17] Leonics. **ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งอิสระ** (Stand-alone Solar System). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :http://www.leonics.co.th/html/th/pd_ecs/SAS.php.(19 เมษายน 2556).

[18] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. **"เซลล์แสงอาทิตย์"** (Solar cell). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.rmutphysics.com/charud/virtualexperiment/virtual2/solar-cell/index.html. (19 เมษายน 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา 2[19]

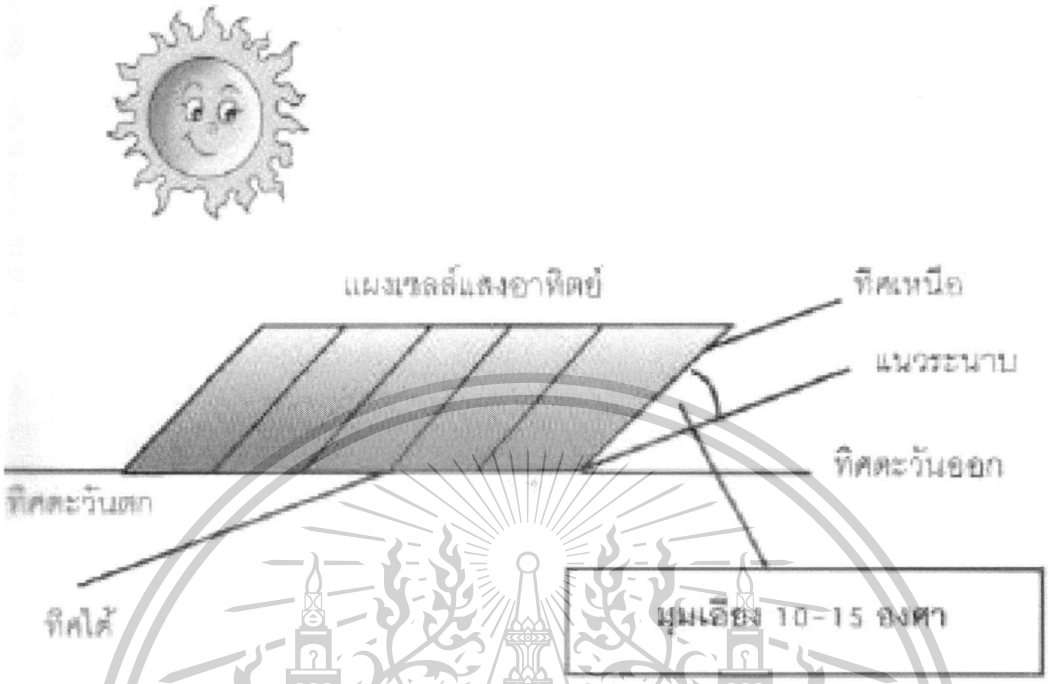
2.6 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หรือ Solar cell ที่ถูกต้องมีส่วนสำคัญที่จะทำให้การผลิตกระแสไฟฟ้าทำได้ผลสมบูรณ์ เต็มขีดความสามารถของแผง ผู้ใช้หรือผู้ติดตั้งจำเป็นต้องพิถีพิถันในการติดตั้งเป็นพิเศษและควรคำนึงถึงองค์ประกอบด้านต่างๆ ด้วย

---

[19] First choice solar. Solar Panels. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.1stchoicesolar.org.uk/uploads/images/Monocrystalline+Solar+Panel-Roof+Mount+Solar+Panels-75-0.jpg. (19เมษายน 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2.19 การวางเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์[20]

การติดตั้งนั้นควรวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ทำมุมตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ วิธีที่ดีที่สุดคือใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Tracking System) โดยแผงจะติดตั้งบนโครงเหล็กที่มีมอเตอร์ควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน อีกวิธีคือ วางมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับประเทศไทยนั้นตำแหน่งที่ตั้งจะอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15 องศาเหนือ ดังนั้นหากต้องการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้ผลดีที่สุด จะต้องหันหน้าแผงไปทางทิศใต้ โดยทำมุมกับพื้นราบ 10-15 องศา ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องเลือกสถานที่ที่สามารถให้แผงหันองศาหรือปรับทิศทางได้จากทางทิศเหนือไปจรดทิศใต้

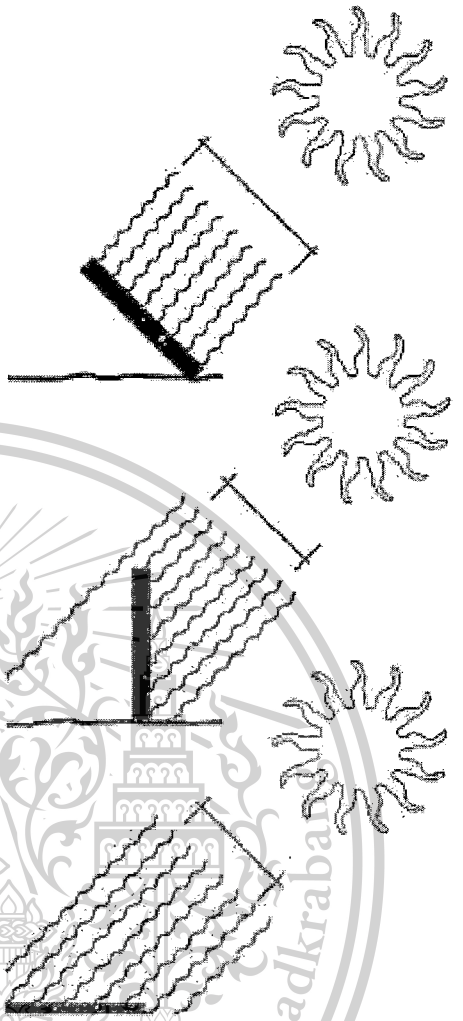
---

[20] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล.Solar inverter.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.rmutphysics.com/charud/virtualexperiment/virtual2/solar-cell/index3.html. (19 เมษายน 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิน อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2.20 การวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่างกัน[21]

สถานที่ติดตั้งต้องไม่มีเงาไม้หรือสิ่งกีดขวางใดๆ มาบดบังในระหว่างวัน หรือปราศจากเศษใบไม้ที่จะหล่นมาปกปิดแผง ทั้งนี้ผู้ใช้ต้องตรวจตราอยู่เป็นประจำด้วย

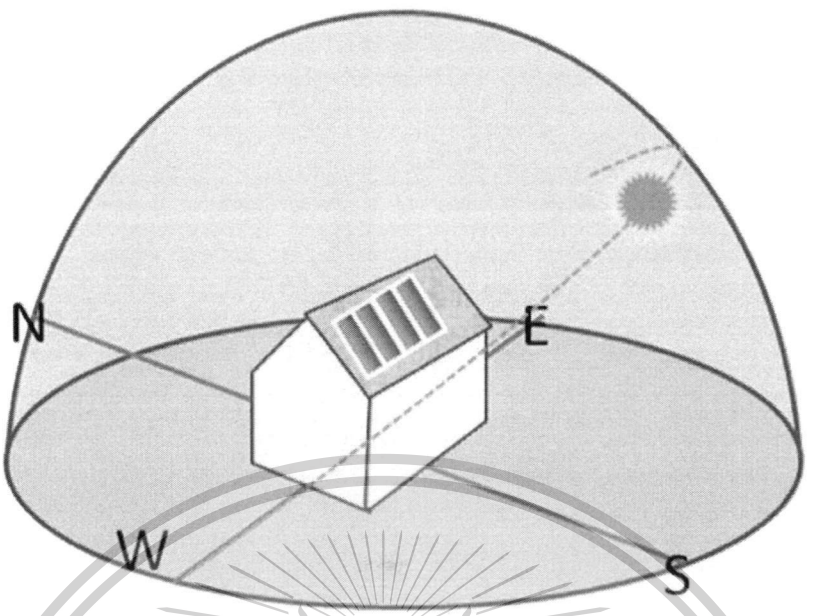
2.6.1 ลักษณะของโครงสร้างรองรับแผง

โครงสร้างรองรับแผงโดยมากจะออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และจำนวนแผงที่จะติดตั้ง สภาพพื้นที่โดยทั่วไปจะพิจารณาว่าเป็นพื้นที่ราบที่มีน้ำท่วมถึงหรือไม่ หรือเป็นพื้นที่ลาดชัน ทั้งนี้เพื่อจะได้กำหนดความสูงของฐานรองรับแผง

---

[21] Thaipowertech.**โซล่าเซล**.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :http://www.thaipowertech.com/images/column_1329581778/angle%20solar.jpg. (19 เมษายน 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2.21 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาให้ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ [22]

ในบางกรณีหากแผงมีจำนวนไม่มากอาจใช้หลังคาบ้านเพื่อติดตั้งแผงได้ แต่สภาพโครงหลังคาต้องมีความแข็งแรงพอ อีกประการหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงคือสภาพพื้นที่ทำการติดตั้ง บางพื้นที่จะมีปัญหาเรื่องต้นไม้หรือเงาไม้ บางพื้นที่กลับพบว่าจุดที่ติดตั้งเป็นแอ่ง จึงต้องใช้ฐานแบบสูงเพื่อป้องกันน้ำท่วมในหน้าน้ำ ในบางพื้นที่มีปัญหาด้านการขนส่งในการออกแบบโครงสร้างรองรับแผงจึงต้องพิจารณาในปัญหาเหล่านี้ด้วย เช่น โครงสร้างเหล็กมีขนาดยาวและน้ำหนักมากมีปัญหาด้านการขนส่งเข้าไปในพื้นที่ติดตั้ง

พอจะสรุปได้ว่าลักษณะโครงสร้างรองรับแผง จะต้องคำนึงถึงจำนวนแผงและพื้นที่ติดตั้งตลอดจนการขนส่งเป็นสำคัญ แต่ที่นิยมติดตั้งกันตามบ้านพักอาศัยมักจะเป็นการติดตั้งบนหลังคา เนื่องจากใช้จำนวนแผงไม่มากและไม่สิ้นเปลืองพื้นที่

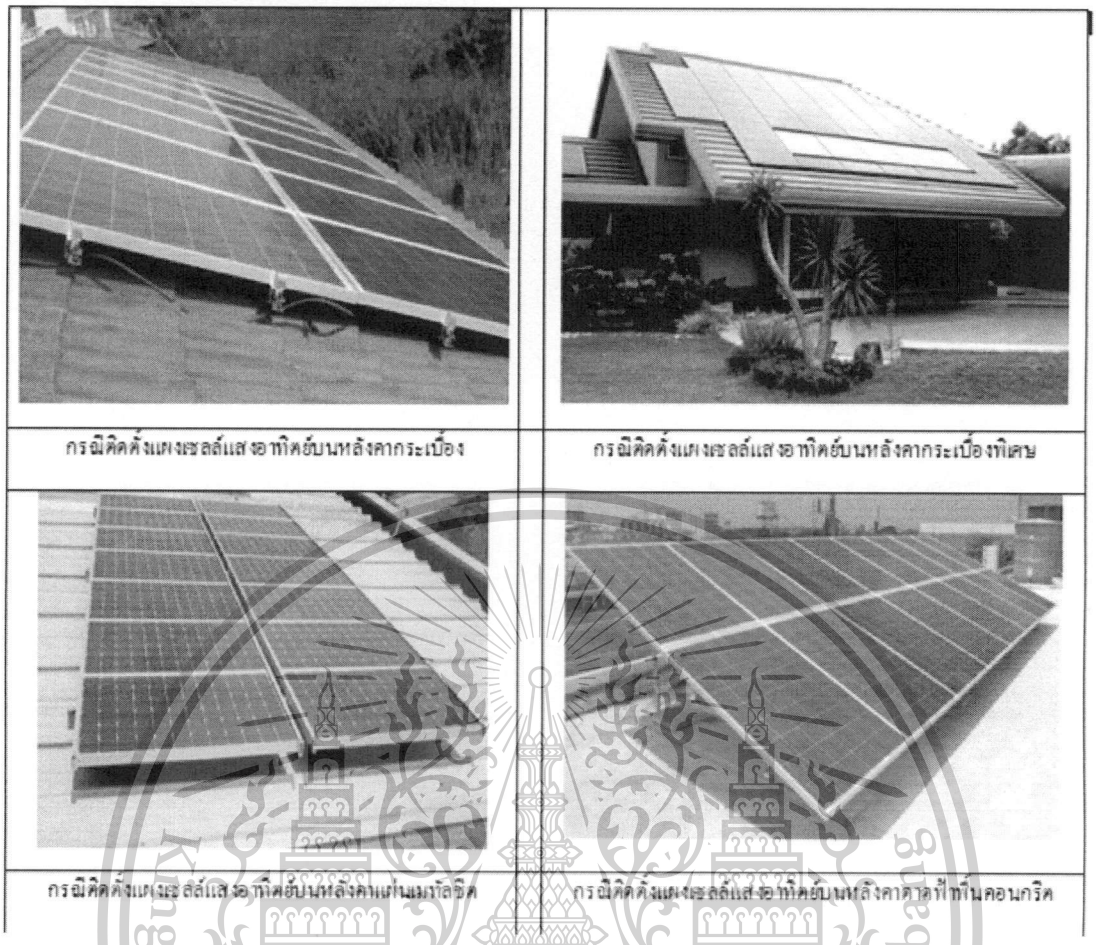
2.6.2 การติดตั้งแผงจำนวนไม่มาก

สามารถติดตั้งบนหลังคาบ้าน โดยหันทิศทางด้านหน้าแผงไปทางทิศใต้ให้ทำมุมกับพื้นราบ 15 องศา ในกรณีที่หลังคาทำมุม 15 องศาอยู่แล้ว ก็สามารถติดตั้งได้เลย หากหลังคาทำมุมเกิน 15 องศา ก็ให้รองแผงส่วนล่างขึ้นเพื่อให้ได้มุม 15 องศา

---

[22] Thaisolarfuture. **รายละเอียดด้านเทคนิคของระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :http://www.thaisolarfuture.com/solarroof.php?cat=13. (19 เมษายน 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



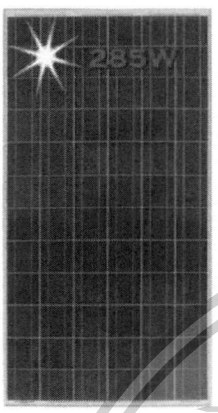
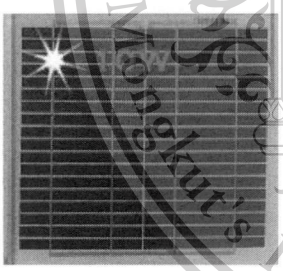
ภาพที่ 2.22 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาให้ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ [23]

[23] Thaisolarfuture. **รายละเอียดด้านเทคนิคของระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :http://www.thaisolarfuture.com/solarroof.php?cat=13 (19 เมษายน 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

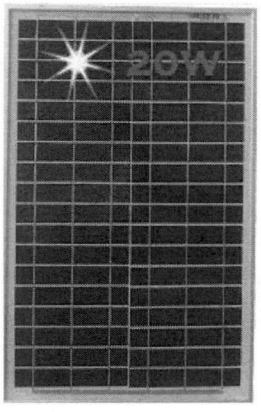
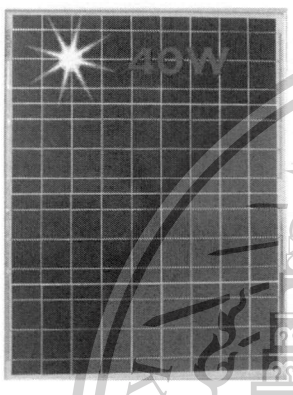
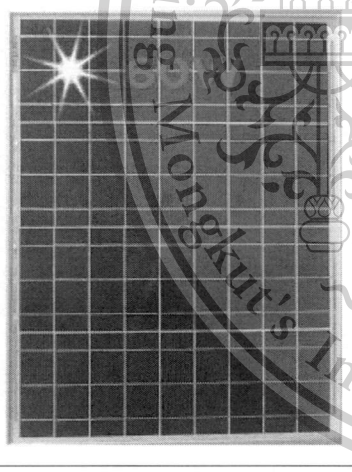
2.7 **ราคาของเซลล์แสงอาทิตย์**

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบขนาด รายละเอียด ราคา ของเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทต่างๆ

เซลล์แสงอาทิตย์	ขนาด	รายละเอียด	ราคา
Poly Crystalline Silicon [24] Solar 	285w	แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35.4V กระแสไฟฟ้าสูงสุด 8.37A ราคาต่อวัตต์ 22.80 บาท ขนาด 2x1 เมตร หนัก 27 กก.	6,500 บาท
Mono Crystalline Silicon Solar	5w	แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 18V กระแสไฟฟ้าสูงสุด 0.27A ราคาต่อวัตต์ 80 บาท	400 บาท
	10 w	แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 18V กระแสไฟฟ้าสูงสุด 0.55A ราคาต่อวัตต์ 70 บาท	700 บาท

[24] Solartech. **ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ SOLAR CELL ราคาถูก**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://solartech-center.blogspot.com/. (19 เมษายน 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

	20 w	แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 18V กระแสไฟฟ้าสูงสุด 1.11A ราคาต่อวัตต์ 55 บาท	1,100 บาท
	40 w	แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 18V กระแสไฟฟ้าสูงสุด 2.22A ราคาต่อวัตต์ 55 บาท	2,200 บาท
	60 w	แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 18V กระแสไฟฟ้าสูงสุด 3.33A ราคาต่อวัตต์ 55 บาท	3,300 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.8 การบำรุงรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอายุการใช้งาน

ภาพที่ 2.23 การบำรุงรักษาเซลล์แสงอาทิตย์[25]

---

[25] สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. **โซลาร์เซลล์-การบำรุงรักษาเซลล์แสงอาทิตย์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.nstda.or.th/sciencevillages/?p=107. (19 เมษายน 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- อายุการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปยาวนานกว่า 20 ปี การบำรุงรักษาก็ง่าย เพียงแต่คอยดูแลว่ามีสิ่งสกปรกตกค้างบนแผงเซลล์หรือไม่ เช่น ฝุ่น มูลนก ใบไม้ ถ้าพบว่ามีสิ่งสกปรกก็ใช้น้ำทำความสะอาดปีละ 1–2 ครั้ง ก็เพียงพอ ห้ามใช้น้ำยาพิเศษล้างหรือใช้กระดาษทรายขัดผิวกระจกโดยเด็ดขาด เมื่อเวลาฝนตก น้ำฝนจะช่วยชำระล้างแผงเซลล์ได้ตามธรรมชาติ
- สำหรับในระบบที่มีการใช้แบตเตอรี่ชนิดใช้น้ำกลั่น (Lead Acid) ห้ามใช้ไฟฟ้าจนแบตเตอรี่หมด แต่ควรใช้ไฟฟ้าเพียงร้อยละ 30–40 และเริ่มประจุไฟฟ้าใหม่ให้เต็มก่อนการใช้ครั้งต่อไป และต้องคอยหมั่นเติมน้ำกลั่นและเช็ดทำความสะอาดขั้วของแบตเตอรี่
- ในกรณีที่มีการใช้อินเวอร์เตอร์ ควรสังเกตว่ามีเสียงดังผิดปกติหรือเกิดความร้อนผิดปกติหรือไม่ ถ้าพบความผิดปกติให้รีบตัดระบบไฟฟ้าออกจากอินเวอร์เตอร์ และติดต่อบริษัทผู้ขายเพื่อให้ตรวจหาสาเหตุและแก้ไขให้ใช้งานได้ต่อไป

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาบ้านพักอาศัยที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศต่ำ

(ที่มา : สุภาวดี รัตนมาศ และ ศุทธา ศรีเผด็จ, รายงานวิจัยการพัฒนารูปแบบบ้านพักอาศัยในเชิงภูมิอากาศ-ชีวภาพ เพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ, 2554) โดยเลือกใช้บ้านพักอาศัยชั้นเดียวในเขตจตุจักร ซึ่งได้รับการออกแบบให้ลดการใช้เครื่องปรับอากาศ ประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยวิธีพาสซีฟพึ่งพาธรรมชาติในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ภายในบ้านมีลานโล่ง (court) และมีลานโล่งภายนอกตัวบ้าน ทำให้มีการระบายอากาศภายในบ้านดีและใช้ฉนวนป้องกันความร้อนที่หลังคา เป็นบ้านชั้นเดียว พื้นที่ภายในบ้านประมาณ 150 ตารางเมตร บ้านที่ใช้ในการศึกษาตั้งอยู่ในเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีความหนาแน่นของประชากรสูง 4,904.86 คน/ตารางกิโลเมตร (ที่มา : สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย : รายงานสถิติจำนวนประชากรและบ้าน รายจังหวัด รายอำเภอ และรายตำบล ณ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2554) เขตจตุจักรอยู่ในกลุ่มเขตกรุงเทพฯ เหนือ เป็นแหล่งการค้า การบริการ และแหล่งที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก ในพื้นที่เขตจตุจักรมีทางสายหลัก ถนนลาดพร้าว ถนนพหลโยธิน ถนนกำแพงเพชร ทางน้ำมีคลองบางเขน คลองเปรมประชากร นอกจากนี้ยังมีเส้นทางขนส่งมวลระบบรางตัดผ่านในพื้นที่เขต โดยมีสถานี 2 แห่ง คือ สถานีกำแพงเพชรและสถานีสวนจตุจักร เป็นที่ตั้งของสถานีหมอชิตซึ่งเป็นจุดสิ้นสุดของรถไฟฟ้าบีทีเอสสายสุขุมวิท สถานที่สำคัญได้แก่ ตลาดนัดจตุจักร สวนสาธารณะจตุจักร สวนสาธารณะวชิรเบญทัศ สวนสาธารณะสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ ตลาดนัด อตก. สวนรถไฟ สถานีขนส่งหมอชิต จัดได้ว่าบ้านพักอาศัยที่ใช้ในการศึกษาตั้งอยู่ในเขตเมืองที่มีความหนาแน่นสูง

3.1.1 ลักษณะสำคัญของบ้าน

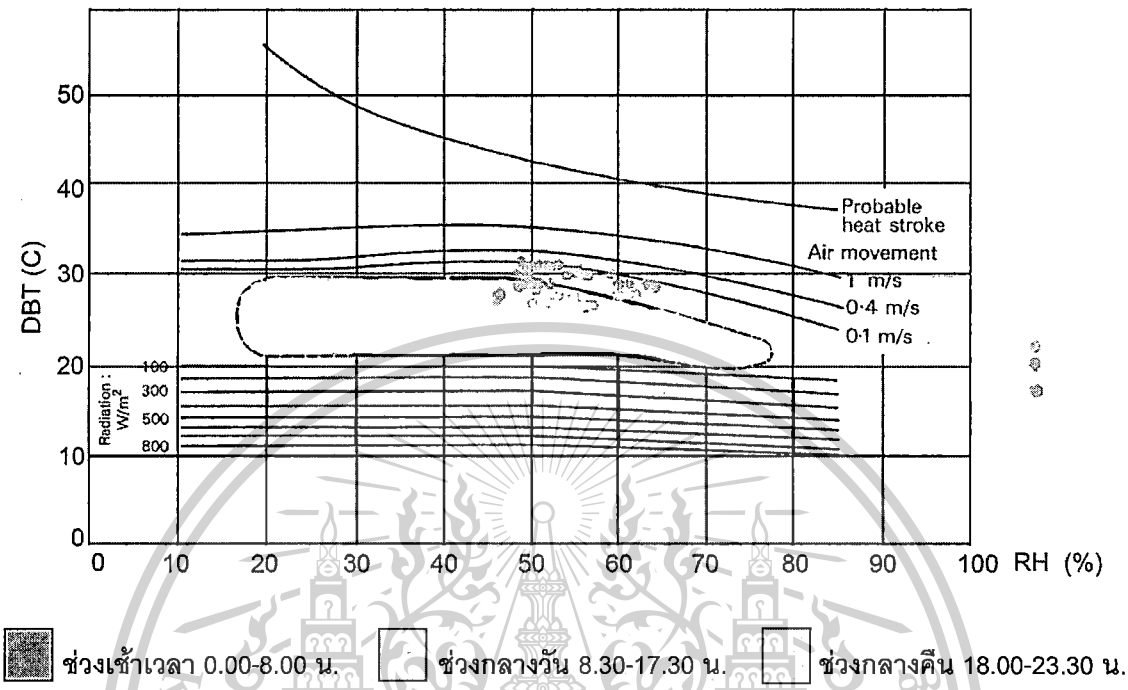
3.1.1.1 บ้านพักอาศัยชั้นเดียว เจ้าของบ้านปลูกพันธุ์ไม้นานาชนิดประกอบด้วยไม้ยืนต้นให้ร่มเงา ไม้พุ่มกลางที่มีใบเล็ก และไม้คลุมดินรายรอบบ้าน พื้นดาดแข็งใช้กรวดโรยแทนการใช้แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ช่วยให้น้ำฝนไม่ท่วมขัง สร้างความร่มรื่นและรู้สึกสบายให้กับคนในบ้านทั้งสามฤดูตลอดปี ซึ่งกล่าวได้ว่าภายในบ้านมีความสบายทางอุณหภูมิและสามารถลดภาระการใช้เครื่องปรับอากาศได้

3.1.1.2 วางทิศทางของบ้านตามหลักการรับลมหลบแดด ช่องเปิดหน้าต่างอยู่ทางทิศเหนือ-ใต้ เพื่อการระบายอากาศตามธรรมชาติ และภายในบ้านมีช่องเปิดตรงกัน (cross ventilation) ทุกห้องได้รับแสงธรรมชาติ ทำให้มีสุขอนามัยที่ดี

3.1.1.3 ภายในบ้านมีอุณหภูมิอยู่ในขอบเขตภาวะสบายทั้งสามฤดู และในบางช่วงเวลาที่อุณหภูมิอยู่นอกเขตภาวะสบาย ก็สามารถเปิดพัดลมช่วยในความเร็วลม 0.1 เมตรต่อวินาที ดังภาพที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

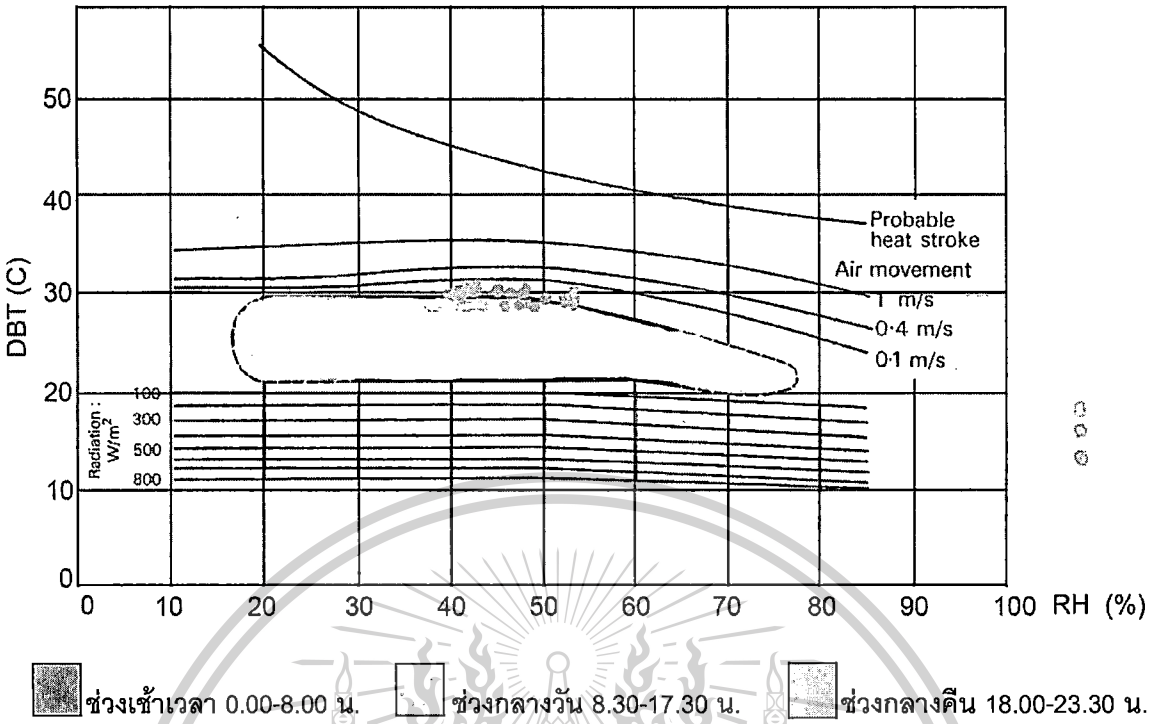
3.1 และ 3.2 (ที่มา: สุภาวดี รัตนมาศ และ ศุทธา ศรีเผด็จ, รายงานวิจัยการพัฒนารูปแบบบ้านพักอาศัยในเชิงภูมิอากาศ-ชีวภาพ เพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ, 2554)



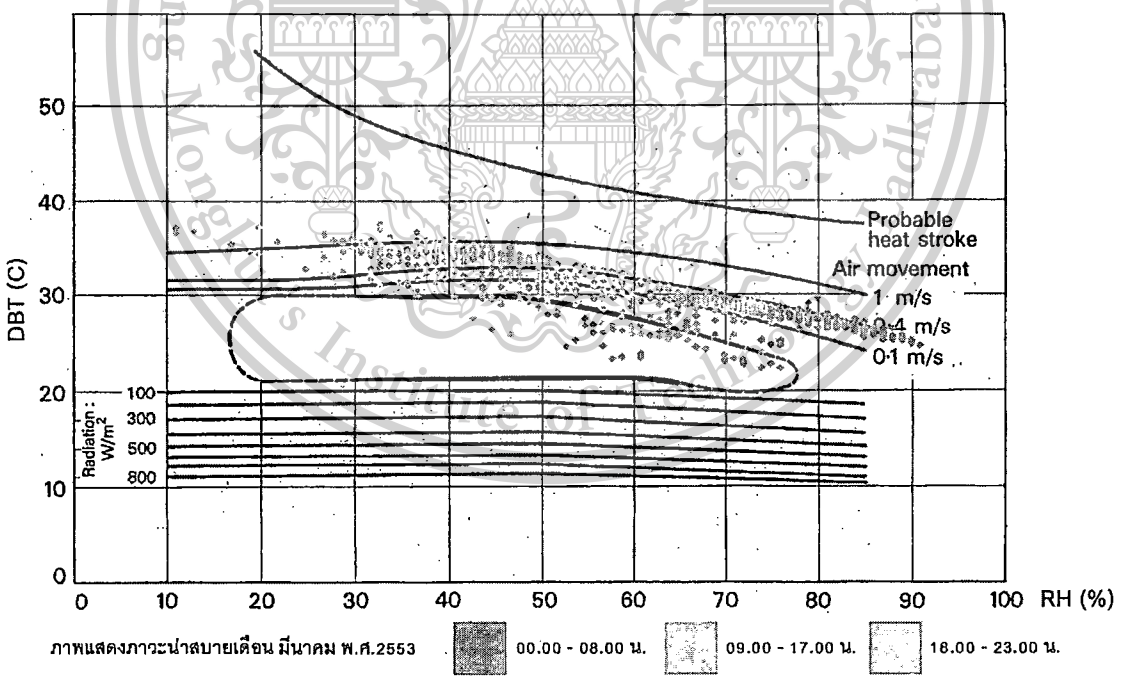
ภาพที่ 3.1 แสดงค่าภาวะสบายภายในห้องสตูดิโอเดือนมีนาคม ฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2554

ที่มา : สุภาวดี รัตนมาศ และ ศุทธา ศรีเผด็จ, รายงานวิจัยการพัฒนารูปแบบบ้านพักอาศัยในเชิงภูมิอากาศ-ชีวภาพเพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ, หน้า88, 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



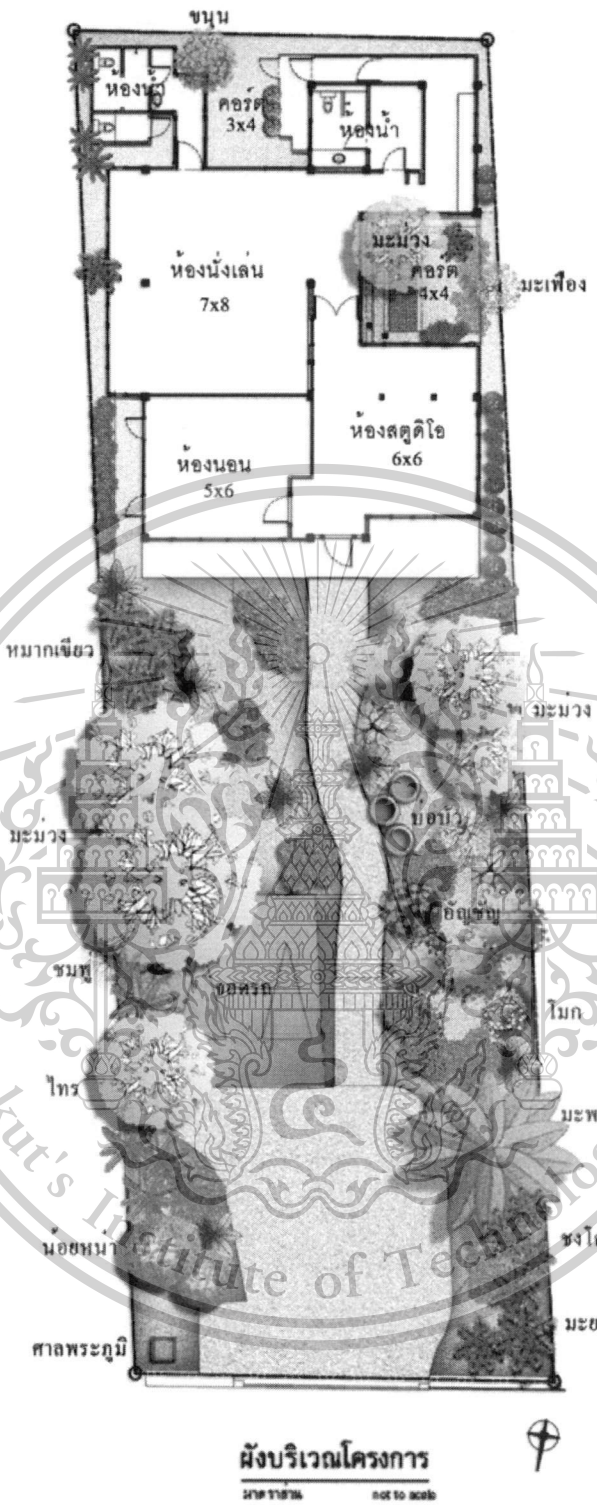
ภาพที่ 3.2 แสดงค่าภาวะสบายภายในห้องนอน เดือนมีนาคม ฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2554



ภาพที่ 3.3 แสดงแผนภูมิไบโอไคลเมติกของกรุงเทพมหานครในฤดูร้อน (มีนาคม) ตามช่วงเวลาของวัน

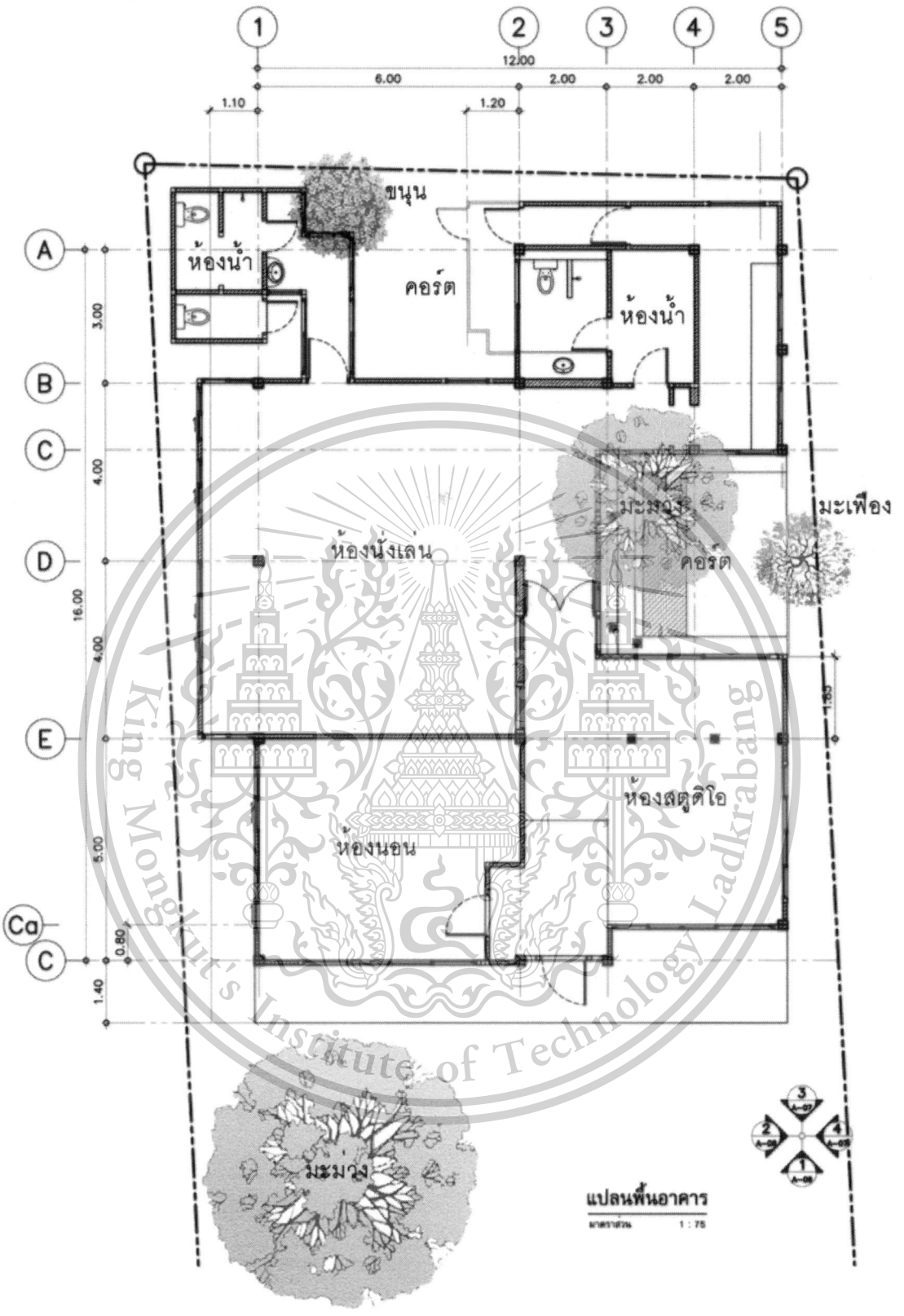
ที่มา : สุภาวดี รัตนมาศ และ ศุทธา ศรีเผด็จ, รายงานวิจัยการพัฒนารูปแบบบ้านพักอาศัยในเชิงภูมิอากาศ-ชีวภาพ เพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ, หน้า89, 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



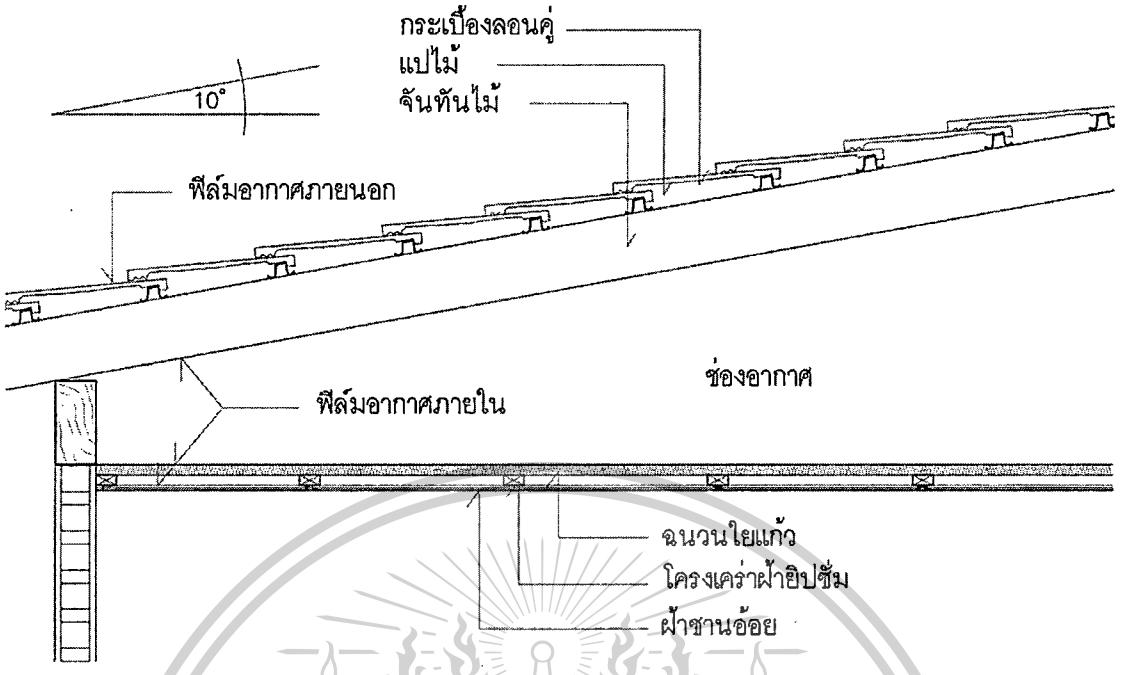
ภาพที่ 3.4 แสดงผังบริเวณบ้านซึ่งรายล้อมด้วยพันธุ์ไม้นานาชนิด มีลานโล่งภายในบ้านและลานโล่งภายนอกตัวบ้าน ทำให้เกิดการระบายอากาศที่ดี ลดอุณหภูมิแวดล้อมลง ด้านหน้าบ้านเป็นทิศเหนือติดถนนซอยพหลโยธิน 19 กว้าง 6.00 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

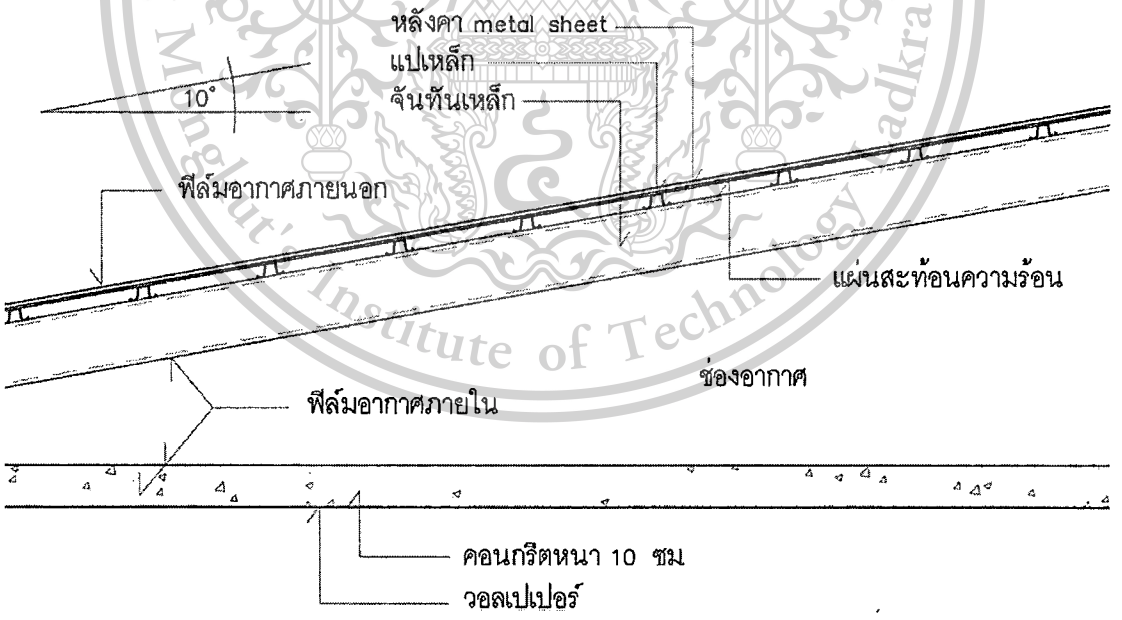


ภาพที่ 3.5 แสดงแปลนบ้าน พื้นที่ขนาดประมาณ 150 ตารางเมตร
มีช่องเปิดในแนวทิศเหนือ-ใต้ และส่วนใหญ่มีช่องเปิดตรงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

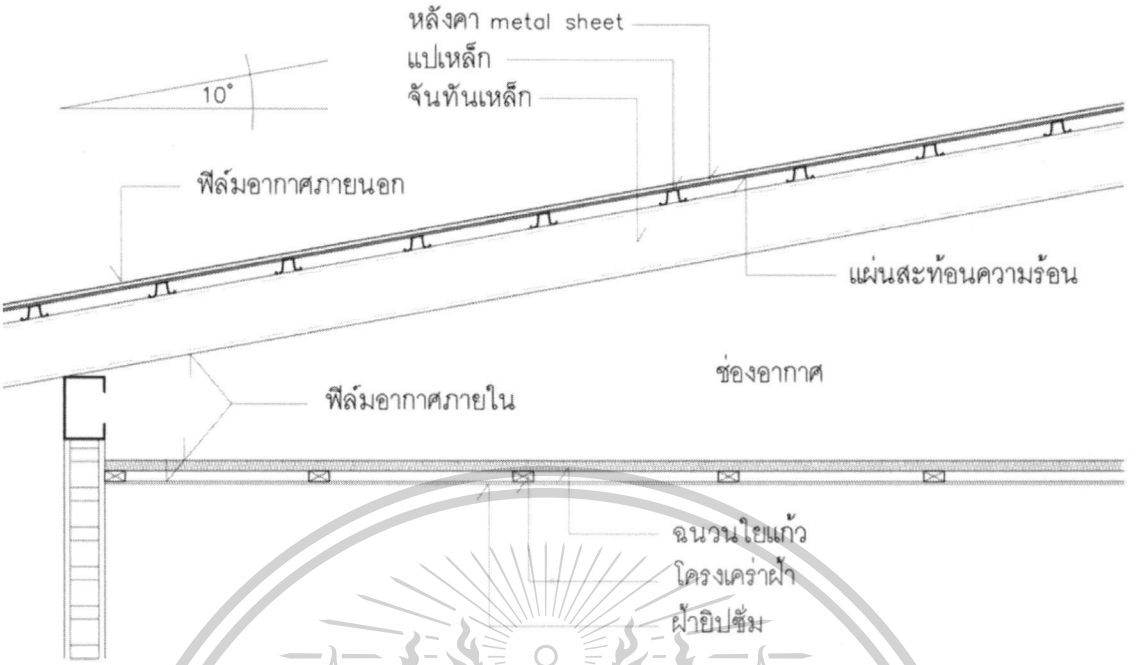


ภาพที่ 3.6 รูปตัดแสดงวัสดุหลังคาและฝ้าเพดานห้องนั่งเล่น

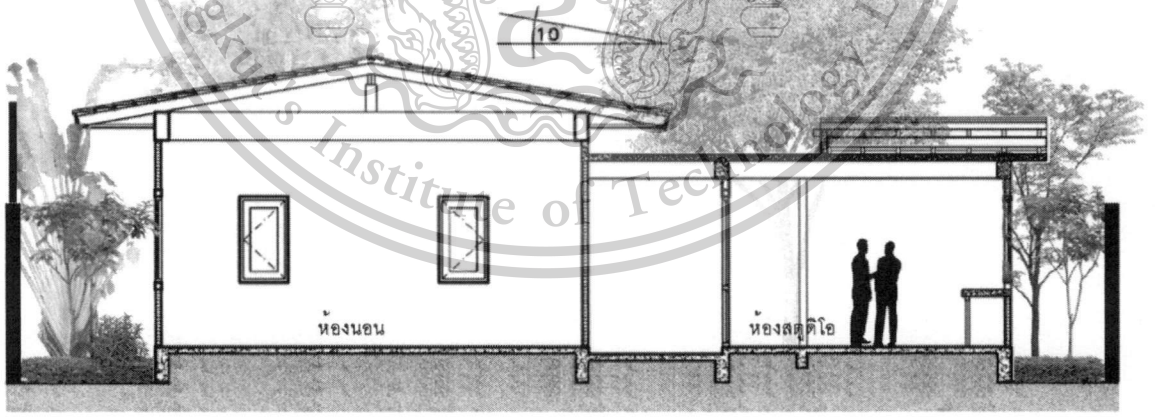


ภาพที่ 3.7 รูปตัดแสดงวัสดุหลังคาและฝ้าเพดานห้องนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



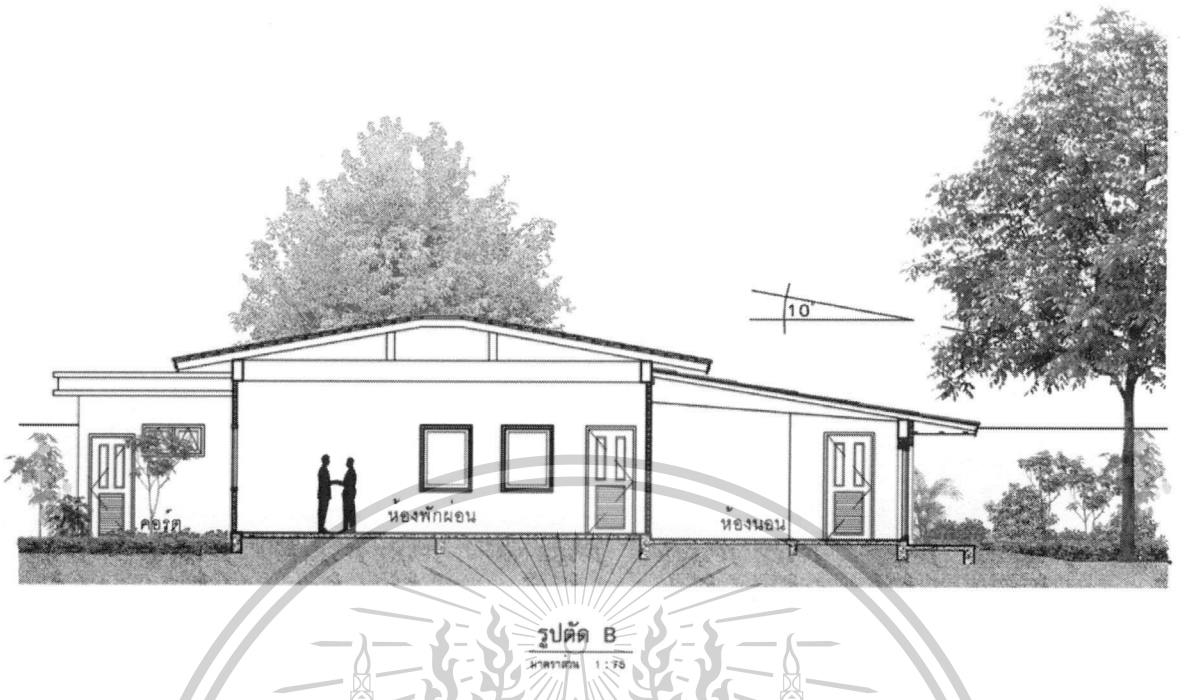
ภาพที่ 3.8 รูปตัดแสดงวัสดุหลังคาและฝ้าเพดานห้องสตูดิโอ



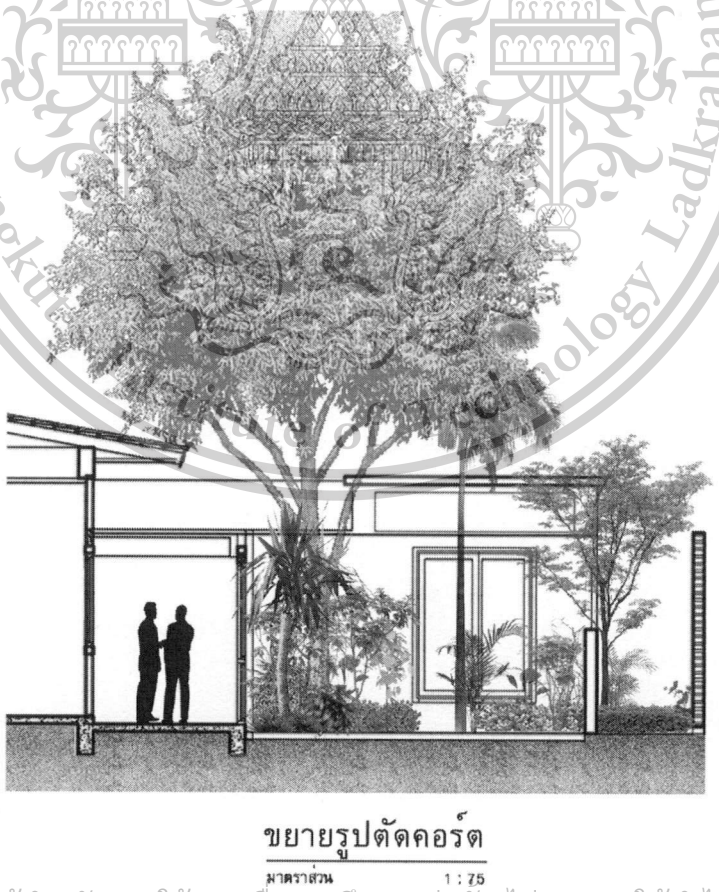
รูปตัด A
มาตราส่วน 1 : 75

ภาพที่ 3.9 แสดงรูปตัดบ้านส่วนห้องนอนและห้องทำงานสตูดิโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 3.10 แสดงรูปตัดบ้านห้องพักผ่อนและห้องนอนตามแนวทิศใต้และทิศเหนือ

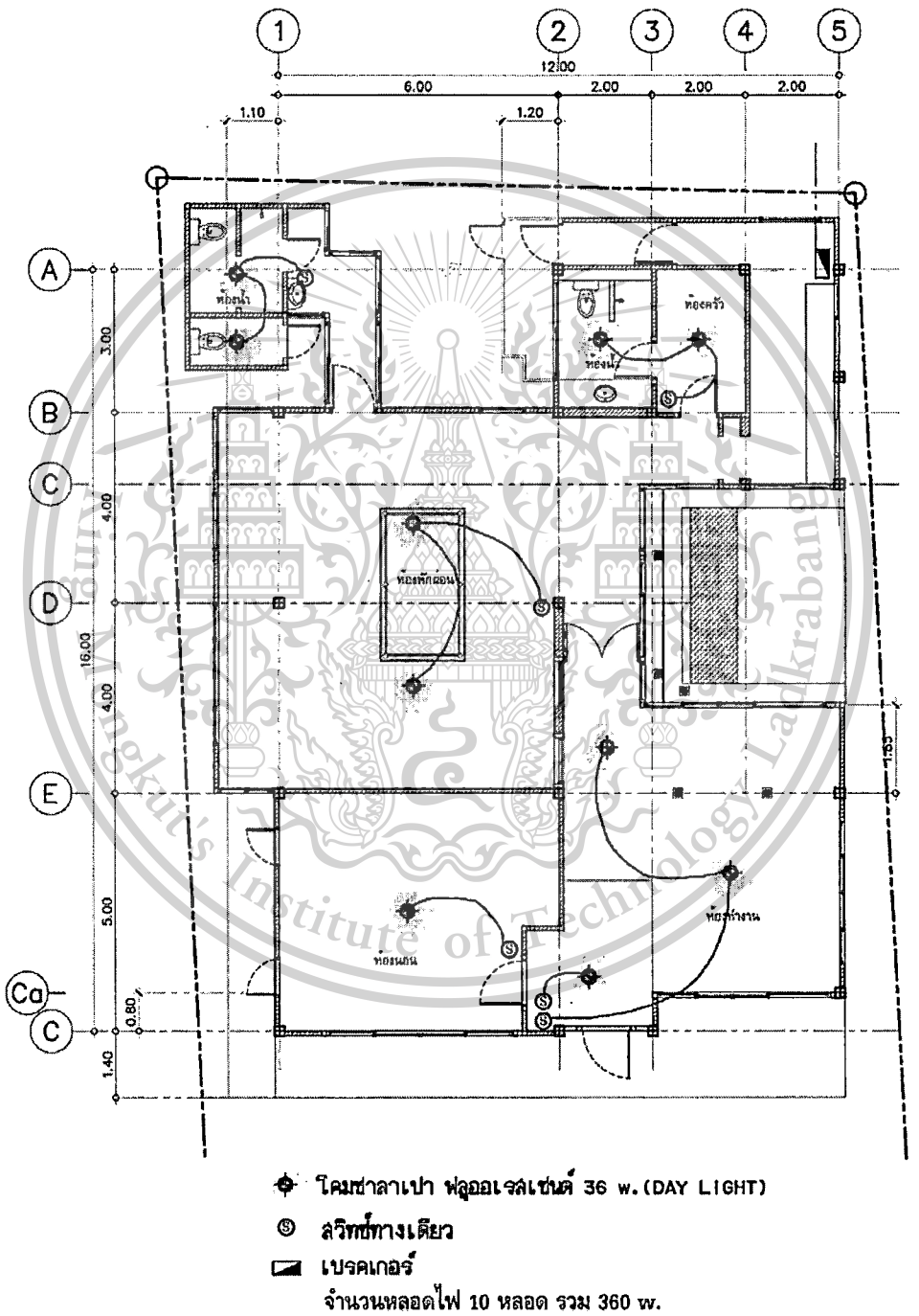


ภาพที่ 3.11 แสดงรูปตัดผ่านคอร์ตลานโล่งภายในบ้านและห้องพักผ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านที่ใช้ศึกษา

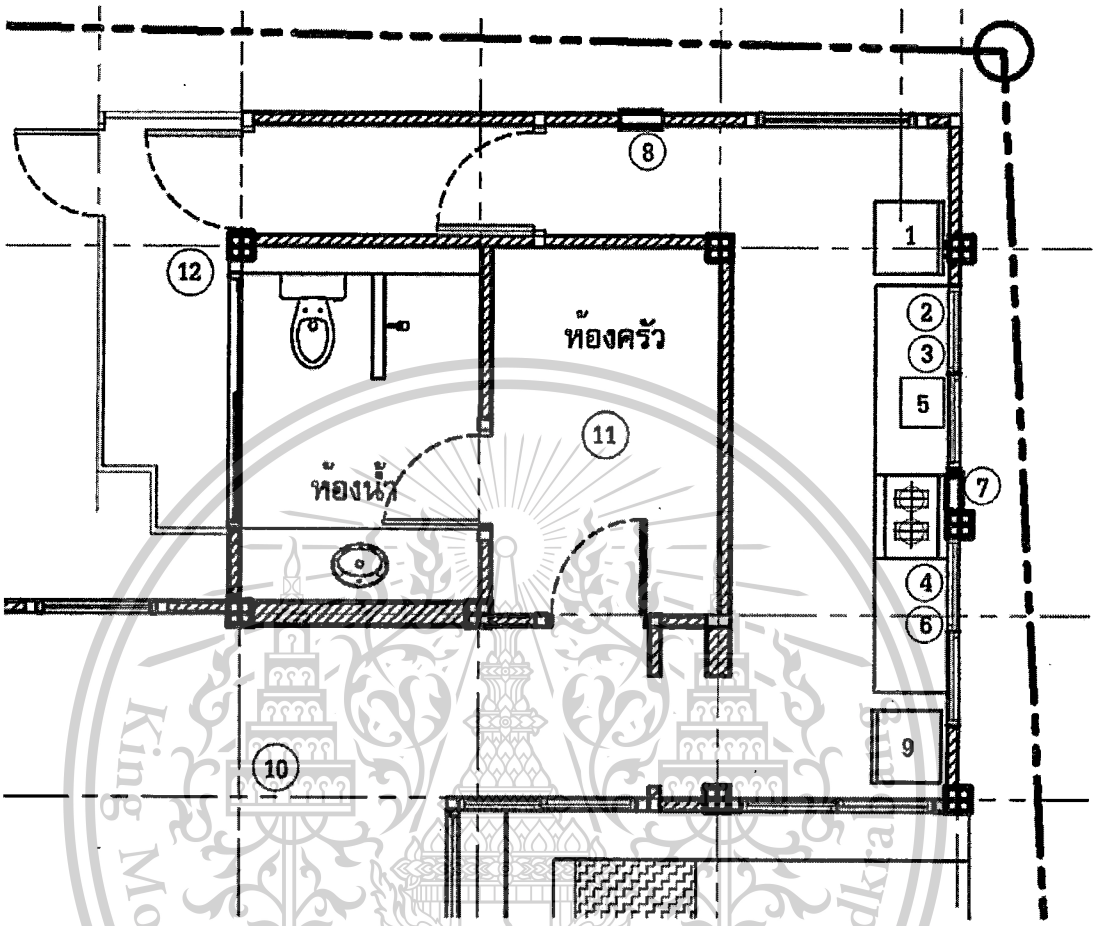
จากลักษณะบ้านที่ทำให้อุณหภูมิภายในบ้านอยู่ในขอบเขตภาวะสบาย และใช้พัดลมในบางช่วงเวลาที่อุณหภูมิอยู่นอกเหนือภาวะสบาย ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านมีปริมาณน้อยกว่าการใช้เครื่องปรับอากาศ ดังนั้นหากจะลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนสำหรับบ้านที่ใช้ไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศต่ำ จึงเป็นการประหยัดงบประมาณมากกว่าและคุ้มค่าแก่การลงทุน



ภาพที่ 3.12 แสดงตำแหน่งดวงโคมในบ้านและการใช้ไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างรวม 360 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน

เอกสารนี้เป็นสื่อที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตำแหน่งเครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องครัว



1. เครื่องซักผ้า 430 w.ใช้ 2 ชม./วัน
2. หม้อหุงข้าว 560 w.ใช้ 0.75 ชม./วัน
3. หม้อต้มแกง 680 w.ใช้ 0.75 ชม./วัน
4. กะทะไฟฟ้า 1,300 w.ใช้ 0.5 ชม./วัน
5. เตาไมโครเวฟ 800 w.ใช้ 0.5 ชม./วัน
6. กาต้มน้ำร้อน 1,000 w.ใช้ 0.25 ชม./วัน
7. พัดลมดูดอากาศ เหนือเตาไฟฟ้า 330 w.ใช้ 1 ชม./วัน
8. พัดลมดูดอากาศ ติดผนัง 25 w.ใช้ 2 ชม./วัน
9. ตู้เย็น 69 w.ใช้ 24 ชม./วัน
10. พัดลมเคลื่อนที่ตั้งโต๊ะ 50 w.ใช้ 1 ชม./วัน
11. โคมไฟเพดาน 1 ชุด 60 w.ใช้ 2 ชม./วัน
12. เครื่องปั๊มน้ำ 400 w.ใช้ 0.33 ชม./วัน

ภาพที่ 3.13 แสดงตำแหน่งเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จำเป็นภายในบ้าน
และกำลังการใช้ไฟฟ้ารวม 5,704 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รายการกำลังไฟฟ้าสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จำเป็นในบ้าน

1. เครื่องซักผ้า กำลังไฟ 430 วัตต์ เปิดใช้งาน 2 ชั่วโมงต่อวัน
2. หม้อหุงข้าว 560 วัตต์ เปิดใช้งาน 0.75 ชั่วโมงต่อวัน
3. หม้อต้มแกง 1 หม้อ 680 วัตต์ เปิดใช้งาน 0.75 ชั่วโมงต่อวัน
4. กระทะไฟฟ้า 1 ชิ้น 1,300 วัตต์ เปิดใช้งาน 0.5 ชั่วโมงต่อวัน
5. เตาไมโครเวฟ 800 วัตต์ เปิดใช้งาน 0.5 ชั่วโมงต่อวัน
6. กาต้มน้ำร้อน 1,000 วัตต์ เปิดใช้งาน 0.25 ชั่วโมงต่อวัน
7. พัดลมดูดอากาศ เหนือเตาไฟฟ้า 330 วัตต์ เปิดใช้งาน 1 ชั่วโมงต่อวัน
8. พัดลมดูดอากาศติดผนัง 25 วัตต์ เปิดใช้งาน 2 ชั่วโมงต่อวัน
9. ตู้เย็น 69 วัตต์ เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมง
10. พัดลมโคจรตั้งโต๊ะ 50 วัตต์ เปิดใช้งาน 1 ชั่วโมงต่อวัน
11. โคมไฟเพดาน 1 ชุด 60 วัตต์ เปิดใช้งาน 2 ชั่วโมงต่อวัน
12. โคมไฟเพดาน 1 โคม 60 วัตต์ เปิดใช้งาน 2 ชั่วโมงต่อวัน
13. เครื่องปั๊มน้ำ 400 วัตต์ เปิดใช้งาน 0.33 ชั่วโมงต่อวัน

จากรายการการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านข้างต้นนำมาคำนวณหาค่าการใช้ไฟฟ้าได้ดังนี้

1. การใช้ไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างจากดวงโคมรวม 360 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน
2. การใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในบ้านรวม 5,428 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน

รวมการใช้ไฟฟ้าซึ่งจะนำไปคำนวณเพื่อใช้พลังงานทดแทนสำหรับแผงโซล่าเซลล์ทั้งสิ้น 5,788 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน แผงโซล่าเซลล์แผงหนึ่งผลิตไฟฟ้าได้ 200 วัตต์ ดังนั้นต้องใช้แผงโซล่าเซลล์จำนวน 30 แผง คิดเป็นพื้นที่ 15 ตารางเมตร (แผงโซล่าเซลล์ขนาด 1.00 x 2.00 ตารางเมตร)

3.3 การพิจารณาการติดตั้งระบบแผงโซล่าเซลล์

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้น แบ่งออกได้ 2 กลุ่ม คือ ระบบไฟฟ้าแบบอิสระ (stand-alone system) และระบบผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย หรือระบบผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกริด (Grid-connected system) ระบบไฟฟ้าแบบอิสระนั้น แบ่งออกเป็น 3 ระบบด้วยกันคือ ระบบอิสระที่ไม่มีแบตเตอรี่ ระบบอิสระที่มีแบตเตอรี่ และระบบอิสระแบบผสมผสาน ระบบอิสระที่มีแบตเตอรี่จะสามารถสำรองไฟไว้ใช้ได้ตามช่วงเวลาการใช้งานของผู้ใช้ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้มากกว่าระบบอิสระที่ไม่มีแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้า ส่วนระบบอิสระแบบผสมผสานจะมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าอื่นๆ ต่อร่วมกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อช่วยกันผลิตไฟฟ้า ทำให้ความสามารถในการผลิตไฟฟ้ามีสูงขึ้น ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้าได้ดีกว่า เช่น การต่อระบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมผลิตไฟฟ้า หรือการต่อระบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น

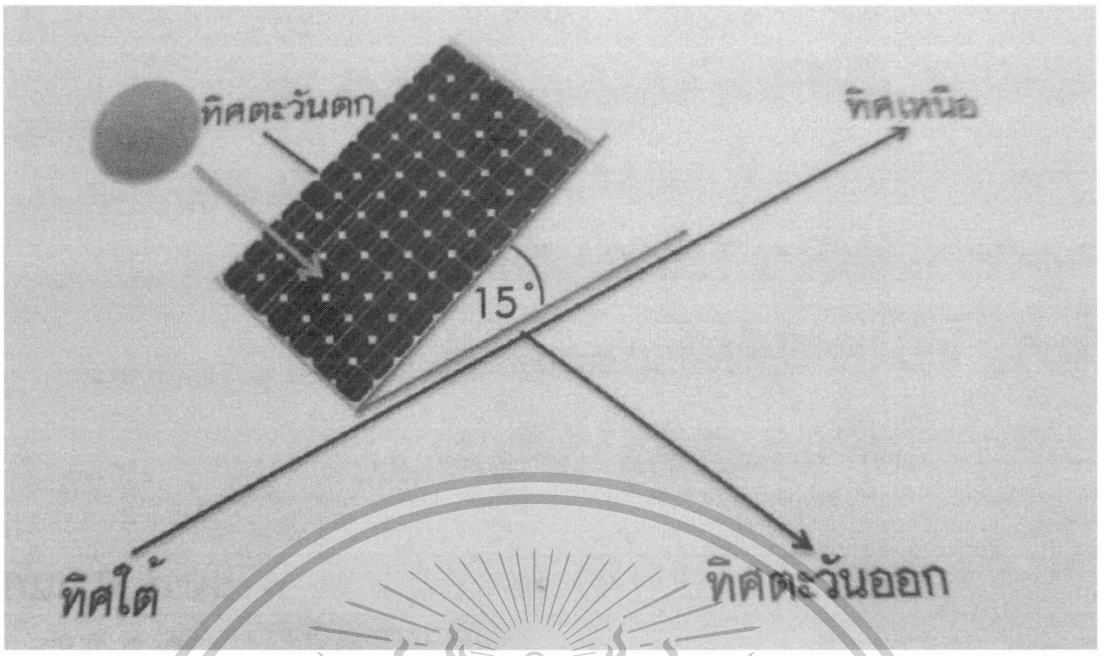
เอกสารนี้เป็นสื่อการเรียนการสอนที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ส่วนระบบผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (เชื่อมต่อกริด) จะมี 2 ระบบคือ ระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แล้วแปลงไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายเข้ากับสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ระบบแบบนี้จะเป็นระบบของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ อีกระบบหนึ่งคือระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเข้าระบบจำหน่าย (ระบบเชื่อมต่อกริด) ติดตั้งที่บ้านของผู้ใช้ไฟฟ้า แบบนี้เป็นระบบขนาดเล็ก (ที่มา : นภัทร วัจนเทพินทร์, การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตนเอง, หน้า32, บ.สกายบุ๊กส์จำกัด, 2554)

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกริด (ต่อเข้าระบบจำหน่าย) เป็นระบบที่ใช้ในพื้นที่ที่มีระบบส่งจ่ายไฟฟ้าเข้าถึง เช่นในเขตเมืองและเมืองหลวง ซึ่งจะมีความคุ้มค่ามากกว่าและมีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ ระบบเชื่อมต่อแบบกริดที่ไม่มีแบตเตอรี่เก็บไฟฟ้าจะถูกกว่าระบบที่มีแบตเตอรี่เก็บไฟฟ้า สำหรับประเทศไทยมีแนวโน้มอัตราการติดตั้งในระบบเชื่อมต่อแบบกริดสูงมากเช่นเดียวกับประเทศอื่นๆ ทั่วโลก (ที่มา : นภัทร วัจนเทพินทร์, การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตนเอง, หน้า38, บ.สกายบุ๊กส์จำกัด, 2554)

มุมเอียงของแผงโซล่าเซลล์ การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดนั้น ต้องวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ทำมุมตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันในทุกฤดูกาล โดยใช้ระบบอุปกรณ์ติดตามดวงอาทิตย์หรือ Solar tracking system วิธีนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดและมีราคาสูง โดยแผงจะติดตั้งบนโครงเหล็กที่มีมอเตอร์และระบบเซนเซอร์ควบคุมให้แผงโซล่าเซลล์หันหน้าตั้งฉากกับมุมของดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันโดยระบบอัตโนมัติตามเซนเซอร์ ซึ่งจะทำให้ผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้มากที่สุด อีกวิธีหนึ่งคือการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ให้ได้รับแสงอาทิตย์ตั้งฉากมากที่สุดตลอดทั้งปีตามตำแหน่งที่แผ่นโซล่าเซลล์นั้นตั้งอยู่ สำหรับประเทศไทยมีการวิจัยและทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยมุมเอียงของแผ่นโซล่าเซลล์ที่ดีที่สุดคือ 15 องศาตั้งฉากกับทิศใต้ ประเทศไทยมี 3 ฤดู คือ ฤดูร้อนตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางพฤษภาคม ฤดูฝนเริ่มกลางเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และฤดูหนาวตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ (ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา) แต่ละฤดูถ้าวางแผงโซล่าเซลล์ให้มุมเอียงตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ตามวงโคจรของดวงอาทิตย์ จะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าแตกต่างกันและได้มากที่สุดดังนี้ ฤดูหนาวเอียง 30 องศา ฤดูร้อนเอียง 15 องศา และในฤดูฝนเอียง 0 องศา (วางระนาบ) จะทำให้การผลิตไฟฟ้าของโซล่าเซลล์เพิ่มมากขึ้น 3% เมื่อเทียบกับการติดตั้งแผ่นโซล่าเซลล์ที่มุมเอียง 15 องศา ทุกฤดูกาล จากการวิจัยเชิงทดลองของมหาวิทยาลัยสุรนารี (ที่มา : นภัทร วัจนเทพินทร์, การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตนเอง, หน้า48, บ.สกายบุ๊กส์จำกัด, 2554) และแผงโซล่าเซลล์จะต้องไม่มีเงาของอาคารใดๆ และต้นไม้มาบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 3.14 แสดงมุมเอียงลาดของแผ่นโซล่าเซลล์ 15 องศาตั้งฉากกับทิศใต้

ที่มา : นภัทร วัจนเทพินทร์, การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตนเอง, สกายบุ๊คส์, 2554

3.4 รูปแบบการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์

การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์มีหลายลักษณะโดยมีปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาคือ ขนาดและจำนวนแผงโซล่าเซลล์ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ต้องการผลิต ปัจจุบันเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าทำให้เราสามารถผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ที่มีขนาดพื้นที่เล็กๆ ได้ อีกทั้งยังสามารถออกแบบแผ่นโซล่าเซลล์ให้ผสมผสานเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบอาคารได้ด้วย เทคโนโลยีนี้เรียกว่าบิลดิง-อินทีเกรดเตด-โฟโตวัลแทก (Building integrated Photovoltaic, BIPV) เช่น แผ่นกระเบื้องมุงหลังคาพร้อมโซล่าเซลล์ แผงกันแดด และแผ่นกระจกอาคารพร้อมโซล่าเซลล์ เป็นต้น รูปแบบการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ทั่วๆ ไป ได้แก่ ติดตั้งบนเสาเดี่ยวให้แผงสูงจากพื้นพ้นร่มเงาของต้นไม้และสิ่งกีดขวางต่างๆ ติดตั้งบนพื้นที่โล่ง ติดตั้งบนหลังคา ติดตั้งแทนแผ่นวัสดุมุงหลังคา ติดตั้งบูรณาการกับตัวอาคาร (BIPV)

3.5 แนวทางการออกแบบติดตั้งแผงโซล่าเซลล์กับบ้านพักอาศัยพลังงานต่ำชั้นเดียว

บ้านพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเป็นปกติ การใช้แผงโซล่าเซลล์เชื่อมต่อแบบกริดโดยไม่มีแบตเตอรี่จะมีค่าการลงทุนต่ำกว่าระบบอื่นๆ และหากกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์มีจำนวนมากกว่าการใช้ก็สามารถขายคืนให้กับการไฟฟ้าได้ด้วย บ้านพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานครโดยทั่วไปมีพื้นที่โล่งประมาณ 30% ของที่ดิน พื้นที่การติดแผงโซล่าเซลล์จึงมีจำกัด เพื่อให้ได้ปริมาณโซล่าเซลล์มาก พื้นที่บนหลังคาบ้านจึงเหมาะสมที่สุด พื้นที่โซล่าเซลล์จำนวน 30 แผง รวมแล้วผลิตไฟฟ้าได้ 6,000 วัตต์ (แผงละ 200 วัตต์) ต้องการพื้นที่ 60

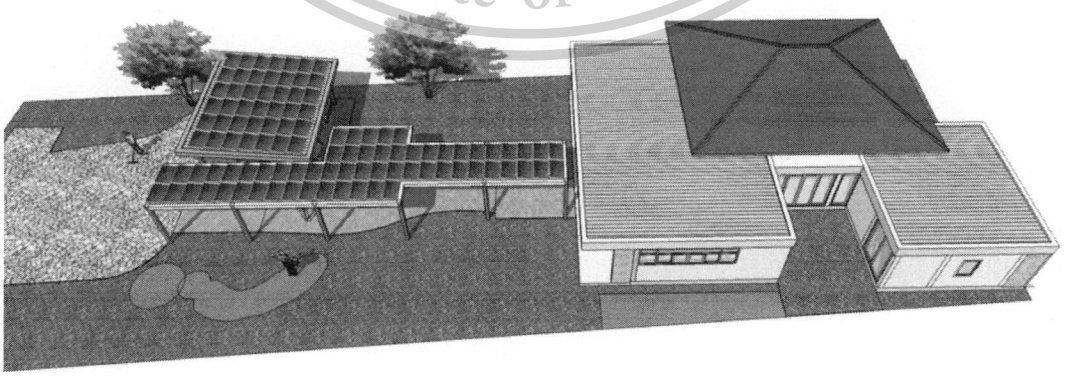
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางเมตร ถ้าหลังคาบ้านเอียงทำมุม 30 องศาตั้งฉากกับทิศใต้ก็เพียงพอที่จะผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าได้ตามต้องการ บ้านที่สร้างใหม่ก็สามารถออกแบบให้หลังคาติดตั้งแผงโซล่าได้ตามขนาดที่ต้องการ หากเป็นบ้านที่สร้างแล้วก็จำเป็นต้องปรับปรุงและหาพื้นที่ตั้งที่เหมาะสม ดังนั้นถ้าพื้นที่หลังคาไม่เหมาะสมต่อการติดโซล่าเซลล์ก็จะทำให้ได้จำนวนไฟฟ้าน้อยไม่พอเพียงกับการใช้

การออกแบบบ้านให้ใช้พลังงานทดแทนจากโซล่าเซลล์ จำเป็นต้องออกแบบหลังคาให้เหมาะกับการติดตั้งแผงพลังงานสุริยะ โดยมีขนาดผืนหลังคาที่ใหญ่เพียงพอกับจำนวนโซล่าเซลล์ ผืนหลังคาเอียงมุม 15 องศาตั้งฉากกับทิศใต้ มีพื้นที่สำหรับติดตั้งอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าหรืออินเวิร์ตเตอร์ และถ้าเลือกใช้ระบบที่มีแบตเตอรี่สำรองก็จำเป็นต้องมีพื้นที่จัดเก็บแบตเตอรี่ด้วย ดังนั้นการลงทุนในการติดตั้งระบบแผงโซล่าเซลล์จึงมีราคาสูงตามจำนวนแผงโซล่าเซลล์และอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าอินเวิร์ตเตอร์ รวมทั้งแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้า การตัดสินใจเลือกระบบการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์แบบกริดจึงเป็นการลงทุนที่ต่ำกว่าและเหมาะกับบ้านเรือนในเขตเมืองซึ่งมีกระแสไฟฟ้าหลักจากการไฟฟ้าอยู่เป็นปกติ

3.6 การออกแบบตำแหน่งติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนหลังคา

จากบ้านตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย หลังคาของตัวบ้านที่ทำมุม 15 องศากับทิศใต้เป็นตำแหน่งของห้องครัวและห้องนั่งเล่น ซึ่งมีขนาดพื้นที่ประมาณ 12 ตารางเมตร และ 17 ตารางเมตรตามลำดับ และบางส่วนมีเงาของต้นไม้ของเพื่อนบ้านและเงาจากหลังคาเพื่อนบ้านบัง ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าลดลงหากติดตั้งบนหลังคาตัวบ้านในพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้นจึงได้ออกแบบให้ตำแหน่งที่ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์อยู่บนหลังคาที่จอดรถ ซึ่งเอียงทำมุม 15 องศากับทิศใต้ และจำเป็นต้องตัดต้นไม้ส่วนที่ติดกับที่จอดรถออกบ้างเพื่อประสิทธิภาพการรับแสงอาทิตย์และผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุด และถ้าต้องการแผงโซล่าเซลล์มากขึ้นก็จะทำเป็นหลังคาคลุมทางเดินเชื่อมระหว่างที่จอดรถมายังประตูทางเข้าบ้านด้านทิศเหนือ เพิ่มความสะดวกแก่คนในบ้านและมีความสวยงาม



ภาพที่ 3.15 แสดงการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนหลังคาที่จอดรถและบนหลังคาทางเดินเชื่อมต่อกับตัวบ้านเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การประเมินค่าการส่งผ่านความร้อนโดยใช้โปรแกรม BEC (Building Energy Code)

การประเมินค่าการส่งผ่านความร้อนโดยใช้โปรแกรม BEC ของบ้านชั้นเดียวที่นำมาเป็นตัวอย่าง ได้ค่าการส่งผ่านความร้อนรวมที่ผนัง OTTV (Overall Thermal Transmission Value) มีค่าเท่ากับ 16.95 W/m^2 และค่าการส่งผ่านความร้อนที่หลังคา (RTTV) มีค่าเท่ากับ 5.53 W/m^2 ซึ่งเมื่อนำไปเทียบกับพระราชบัญญัติการอนุรักษ์พลังงานในอาคารประเภทอาคารชุดพักอาศัย สามารถผ่านเกณฑ์ของระบบผนังหรือ Building Envelope Sysytem สำหรับ OTTV ที่ 30 W/m^2 และ RTTV ที่ 10 W/m^2 ดังนี้

ภาพที่ 4.1 บ้านตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินค่าการส่งผ่านความร้อน ใช้โปรแกรม BEC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Building Energy Code

รายงานการประเมินอาคารโดยใช้โปรแกรม BEC

Building Information

Project Name :	House 02
Building Type :	Hotel & Hospital
Location :	Bangkok

Building Energy Comsumption

Building Energy Comsumption :	20,151.49	**kWh/Year**
Energy from PV System :	0	**kWh/Year**
Net Energy Consumption (Evaluated Building) :	20,151.49	**kWh/Year**
Net Energy Consumption (Reference Building) :	41,153.18	**kWh/Year**
Building Energy Code Compliance :	Passed	

Building Envelope System

OTTV (All Zones) :	16.95	**W/m^2**
OTTV (A/C Zones) :	16.95	**W/m^2**
Code OTTV :	30.00	**W/m^2**
Building OTTV Status :	Passed	
RTTV (A/C Zones) :	5.53	**W/m^2**
Code RTTV :	10.00	**W/m^2**
Building RTTV Status :	Passed	

Building Lighting System

Total Power :	408.00	**Watts**
Total Building Area :	136.44	**m^2**
Power Density :	2.99	**W/m^2**
Compliance :	12.00	**W/m^2**
Lighting System Status :	Passed	

Building Energy by Floor

Zone Floor	Zone Area (m^2)	Wall Area (m^2)	Roof Area (m^2)	OTTV (W/m^2)	RTTV (W/m^2)	LPD (W/m^2)	COP	EPD (W/m^2)	OCCU (head/ m^2)	VENT (W/m^2)	Total Energy (kWh/y)
1	136.44	141.31	138.61	16.95	5.53	2.99	3.26	0.00	0.10	0.25	20,151.49

Building Energy by Zone

Zone Name	Zone 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)	VENT (W/ m^2)	Energy Lighting (kWh/y)	Energy Equipment (kWh/y)	Energy A/C (kWh/y)	Total Energy (kWh/y)
Z-1	39.96	47.57	43.79	20.80	4.12	3.26	2.40	0.00	0.10	0.25	840.82	0.00	5,448.74	6,289.56
Z-2	68.24	67.26	65.25	16.62	7.31	3.26	4.22	0.00	0.10	0.25	2,522.64	0.00	8,553.29	11,075.93
Z-3	28.24	26.48	29.57	10.87	3.69	3.26	0.85	0.00	0.10	0.25	210.28	0.00	2,575.73	2,786.00

ภาพที่ 4.2 แสดงรายงานผลการประเมินค่าการใช้พลังงานในอาคารจากโปรแกรม BEC

อาคารตัวอย่างเป็นบ้านพักอาศัยชั้นเดียวและมีลานโล่ง ผลการประเมินมีค่าการใช้พลังงานผ่านเกณฑ์ทั้งที่ผนังและหลังคาบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Building Energy Code

รายงานการประเมินอาคารโดยใช้โปรแกรม BEC

OTTV by wall

Wall Name	Wall	OTTV (W/m^2)	WWR
E	Wall	13.77	0.27
N	Wall	15.73	0.45
S	Wall	16.40	0.39
W	Wall	23.13	0.43

RTTV by roof

Wall Name	Roof	RTTV (W/m^2)	WWR
R	Roof	35.74	0.00
RE	Roof	7.36	0.00
RN	Roof	3.78	0.00
RS	Roof	7.42	0.00
RW	Roof	7.32	0.00

Section OTTV

Wall Name	Section Name	OTTV (W/m^2)	WWR
E	W-12	15.718	0.31
E	W-14	9.739	0.20
N	W-1	12.13	0.50
N	W-13	13.273	0.25
N	W-2	18.116	0.00
N	W-4	18.442	0.76
N	W-9	19.346	0.52
S	W-10	15.288	0.15
S	W-11	17.663	0.15
S	W-6	16.864	0.94
W	W-3	27.461	0.00
W	W-5	24.108	0.29
W	W-7	20.758	0.73
W	W-8	20.727	0.73

Section RTTV

Wall Name	Section Name	RTTV (W/m^2)	WWR
R	R-2	35.745	0.00
RE	R-3	7.362	0.00
RN	R-1	2.594	0.00
RN	R-3	7.075	0.00
RN	R-4	3.687	0.00
RS	R-3	7.423	0.00
RW	R-3	7.317	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Opaque Components in Wall

Wall Name	Section Name	Component Name	Area (m^2)	Uw (W/m^2C)	DSH (kJ/m^2C)	Component Color	Solar Absorbtance	TDeq (C)	Q
E	W-12	C-1	16.76	1.456	81.06	Surface of pale color	0.5	7.501	183.044
E	W-12	C-4	3.28	3.003	458.4	Surface of dark color	0.9	12.02	118.395
E	W-14	C-2	10.7	0.842	1115.46	Surface of pale color	0.5	7.838	70.616
E	W-14	C-4	0.48	3.003	458.4	Surface of dark color	0.9	12.02	17.326
N	W-1	C-2	5.8	0.842	1115.46	Surface of pale color	0.5	6.395	31.231
N	W-1	C-4	0.46	3.003	458.4	Surface of dark color	0.9	9.37	12.944
N	W-13	C-1	2.57	1.456	81.06	Surface of pale color	0.5	6.154	23.028
N	W-13	C-4	0.48	3.003	458.4	Surface of dark color	0.9	9.37	13.506
N	W-2	C-3	3.83	3.472	147.84	Surface of pale color	0.5	6.226	82.792
N	W-2	C-4	0.46	3.003	458.4	Surface of dark color	0.9	9.37	12.944
N	W-2	C-5	2.19	1.6	104	Surface of pale color	0.5	6.18	21.655
N	W-4	C-3	2	3.472	147.84	Surface of pale color	0.5	6.226	43.233
N	W-4	C-4	0.23	3.003	458.4	Surface of dark color	0.9	9.37	6.472
N	W-9	C-3	1.91	3.472	147.84	Surface of pale color	0.5	6.226	41.288
R	R-2	CR-2	13.23	3.115	331.2	Surface of pale color	0.5	11.475	472.901
RE	R-3	CR-3	53.72	0.419	15.36	Surface of dark color	0.9	17.57	395.478
RN	R-1	CR-1	29.01	0.367	20.705	Reflective and white surface	0.3	7.067	75.24
RN	R-3	CR-3	53.72	0.419	15.36	Surface of dark color	0.9	16.886	380.082
RN	R-4	CR-4	42.77	0.503	231.145	Reflective and white surface	0.3	7.33	157.693
RS	R-3	CR-3	53.72	0.419	15.36	Surface of dark color	0.9	17.716	398.764
RW	R-3	CR-3	53.72	0.419	15.36	Surface of dark color	0.9	17.463	393.069
S	W-10	C-1	9.47	1.456	81.06	Surface of pale color	0.5	7.791	107.425

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

S	W-10	C-4	1.48	3.003	458.4	Surface of dark color	0.9	12.625	56.111
S	W-11	C-1	5.3	1.456	81.06	Surface of pale color	0.5	7.791	60.122
S	W-11	C-4	1.68	3.003	458.4	Surface of dark color	0.9	12.625	63.694
S	W-6	C-1	0.55	1.456	81.06	Surface of pale color	0.5	7.791	6.239
W	W-3	C-3	1.96	3.472	147.84	Surface of pale color	0.5	7.385	50.256
W	W-3	C-4	0.48	3.003	458.4	Surface of dark color	0.9	11.62	16.75
W	W-5	C-3	10.77	3.472	147.84	Surface of pale color	0.5	7.385	276.151
W	W-5	C-4	1.81	3.003	458.4	Surface of dark color	0.9	11.62	63.16
W	W-7	C-3	0.32	3.472	147.84	Surface of pale color	0.5	7.385	8.205
W	W-7	C-4	0.35	3.003	458.4	Surface of dark color	0.9	11.62	12.213
W	W-8	C-3	1.17	3.472	147.84	Surface of pale color	0.5	7.385	30
W	W-8	C-4	1.25	3.003	458.4	Surface of dark color	0.9	11.62	43.619

Transparent Components in Wall

Wall Name	Section Name	Component Name	Area (m^2)	Ut (W/m^2C)	Dt (C)	SHGC	SC	ESR (W/m^2)	Q
N	W-1	Ocean Green Float Glass 6	6.24	5.74	3	0.6	0	80.676	107.453
S	W-10	Ocean Green Float Glass 6	2	5.74	3	0.6	0	116.258	34.44
S	W-11	Ocean Green Float Glass 6	1.2	5.74	3	0.6	0	116.258	20.664
E	W-12	Ocean Green Float Glass 6	9.03	5.74	3	0.6	0	106.978	155.497
N	W-13	Ocean Green Float Glass 6	1	5.74	3	0.6	0	80.676	17.22
E	W-14	Ocean Green Float Glass 6	2.8	5.74	3	0.6	0	106.978	48.216
N	W-4	Ocean Green Float Glass 6	7.02	5.74	3	0.6	0	80.676	120.884
W	W-5	Ocean Green Float Glass 6	5.23	5.74	3	0.6	0	102.856	90.061
S	W-6	Ocean Green Float Glass 6	8.52	5.74	3	0.6	0	116.258	146.714
W	W-7	Ocean Green Float Glass 6	1.84	5.74	3	0.6	0	102.856	31.685
W	W-8	Ocean Green Float Glass 6	6.69	5.74	3	0.6	0	102.856	115.202

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

N	W-9	Ocean Green Float Glass 6	2.04	5.74	3	0.6	0	80.676	35.129

Lighting System by Floor

Zone Floor	Total Power	Total Area	Power Density
1	408.00 Watts	136.44 m^2	2.99 W/m^2

Lighting System by Zone

Zone Name	Zone Floor	Zone Area (m^2)	Power (W/Unit)	Quantity	Quantity in Daylighted Zone	Total Power (W)	Power Density (W/m^2)
Z-1	1	39.96	8.00	12	0	96.00	2.402
Z-2	1	68.24	36.00	8	0	288.00	4.22
Z-3	1	28.24	8.00	3	0	24.00	0.85

DX Air-Conditioning Unit

A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption	Performance	Compliance	Status
AC1	Split Type	13.00 kBtu/h (3.81 kWth)	1.17 kW	3.26 COP	3.22	Passed

Central Air-Conditioning System - Water Chiller Report

A/C System	Chiller Name	Equipment Type	Chiller Type	Quantity	Capacity	Power	Performance	Compliance	Status

Central Air-Conditioning System - Other Equipment Report

A/C System	Chiller Capacity (TR)	Total Power (kW)	Performance	Compliance	status

Central Air-Conditioning System - Equipment List

A/C System	Equipment Name	Equipment Type	Quantity	Capacity	Power	Performance	Absorption Compliance

PV System

System Name	Efficiency (%)	Module Area (m^2)	Azimuth Angle (degrees)	Inclination Angle (degrees)	Total Energy (kWh/y)

Hot Water System

System Name	Boiler Type	Boiler Efficiency (%)	Heat Pump Type	Heat Pump Efficiency (COP)	Boiler Compliance	Heat Pump Compliance

Definition

Name	Description
C-1	ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูนกรุกระเบื้องเซรามิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Building Energy Code

รายงานการประเมินอาคารโดยใช้โปรแกรม BEC

C-2	ผนังอิฐมอญฉาบปูนกรุกระเบื้องสองด้าน
C-3	ผนังอิฐมอญฉาบปูนกรุกระเบื้องด้านเดียว
Ocean Green Float Glas	
C-4	เสา-คาน
C-5	ประตู
CR-1	หลังคาเหล็ก
CR-2	หลังคาคอนกรีต
CR-3	หลังคากระเบื้องลอนคู่
CR-4	หลังคาเหล็กผสมคอนกรีต
W-1	Bedroom
W-2	Studio
W-3	Studio
W-4	Studio
W-5	Studio
W-6	Studio
W-7	Studio
W-8	Living
W-9	Living
W-10	Living
W-11	Living
W-12	Living
W-13	Living
W-14	Bedroom
R-1	หลังคาเหล็ก
R-2	หลังคาคอนกรีต
R-3	หลังคากระเบื้องลองคู่
R-4	หลังคาเหล็กผสมคอนกรีต
N	
E	
S	
W	
RN	
RE	
RS	
RW	
R	
Z-1	Studio
Z-2	Living Room
Z-3	Bedroom
COM-FLU	
FLU	
AC1	

.....

ผู้รับรองการประเมิน

หน้า 6 จาก 6

ภาพที่ 4.3 แสดงรายละเอียดการประเมินค่าการใช้พลังงานด้านต่างๆ ของอาคารตัวอย่าง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

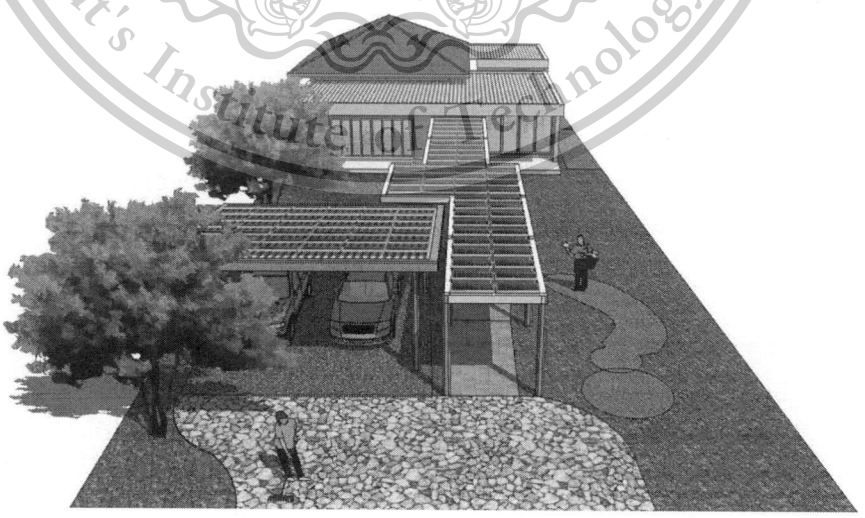
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 รูปแบบบ้านยั่งยืนในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

เหมาะกับรูปแบบบ้านที่มีการใช้พลังงานต่ำ ภายในบ้านควรมีอุณหภูมิอยู่ในเขตภาวะสบายมากที่สุด และมีอุณหภูมิภายในบ้านนอกเขตภาวะสบายน้อยที่สุด ทำให้การเปิดใช้เครื่องปรับอากาศน้อยที่สุด ใช้ภูมิอากาศและธรรมชาติแวดล้อมสร้างภาวะสบายแก่ผู้อยู่อาศัยให้มากที่สุด เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ การลงทุนติดตั้งแผงโซล่าเซลล์เพื่อผลิตไฟฟ้าก็ลดลงตามไปด้วย ทำให้ใช้พื้นที่ในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์น้อย โดยเฉพาะบ้านในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งมีราคาที่ดินสูง พื้นที่สำหรับติดแผงโซล่าเซลล์มีจำกัด ติดได้เฉพาะบนหลังคาบ้าน หากนำมาติดที่ลานโล่งในบ้านก็จะทำให้เสียความสวยงามและบรรยากาศที่ร่มรื่นของพรรณไม้ต่างๆ ที่ปลูกไว้เพื่อสร้างภาวะสบาย

บ้านตัวอย่างในเขตจตุจักรที่นำมาใช้ เป็นบ้านที่มีอุณหภูมิภายในบ้านอยู่ในภาวะสบายโดยธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ การคำนวณค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าเพื่อการใช้สอยที่จำเป็นดังกล่าวในบทที่ 3 ใช้แผงโซล่าเซลล์เพียง 30 แผง คิดเป็นพื้นที่ 15 ตารางเมตร (แผงโซล่าเซลล์ขนาด 1.00 x 2.00 ตารางเมตร) และใช้พลังงานทดแทนสำหรับแผงโซล่าเซลล์ทั้งสิ้น 5,788 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน แผงโซล่าเซลล์แผงหนึ่งผลิตไฟฟ้าได้ 200 วัตต์ ดังนั้นเมื่อนำมาติดตั้งบนพื้นที่หลังคาจอดรถ ก็เป็นจำนวนที่เพียงพอแล้ว และหากต้องใช้พลังงานทดแทนจากโซล่าเซลล์ทั้งหมด 20,400 W/m^2 หรือคิดเป็นจำนวนโซล่าเซลล์ทั้งหมด 102 แผง ก็สามารถใช้พลังงานเพื่อการเปิดเครื่องปรับอากาศในบางเวลาได้ด้วย และเมื่อประยุกต์ใช้กับแผงโซล่าเซลล์ระบบ Grid connect สามารถส่งคืนกระแสไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าได้ด้วย เมื่อไม่ได้ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมากเท่ากับที่แผงโซล่าเซลล์ผลิตได้ ซึ่งมีรูปแบบบ้านตัวอย่างหลังจากติดตั้งแผงโซล่าเซลล์จำนวน 102 แผง ดังภาพแสดงด้านล่าง



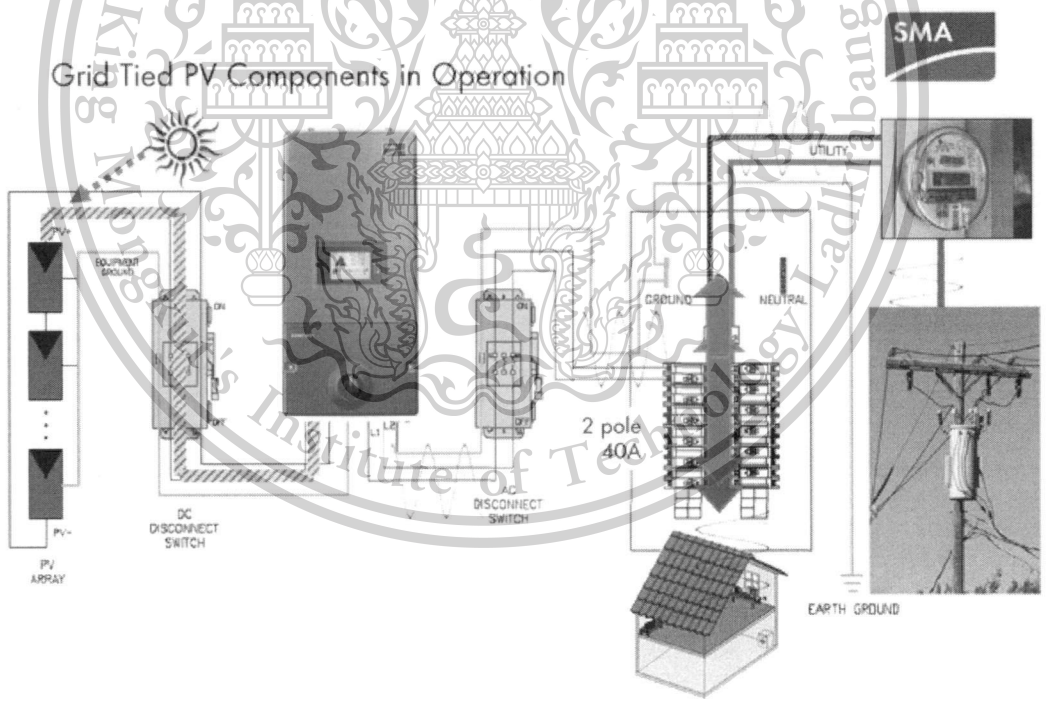
ภาพที่ 4.4 แสดงรูปแบบบ้านตัวอย่างชั้นเดียวที่ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์จำนวน 102 แผง บนหลังคาที่จอดรถยนต์และทางเดินแยกจากตัวบ้าน เพื่อผลิตไฟฟ้า 20,400 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาพที่ 4.5 ภาพแสดงบรรยากาศบ้านชั้นเดียวเมื่อติดแผงโซล่าเซลล์ 102 แผง

4.3 **แผงโซล่าเซลล์** Photovoltaic **บนหลังคา**

การออกแบบเลือกใช้ระบบ On Grid หรือ GridTied ตามข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายของการไฟฟ้าดังเอกสารที่แสดงในภาคผนวก และแผงโซล่าเซลล์เอียงทำมุม 15 องศากับทางทิศใต้



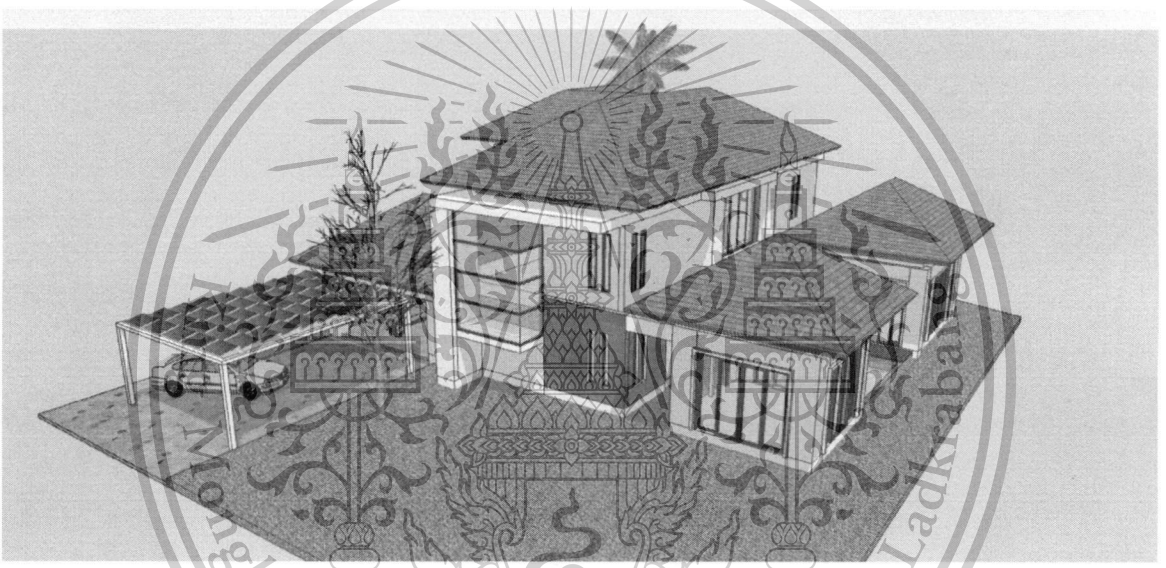
ภาพที่ 4.6 แสดงการเชื่อมต่อระบบเซลล์แสงอาทิตย์ตามข้อกำหนดของการไฟฟ้า เครื่องอินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์และเชื่อมต่อกับแผงวงจรไฟฟ้าของบ้าน (main distribution board)

ที่มา: บริษัท SMA Solar (Thailand) จำกัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4 แนวทางการออกแบบบ้านสองชั้นใช้โซล่าเซลล์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

โดยติดตั้งระบบ Photovoltaic บนหลังคาที่จอดรถ แยกแผงโซล่าเซลล์ออกจากหลังคาบ้าน การออกแบบบ้านใช้หลักเกณฑ์ให้มีลานโล่งภายในบ้าน เพื่อการระบายอากาศทางธรรมชาติ ลดการใช้เครื่องปรับอากาศลง ทำให้บ้านใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ ปลูกพืชพันธุ์ไม้โดยรอบเพื่อลดอุณหภูมิแวดล้อม (ambient temperature) วัสดุผนังและหลังคามีค่าการต้านทานความร้อนสูง ใช้ฉนวนกันความร้อนที่หลังคา อาคารหันทิศทางรับลมและหลบแดด เปิดช่องหน้าต่างทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้ ปลูกต้นไม้ที่ให้ร่มเงาแก่บ้านและมีผลเพื่อสร้างสมดุลแก่ระบบนิเวศ เช่น มะม่วง ชมพู่ ขนุน เป็นต้น ไม้ดอกได้แก่ ราชพฤกษ์ จำปี เป็นต้น พื้นที่โล่งรอบตัวอาคารควรมีมากกว่าร้อยละ 30 เพื่อการระบายอากาศและการสร้างภาวะสบายเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 4.7 ภาพแสดงแนวทางการออกแบบบ้านสองชั้นที่ใช้โซล่าเซลล์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่องรูปแบบบ้านยั่งยืนในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ได้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

5.1 รูปแบบบ้านพักอาศัย

บ้านพักอาศัยพลังงานต่ำ หมายถึง บ้านที่ผู้อยู่อาศัยใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอยู่อาศัยในปริมาณน้อย โดยใช้เครื่องปรับอากาศน้อย ดังนั้นถ้าลักษณะของบ้านมีการระบายอากาศที่ดีและสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในบ้านให้อยู่ในภาวะสบายได้ก็จะทำให้ผู้อาศัยใช้เครื่องปรับอากาศน้อยลง ทำให้การใช้ปริมาณไฟฟ้าลดลงไปด้วย และการติดตั้งระบบแผงโซล่าเซลล์ (Photovoltaic System) ก็จะใช้พื้นที่น้อย ซึ่งทำให้การออกแบบบ้านเพื่อใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นสิ่งที่มีความเหมาะสม ราคาค่าติดตั้งโซล่าเซลล์ก็อยู่ในงบประมาณต่ำที่ผู้ซื้อบ้านสามารถรองรับได้ จากการคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าในบทที่ 3 ทำให้เราทราบว่าบ้านที่ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำประมาณ 6,000 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน สามารถติดตั้งระบบแผงโซล่าเซลล์ได้ในพื้นที่ประมาณ 15 ตารางเมตร เมื่อแผงโซล่าเซลล์แผงหนึ่งมีขนาด 2 ตารางเมตร และผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 200 วัตต์ และการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาจะทำให้ไม่สิ้นเปลืองพื้นที่โล่งในบ้าน ซึ่งสงวนรักษาไว้เพื่อจัดสวนรายรอบบ้านให้ร่มรื่น สร้างภาวะสบายแก่ผู้อยู่อาศัย ตามแนวทางการใช้ธรรมชาติสร้างภูมิอากาศย่อยเพื่อลดอุณหภูมิแวดล้อม

ลักษณะสำคัญของบ้านพักอาศัยพลังงานต่ำที่ได้ใช้ในการศึกษาวิจัย เป็นบ้านชั้นเดียวในกรุงเทพมหานครที่มีลานโล่งภายใน ช่วยสร้างการระบายอากาศภายในบ้าน และใช้การจัดสวนพันธุ์ไม้ต่างๆ เพื่อสร้างภูมิอากาศย่อยดังกล่าว ดังนั้นจึงได้ใช้แนวทางจากบ้านตัวอย่างในการสร้างแนวทางการออกแบบบ้านยั่งยืนในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

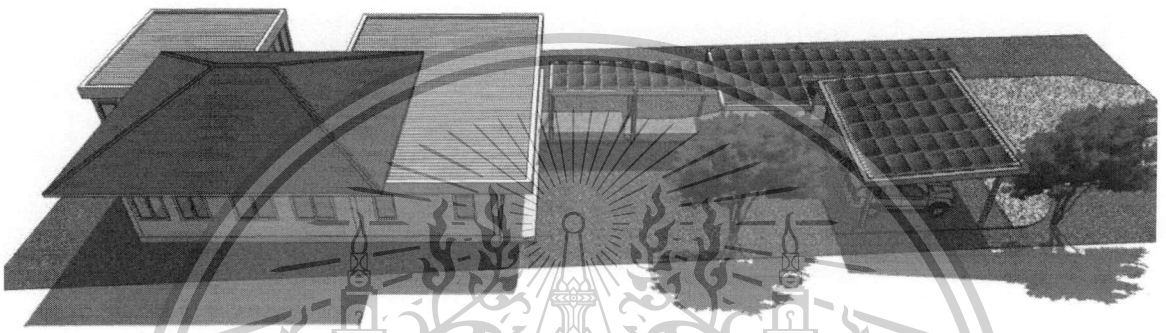
5.2 รูปแบบการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้กับบ้านพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร

ควรเป็นระบบ Grid tied หรือ ระบบผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกริด (ต่อเข้าระบบจำหน่าย) (Grid-connected system) โดยระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้าระบบจำหน่าย (ระบบเชื่อมต่อกริด) ติดตั้งที่บ้านของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งระบบเชื่อมต่อแบบกริดที่ไม่มีแบตเตอรี่เก็บไฟฟ้าจะถูกกว่าระบบที่มีแบตเตอรี่เก็บไฟฟ้า สำหรับประเทศไทยมีแนวโน้มอัตราการติดตั้งในระบบเชื่อมต่อแบบกริดสูงมากเช่นเดียวกับประเทศอื่นๆ ทั่วโลก

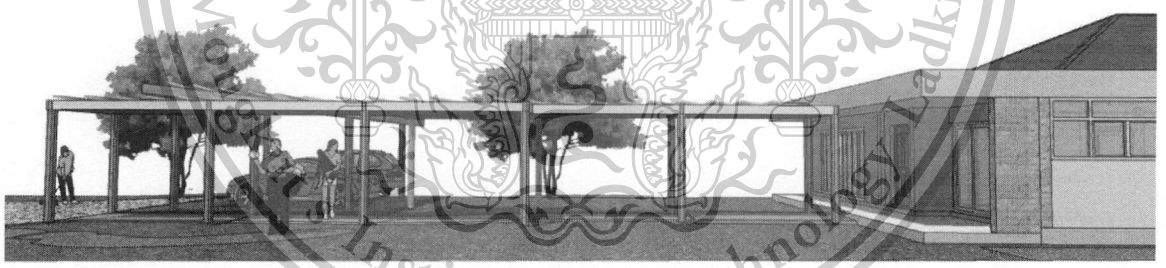
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.3 ขนาดการใช้กำลังไฟฟ้าภายในบ้านที่ใช้พลังงานต่ำ

จะทำให้ผู้อยู่อาศัยประหยัดไฟฟ้าด้านการใช้ดวงโคมส่องสว่างในเวลากลางวันและการใช้เครื่องปรับอากาศ เนื่องจากบ้านที่มีลานโล่งภายในจะช่วยส่งเสริมให้การระบายอากาศภายในบ้านเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ภายในบ้านจึงอยู่ในภาวะสบายในช่วงเวลาต่างๆ สำหรับฤดูร้อนที่อุณหภูมิสูงเกินเขตภาวะสบายสามารถเปิดพัดลมช่วยลดอุณหภูมิได้ หรือเปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลานี้ก็ยังทำให้บ้านใช้พลังงานต่ำ ลดค่าใช้จ่ายจากการซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าซึ่งใช้พลังงานฟอสซิล บ้านสามารถผลิตพลังงานสะอาดได้เองและลดค่าใช้จ่ายของกระแสไฟฟ้าหลักลง



ภาพที่ 5.1 แสดงแบบบ้านยั่งยืนในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 5.2 แสดงการใช้ลานโล่งเพื่อการระบายอากาศทางธรรมชาติของบ้านพลังงานต่ำ พร้อมติดระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาทางเดินและโรงรถเชื่อมต่อกับตัวบ้าน

5.4 การใช้ภูมิสถาปัตย์ผสานกับกายภาพของบ้าน

ทำให้ผู้อยู่อาศัยมีความสบาย สุขภาพแข็งแรง จิตใจแจ่มใส และส่งเสริมระบบนิเวศทางธรรมชาติ เนื่องจากแบบบ้านตัวอย่างได้ปลูกต้นไม้หลากหลายชนิด ซึ่งแตกต่างจากการจัดสวนทั่วไป ความหลากหลายของพันธุ์ไม้ ซึ่งมีทั้งไม้เลื้อย ไม้ยืนต้นที่ให้ผล ไม้ดอกไม้ประดับ และไม้พุ่มกลิ่นหอม ทำให้เกิดการผ่อนคลายเป็นธรรมชาติ เป็นแหล่งอาหารของนกและกระรอก ส่งเสริมระบบนิเวศในเมือง ไม้ยืนต้นที่ให้ผล ได้แก่ ต้นมะม่วงปลูกเป็นแนวบังแดดทางทิศตะวันตกและตะวันออก สลับกับต้นจำปีซึ่งให้กลิ่นหอม ไม้พุ่มสูง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประมาณ 2.00 เมตร ปลูกทางทิศเหนือลดความร้อนในเวลากลางวัน ทิศใต้มีไม้ยืนต้นให้ผลได้แก่ ขนุน กล้วย และชมพู่ ไม้พุ่มได้แก่ ต้นโมกข์ ชบา และไม้คลุมดินให้ดอกได้แก่ ดอกมะลิ พุดซ้อน ดอกเข็มสีต่างๆ เป็นต้น การผสานไม้พันธุ์ต่างๆ ซึ่งให้กลิ่นหอมแบบไม้ไทย และสีสันของดอกไม้พุ่มชนิดต่างๆ ทำให้เกิดความสดชื่นและรื่นรมย์เมื่อเดินเข้ามาสู่ตัวบ้าน ในฤดูร้อนต้นไม้เหล่านี้ทำหน้าที่อย่างแข็งขันในการปกป้องความร้อนจากแสงอาทิตย์ และกรองความจ้าของแสงที่แผดแรงในเวลากลางวัน นอกจากนี้ยังมีไม้ที่ให้ผลอื่นๆ เช่น มะพร้าว กล้วย มะละกอ และดอกแค เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ล้วนสร้างบรรยากาศแบบบ้านสวน ซึ่งเปรียบเสมือนปอดเล็กๆ ของเมืองหลวงที่หนาแน่นไปด้วยสิ่งก่อสร้างที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก

ภาพที่ 5.3 แสดงพันธุ์ไม้ชนิดต่างๆ ที่รายรอบบ้าน และไม้พุ่มเรียงรายสู่ทางเข้าบ้าน ส่งกลิ่นหอมทั้งกลางวันและกลางคืน มักเป็นไม้พื้นถิ่นของไทย เช่น มะลิ บุหงาส่าหรี โมกข์ แก้ว พุดซ้อน เป็นต้น

ภาพที่ 5.4 พบนกหลายชนิดภายในสวนรอบบ้าน ตามภาพเป็นนกปรอดหน้านวลที่มาสร้างรังในบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาพที่ 5.5 นกเขาใหญ่มาหากินอยู่ในสวน

ภาพที่ 5.6 ไม้คลุมดินให้สีสันสดชื่น รายรอบบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

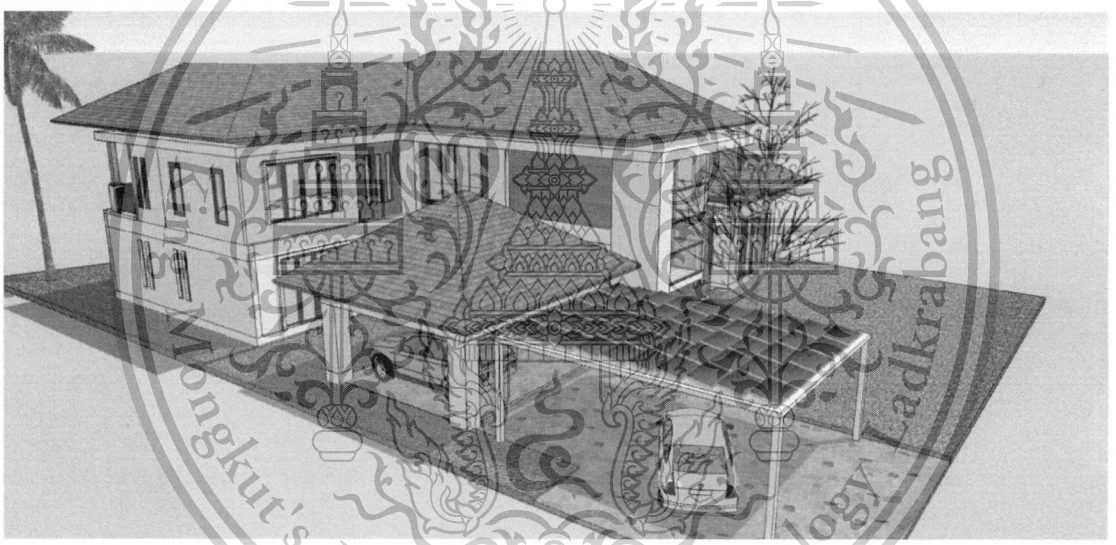
ภาพที่ 5.7 ลานโล่งภายในบ้าน พันธุ์ไม้นานาชนิด ไม้ยืนต้นและดอกไม้หลากสี
ช่วยให้เกิดความผ่อนคลายแก่ผู้อยู่อาศัย

5.5 **ข้อเสนอแนะ**

บ้านในเขตกรุงเทพมหานครมักมีพื้นที่ดินขนาดเล็กประมาณ 60 ตารางวา การทำบ้านชั้นเดียวอาจจะทำให้มีพื้นที่โล่งเหลือน้อย ดังนั้นการทำบ้านสองชั้นอาจจะเป็นที่นิยมกว่า จึงขอนำเสนอรูปบ้านสองชั้นซึ่งมีลานโล่งภายใน ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ที่บนหลังคาที่จอดรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาพที่ 5.8 แสดงบ้านสองชั้นใช้แผงโซล่าเซลล์ที่หลังคาที่จอดรถ



ภาพที่ 5.9 แสดงการใช้ลานโล่งของบ้านสองชั้นเพื่อให้เกิดการระบายอากาศทางธรรมชาติ

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. ***วิกฤตการณ์น้ำท่วมประเทศไทย ปี 2554.*** กรุงเทพฯ : บริษัทโฟกัสมีเดีย แอนด์ พับบลิชชิ่ง จำกัด. 2537.

นภัทร วัจนเทพินทร์. ***การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตนเอง.*** ปทุมธานี : สกายบุ๊คส์. 2554.

วรนุช แจ้งสว่าง. ***พลังงานหมุนเวียน.*** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2551.

Hastings R. S., Wall Maria, editors. *Sustainable Solar Housing.* London : Earthscan. 2007.

Noppawan Tanpipat. "Framework for Deployment," *Thailand PV Status Report*, 11-23. 2011.

Roulet Claude-Alain. *Ventilation and Airflow in Buildings.* London : Earthscan. 2008.

Szokolay S. V. *Introduction to Architectural Science.* Amsterdam : Elsevier. 2004.

Yudelson J. *Green Building A to Z.* 3rd ed. Gabriola Island : New society publishers. 2009.

ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. ***"แผนที่พลังงานแสงอาทิตย์"***. จาก http://www2.dede.go.th/renew/sola/mapmenu.html (10 April 2013)

ชาย ชีวะเกตุ. จาก Energy Policy and Planning Office: http://www.eppo.go.th/vrs/VRS49-09-Solar.html (12 April 2013)

มหาวิทยาลัยนเรศวร. ***"School of Renewable Energy Technology"***. จาก http://www.sert.nu.ac.th/RE_applications/ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์.pdf (12 April 2013)

ภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. ***"เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)"***. จาก mutphysics: http://www.rmutphysics.com/charud/virtualexperiment/virtual2/ solar-cell/index.html (12 April 2013)

สารานุกรมไทยสาหรับเยาวชน. จาก http://kanchanapisek.or.th/kp6/New/sub/book/book. php? book =20&chap=6&page=chap6.htm (12 April 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

123 Hello!!!. จาก eduzone: http://blog.eduzones.com/tenny/3456 (12 April 2013)

Kanha Solar Power. ***"ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย"***. จากhttp://www.kanhasolar.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539452491&Ntype=4 (12 April 2013)

Leonics. จาก http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php (12 April 2013)

Wikipedia. ***"เซลล์แสงอาทิตย์"***. จาก http://th.wikipedia.org/wiki/เซลล์แสงอาทิตย์ (16 April 2013)

Wikipedia. ***"พลังงานแสงอาทิตย์"***. จาก http://th.wikipedia.org/wiki/พลังงานแสงอาทิตย์ (12 April 2013)

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ก

เอกสารแนบท้ายประกาศหมายเลข ๖.๑

ข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) จะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าของ กฟน. ซึ่งแบ่งเป็น ๔ ส่วนดังนี้

ส่วนที่ ๑ : ข้อกำหนดสำหรับอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าประเภทเชื่อมต่อกับโครงข่าย

อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ใน Solar PV Rooftop จะต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตาม "ข้อกำหนดสำหรับอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าประเภทเชื่อมต่อกับโครงข่าย" และต้องมีรายงานผลการทดสอบที่แสดงว่าอินเวอร์เตอร์มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดฯ โดยรายงานผลการทดสอบต้องออกโดยหน่วยงานหรือสถาบันทดสอบที่เป็นกลางและได้รับการรับรองตามมาตรฐานห้องทดสอบจาก ISO/IEC 17025 (สำหรับอินเวอร์เตอร์) หรือได้รับการตรวจสอบและยอมรับจากการไฟฟ้านครหลวง

ส่วนที่ ๒ : ข้อจำกัดขนาดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

ขนาดกำลังผลิตติดตั้งของ Solar PV Rooftop ที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ต้องเป็นไปตาม "ข้อจำกัดขนาดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา"

ส่วนที่ ๓ : รูปแบบการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า

มาตรฐานรูปแบบการเชื่อมต่อรวมทั้งการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่การไฟฟ้านครหลวงกำหนด โดยการไฟฟ้านครหลวงขอสงวนสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเชื่อมต่อและการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าตามความเหมาะสม เพื่อความปลอดภัย ความเชื่อถือได้ของระบบโครงข่ายไฟฟ้า ซึ่งผู้ผลิตไฟฟ้า Solar PV Rooftop จะต้องยอมรับและปฏิบัติตาม

ส่วนที่ ๔ : คุณสมบัติเครื่องตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า

เพื่อให้สามารถตรวจสอบและควบคุมระดับคุณภาพไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งมากกว่า ๒๕๐ กิโลวัตต์ต้องจัดหาและติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า (Power Quality Meter) ที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนดของการไฟฟ้านครหลวง ณ ตำแหน่งจุดเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า

คุณสมบัติและเงื่อนไขอื่นๆในการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของ Solar PV Rooftop ให้เป็นไปตามระเบียบการไฟฟ้านครหลวงว่าด้วยระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. ๒๕๕๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ส่วนที่ ๑
ข้อกำหนดสำหรับอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าประเภทเชื่อมต่อกับโครงข่ายของการไฟฟ้านครหลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

๑. ขอบเขตและวัตถุประสงค์ ๓

๒. นิยามคำศัพท์ ๔

๓. ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับอินเวอร์เตอร์ ๕

๓.๑ การควบคุมคุณภาพไฟฟ้า ๕

๓.๒ การตอบสนองต่อระบบไฟฟ้า ๕

๔. แนวทางการทดสอบอินเวอร์เตอร์ ๗

๔.๑ สถาบันหรือหน่วยงานที่ทดสอบ ๗

๔.๒ ประเภทของการทดสอบ ๗

๔.๓ วิธีการทดสอบและเกณฑ์การประเมิน ๗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

๑. ขอบเขตและวัตถุประสงค์

ข้อกำหนดฯฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อกำหนดเงื่อนไขทางเทคนิคในการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าและแนวทางในการทดสอบสำหรับอินเวอร์เตอร์ (Grid-connected Inverter) ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าของผู้เชื่อมต่อไม่ว่าจะเป็น ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) หรือผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อขนานกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมผลกระทบจากการทำงานของอินเวอร์เตอร์เหล่านี้ที่อาจมีต่อระบบไฟฟ้าทั้งในด้านคุณภาพไฟฟ้าและความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน

ข้อกำหนดฯฉบับนี้ประยุกต์ใช้กับอินเวอร์เตอร์ของผู้เชื่อมต่อทุกประเภท หากว่าอินเวอร์เตอร์นั้นออกแบบให้ในการทำงานเชื่อมต่อกับระบบแรงต่ำ (๒๓๐/๔๐๐ V) โดยอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าของผู้เชื่อมต่อจะต้องผ่านการทดสอบและมีคุณสมบัติทางด้านเทคนิคตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดฯฉบับนี้ จึงจะอนุญาตให้เชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงได้

การจัดทำข้อกำหนดฉบับนี้ได้อ้างอิงเนื้อหาจากมาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้องกับ Grid-connected Inverter ทั้งในส่วนการกำหนดเงื่อนไขการเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า และการกำหนดแนวทางในการทดสอบอินเวอร์เตอร์ โดยการอ้างอิงเนื้อหาจากมาตรฐานสากลข้างต้นยึดหลักดังต่อไปนี้

- ในประเด็นที่มาตรฐานอ้างอิงข้างต้นมีการกำหนดไว้ชัดเจนครบถ้วนแล้วก็จะยกมาใช้อ้างอิงเลย
- กรณีที่ในประเด็นเดียวกันแต่ในแต่ละมาตรฐานมีการกำหนดเนื้อหารายละเอียดไว้แตกต่างกัน จะพิจารณาเลือกใช้เนื้อหาตามมาตรฐานที่มีความเหมาะสมกับการนำมาใช้ในระบบของการไฟฟ้านครหลวงมากกว่า
- หากในประเด็นใดที่เนื้อในมาตรฐานอ้างอิงไม่สอดคล้องกับการทำงานของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง จะพิจารณาปรับแก้เนื้อหาให้สอดคล้องกับการทำงานของระบบไฟฟ้า

มาตรฐานสากลเหล่านี้ได้แก่ IEC 61727-2004, IEC 62116-2008, IEEE 1547-2003, IEEE 1547.1-2005 และ AS 4777.3-2005 ดังนั้นมาตรฐานอ้างอิงข้างต้นถือเป็นส่วนหนึ่งของข้อกำหนดฯฉบับนี้ ประเด็นใดในข้อกำหนดฯที่ไม่ได้ระบุรายละเอียดไว้ให้อ้างอิงเนื้อหาตามมาตรฐานสากลเหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

๒. นิยามคำศัพท์

๒.๑ อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์หรือแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงอื่นๆไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ซึ่งมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้งานต่อโดยการไฟฟ้าได้

๒.๒ อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าประเภทเชื่อมต่อกับโครงข่าย (Grid-connected Inverter)

อินเวอร์เตอร์ชนิดที่จะต้องหยุดจ่ายพลังงานเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า เมื่อแรงดันและ/หรือความถี่ไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ามีค่าไม่อยู่ในช่วงการทำงานปกติตามที่กำหนดไว้ หรือเมื่อเกิดสภาวะไอส์แลนดิ่งขึ้น

๒.๓ ฮาร์มอนิก (Harmonic)

ส่วนประกอบในรูปสัญญาณคลื่นไซน์ (Sine Wave) ของสัญญาณหรือปริมาณเป็นคาบใดๆ ซึ่งมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่หลักมูล (Fundamental Frequency) สำหรับระบบไฟฟ้าในประเทศไทยความถี่หลักมูลมีค่าเท่ากับ ๕๐ Hz ดังนั้น ส่วนประกอบที่มีความถี่เป็น ๑๐๐ Hz เรียกว่า ฮาร์มอนิกที่ ๒ (Second Harmonic) ส่วนประกอบที่มีความถี่เป็น ๑๕๐ Hz เรียกว่า ฮาร์มอนิกที่ ๓ (Third Harmonic)

๒.๔ ความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวม (Total Harmonic Current Distortion, THDi)

อัตราส่วนระหว่างค่ารากที่สองของผลบวกกำลังสอง (Root-Sum-Square) ของค่ากระแส RMS ของส่วนประกอบฮาร์มอนิก (Harmonic Component) กับค่ากระแส RMS ของส่วนประกอบความถี่หลักมูล (Fundamental Component) เทียบเป็นร้อยละ

$$\text{THDi (\%)} = \frac{\sqrt{I_2^2+I_3^2+I_4^2+\cdots\cdots}}{I_1} \times ๑๐๐$$

๒.๕ แรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation or Flicker)

การเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องของค่า RMS (หรือค่า Peak) ของแรงดันไฟฟ้า ระหว่างค่าระดับแรงดัน ๒ ระดับใกล้กัน ซึ่งแต่ละระดับมีค่าคงที่ในระยะเวลาที่แน่นอนแต่ไม่กำหนดช่วงระยะเวลา

๒.๖ ไอส์แลนดิ่ง (Islanding)

สภาวะซึ่งส่วนหนึ่งของระบบโครงข่ายไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยโหลดและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังคงทำงานต่อเนื่องและแยกตัวออกจากส่วนที่เหลือของระบบโครงข่ายไฟฟ้า โหลดและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอาจเป็นการรวมกันระหว่างทรัพย์สินของการไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

๓. ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับอินเวอร์เตอร์

๓.๑ การควบคุมคุณภาพไฟฟ้า

๓.๑.๑ ฮาร์มอนิก

เมื่ออินเวอร์เตอร์จ่ายไฟให้โหลดเชิงเส้นที่สมดุล (Balanced Linear Load) อินเวอร์เตอร์จะต้องไม่สร้างกระแสฮาร์มอนิกจ่ายเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าเกินขีดจำกัดดังต่อไปนี้ (แสดงค่าเป็นร้อยละเทียบกับกระแสพิกัดของอินเวอร์เตอร์)

อันดับคี่	ขีดจำกัดกระแส (%)	อับดับคู่	ขีดจำกัดกระแส (%)
๓ - ๙	๔.๐	๒ - ๑๐	๑.๐
๑๑ - ๑๕	๒.๐	๑๒ - ๑๖	๐.๕
๑๗ - ๒๑	๑.๕	๑๘ - ๒๒	๐.๓๗๕
๒๓ - ๓๓	๐.๖	๒๔ - ๓๔	๐.๑๕
≥ ๓๕	๐.๓	≥ ๓๖	๐.๐๗๕
ความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวม (THDi) ๕.๐ %			

๓.๑.๒ แรงดันกระเพื่อม

อินเวอร์เตอร์จะต้องไม่ก่อให้เกิดแรงดันกระเพื่อมเกินขีดจำกัดที่กำหนดไว้ตามมาตรฐาน IEC 61000-3-3 (2008) สำหรับอินเวอร์เตอร์ที่มีกระแสพิกัดไม่เกิน ๑๖ A หรือมาตรฐาน IEC 61000-3-5 (2009) สำหรับอินเวอร์เตอร์ที่มีกระแสพิกัดเกินกว่า ๗๕ A หรือมาตรฐาน IEC 61000-3-11 (2000) สำหรับอินเวอร์เตอร์ที่มีกระแสพิกัดไม่เกิน ๗๕ A

๓.๑.๓ การจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

อินเวอร์เตอร์จะต้องไม่สร้างไฟฟ้ากระแสตรง (DC Injection) จ่ายเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าเกินกว่า ๐.๕ % ของกระแสพิกัดของอินเวอร์เตอร์

๓.๒ การตอบสนองต่อระบบไฟฟ้า

๓.๒.๑ ช่วงแรงดันทำงาน

อินเวอร์เตอร์จะต้องปลดวงจรออกจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า หากขนาดของแรงดัน Line to Line หรือ Line to Neutral ในระบบโครงข่ายไฟฟ้ามีค่าออกนอกช่วง ๓๔๖ - ๔๑๖ V และ ๒๐๐ - ๒๔๐ V ตามลำดับ ในระยะเวลาดังนี้

ช่วงแรงดัน (โวลต์)		เวลาในการปลดวงจรสูงสุด (วินาที)
Line to Line	Line to Neutral	
V < ๑๙๙	V < ๑๑๕	๐.๑
๑๙๙ ≤ V < ๓๔๖	๑๑๕ ≤ V < ๒๐๐	๒.๐
๓๔๖ ≤ V ≤ ๔๑๖	๒๐๐ ≤ V ≤ ๒๔๐	ทำงานต่อเนื่อง (ไม่ปลดวงจร)
๔๑๖ < V < ๕๓๙	๒๔๐ < V < ๓๑๑	๒.๐
V ≥ ๕๓๙	V ≥ ๓๑๑	๐.๐๕

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

๓.๒.๒ ช่วงความถี่ทำงาน

อินเวอร์เตอร์จะต้องปลดวงจรออกจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าภายในเวลาไม่เกิน ๐.๑ วินาที หากความถี่ของระบบโครงข่ายไฟฟ้าไม่อยู่ในช่วง ๔๙ - ๕๑ Hz

๓.๒.๓ การป้องกันสภาวะไอส์แลนดิ่ง

ในกรณีที่เกิดสภาวะไอส์แลนดิ่ง อินเวอร์เตอร์จะต้องตรวจพบและปลดวงจรออกจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าภายในเวลาไม่เกิน ๒ วินาที

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการไฟฟ้านครหลวงมีการติดตั้งระบบสับเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟโดยอัตโนมัติเมื่อระบบจ่ายไฟฟ้าขัดข้อง เพื่อลดระยะเวลาการเกิดไฟฟ้าดับและผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้า โดยขณะที่ระบบข้างต้นทำงานผู้ใช้ไฟฟ้าจะประสบเหตุการณ์ไฟฟ้าดับเป็นเวลาประมาณ ๐.๓ วินาที นั่นคืออินเวอร์เตอร์จะประสบกับสภาวะไอส์แลนดิ่งเป็นเวลา ๐.๓ วินาทีเช่นกัน

หลังจากผ่านไป ๐.๓ วินาที เมื่อระบบการไฟฟ้าจ่ายแรงดันกลับคืนมา หากอินเวอร์เตอร์ไม่ปลดวงจรออกไปภายในช่วงเวลาดังกล่าว อาจเกิดปัญหา Out of Synchronization คือแรงดันที่จ่ายจากอินเวอร์เตอร์มีมุมเฟสแตกต่างจากแรงดันที่จ่ายจากระบบการไฟฟ้า ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดแรงดันกระชากสร้างความเสียหายกับอินเวอร์เตอร์และอุปกรณ์อื่นๆในระบบไฟฟ้าได้

ดังนั้นเมื่อเกิดสภาวะไอส์แลนดิ่ง หากอินเวอร์เตอร์ของผู้เชื่อมต่อไม่ปลดวงจรออกจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าภายในเวลา ๐.๓ วินาที และก่อให้เกิดความเสียหายกับระบบไฟฟ้าของผู้เชื่อมต่อหรือระบบของการไฟฟ้านครหลวงเนื่องจากปัญหา Out of Synchronization ผู้เชื่อมต่อต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้น

๓.๒.๔ การเชื่อมต่อหลังไฟฟ้ากลับคืน

ภายหลังจากที่อินเวอร์เตอร์ปลดวงจร เนื่องจากเกิดไฟฟ้าดับหรือแรงดัน/ความถี่ไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด และเมื่อระบบโครงข่ายไฟฟ้ากลับเข้าสู่สภาวะปกติแล้วอินเวอร์เตอร์จะต้องหน่วงเวลาการเชื่อมต่อกลับเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าเป็นเวลาอย่างน้อย ๒ นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

๔. แนวทางการทดสอบอินเวอร์เตอร์

๔.๑ สถาบันหรือหน่วยงานที่ทดสอบ

อินเวอร์เตอร์จะต้องผ่านการทดสอบโดยหน่วยงานหรือสถาบันทดสอบที่เป็นกลาง และได้รับการรับรองตามมาตรฐานห้องทดสอบจาก ISO/IEC 17025 (สำหรับอินเวอร์เตอร์) หรือได้รับการตรวจสอบและยอมรับจากการไฟฟ้านครหลวง

๔.๒ ประเภทของการทดสอบ

๔.๒.๑ การทดสอบการออกแบบ (Design Test)

เป็นการทดสอบกับอินเวอร์เตอร์เพียงตัวเดียวที่เป็นตัวแทนของรุ่น เพื่อยืนยันว่าอินเวอร์เตอร์รุ่นที่จะนำมาติดตั้งใช้งานมีการออกแบบที่เหมาะสมสอดคล้องตามข้อกำหนดทั้งในด้านการควบคุมคุณภาพไฟฟ้าและการตอบสนองต่อระบบไฟฟ้า อินเวอร์เตอร์รุ่นที่เคยผ่านการทดสอบการออกแบบแล้วไม่จำเป็นต้องทำการทดสอบการออกแบบซ้ำอีก

การทดสอบการออกแบบต้องดำเนินการในทุกหัวข้อการทดสอบคือ ฮาร์มอนิก แรงดันกระเพื่อม การจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ช่วงแรงดันทำงาน ช่วงความถี่ทำงาน การป้องกันการเกิดไอส์แลนดิ่ง และการเชื่อมต่อหลังไฟฟ้ากลับคืน และต้องผ่านการทดสอบโดยสถาบันที่มีคุณสมบัติตามข้อ ๔.๑ เท่านั้น

๔.๒.๒ การทดสอบประจำเครื่อง (Routine Test)

เป็นการทดสอบที่ต้องดำเนินการกับอินเวอร์เตอร์ทุกเครื่องที่จะนำไปติดตั้งใช้งาน เพื่อให้เกิดความมั่นใจในความปลอดภัยสูงสุดและป้องกันผลเสียที่อาจมีต่อระบบไฟฟ้า หัวข้อทดสอบที่ต้องทำการทดสอบประจำเครื่องคือ ช่วงแรงดันทำงาน ช่วงความถี่ทำงาน และการป้องกันการเกิดไอส์แลนดิ่ง

การทดสอบประจำเครื่องสามารถดำเนินการโดยสถาบันที่มีคุณสมบัติตามข้อ ๔.๑ หรือห้องทดสอบของผู้ผลิตอินเวอร์เตอร์ซึ่งได้รับการตรวจสอบและยอมรับจากการไฟฟ้านครหลวง

๔.๓ วิธีการทดสอบและเกณฑ์การประเมิน

๔.๓.๑ การทดสอบฮาร์มอนิก

เป็นการทดสอบประเภท Design Test โดยให้อ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบและเกณฑ์การประเมินตามมาตรฐาน IEEE 1547.1-2005 ข้อ ๕.๑๑.๑ ซึ่งกำหนดให้ทดสอบวัดค่ากระแสฮาร์มอนิกเมื่ออินเวอร์เตอร์ทำงานที่ ๓๓% ๖๖% และ ๑๐๐% ของพิกัดกระแส

๔.๓.๒ การทดสอบแรงดันกระเพื่อม

เป็นการทดสอบประเภท Design Test โดยให้อ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบและเกณฑ์การประเมินตามมาตรฐาน IEC 61000-3-3 (2008) สำหรับอินเวอร์เตอร์ที่มีกระแสพิกัดไม่เกิน ๑๖ A หรือมาตรฐาน IEC 61000-3-5 (2009) สำหรับอินเวอร์เตอร์ที่มีกระแสพิกัดเกินกว่า ๗๕ A หรือมาตรฐาน IEC 61000-3-11 (2000) สำหรับอินเวอร์เตอร์ที่มีกระแสพิกัดไม่เกิน ๗๕ A

๔.๓.๓ การทดสอบการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

เป็นการทดสอบประเภท Design Test โดยให้อ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบและเกณฑ์การประเมินตามมาตรฐาน IEEE 1547.1-2005 ข้อ ๕.๖ ซึ่งกำหนดให้ทดสอบวัดค่ากระแสตรงเมื่ออินเวอร์เตอร์ทำงานที่ ๓๓% ๖๖% และ ๑๐๐% ของพิกัดกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

๔.๓.๔ การทดสอบช่วงแรงดันทำงาน

(๑) Design Test

๑.๑) ขั้นตอนวิธีการทดสอบ

การทดสอบแบ่งเป็น ๒ ส่วน คือ Overvoltage และ Undervoltage ดังนี้

หัวข้อทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	วิธีการทดสอบ
Over-voltage	๕ x m_1 x n	(๑) ติดตั้งชุดอินเวอร์เตอร์ตามคู่มือการติดตั้งและข้อกำหนดจากผู้ผลิต (๒) ตั้งค่าการทำงานของแหล่งจ่ายไฟฟ้าทั้งหมดที่เงื่อนไขการทำงานปกติของชุดอินเวอร์เตอร์ (๓) ตั้งค่า Overvoltage Trip Setting ของชุดอินเวอร์เตอร์ที่ค่าแรงดันทดสอบ (ดูหมายเหตุ, m_1) และตั้งค่า Setting การทำงานอื่นๆของชุดอินเวอร์เตอร์ที่ค่าการทำงานปกติ (๔) ปรับแรงดันทดสอบเพิ่มขึ้นแบบทันทีทันใด โดยให้มีค่าเท่ากับ Overvoltage Trip Setting + ๑ V และคงไว้จนกระทั่งอินเวอร์เตอร์หยุดจ่ายไฟเข้าระบบ (๕) บันทึกค่าระยะเวลาที่อินเวอร์เตอร์หยุดจ่ายไฟเข้าระบบ (๖) ในกรณีอินเวอร์เตอร์ ๓ เฟส ให้ทำการทดสอบทีละเฟสจนครบ ๓ เฟส และทดสอบทั้ง ๓ เฟสพร้อมกันอีกครั้ง โดยขณะทำการทดสอบในเฟสใด แรงดันในเฟสที่เหลือให้ตั้งค่าที่ระดับการทำงานปกติ
Under-voltage	๕ x m_2 x n	(๑) ติดตั้งชุดอินเวอร์เตอร์ตามคู่มือการติดตั้งและข้อกำหนดจากผู้ผลิต (๒) ตั้งค่าการทำงานของแหล่งจ่ายไฟฟ้าทั้งหมดที่เงื่อนไขการทำงานปกติของชุดอินเวอร์เตอร์ (๓) ตั้งค่า Undervoltage Trip Setting ของชุดอินเวอร์เตอร์ที่ค่าแรงดันทดสอบ (ดูหมายเหตุ, m_2) และตั้งค่า Setting การทำงานอื่นๆของชุดอินเวอร์เตอร์ที่ค่าการทำงานปกติ (๔) ปรับแรงดันทดสอบลดลงแบบทันทีทันใด โดยให้มีค่าเท่ากับ Undervoltage Trip Setting – ๑ V และคงไว้จนกระทั่งอินเวอร์เตอร์หยุดจ่ายไฟเข้าระบบ (๕) บันทึกค่าระยะเวลาที่อินเวอร์เตอร์หยุดจ่ายไฟเข้าระบบ (๖) ในกรณีอินเวอร์เตอร์ ๓ เฟส ให้ทำการทดสอบทีละเฟสจนครบ ๓ เฟส และทดสอบทั้ง ๓ เฟสพร้อมกันอีกครั้ง โดยขณะทำการทดสอบในเฟสใด แรงดันในเฟสที่เหลือให้ตั้งค่าที่ระดับการทำงานปกติ

หมายเหตุ :
m_1 คือ จำนวนแรงดันสูงเกินที่ต้องทดสอบ ๒ ครั้ง คือที่ ๒๔๑ V และที่ ๓๑๑ V *
m_2 คือ จำนวนแรงดันต่ำเกินที่ต้องทดสอบ ๒ ครั้ง คือที่ ๑๙๙ V และที่ ๑๑๔ V *
n คือ จำนวนครั้งที่ต้องทดสอบเพิ่มเติมในกรณีที่อินเวอร์เตอร์เป็นชนิด ๓ เฟส โดยทดสอบทีละเฟสและทดสอบทั้ง ๓ เฟสพร้อมกัน
* กรณีที่อินเวอร์เตอร์ไม่สามารถปรับ Overvoltage Trip Setting และ/หรือ Undervoltage Trip Setting ได้ถึง ๓๑๑ V และ/หรือ ๑๑๔ V ตามลำดับ ให้ปรับ Overvoltage Trip Setting และ/หรือ Undervoltage Trip Setting ไปที่ค่าแรงดันสูงสุดและ/หรือแรงดันต่ำสุดที่อินเวอร์เตอร์สามารถปรับตั้งค่าได้ตามลำดับ

๑.๒) เกณฑ์การประเมิน

ในการทดสอบแต่ละครั้งอินเวอร์เตอร์ต้องหยุดจ่ายไฟเข้าระบบภายในระยะเวลาตามที่กำหนดในข้อ ๓.๒.๑

(๒) Routine Test

ให้อ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบและเกณฑ์การประเมินเช่นเดียวกับ Design Test แต่ปรับลดจำนวนครั้งในการทดสอบลง โดยกรณี Overvoltage ทดสอบ m_1 x n ครั้ง และ Undervoltage ทดสอบ m_2 x n ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

๔.๓.๕ การทดสอบช่วงความถี่ทำงาน

(๑) Design Test

๑.๑) ขั้นตอนวิธีการทดสอบ

การทดสอบแบ่งเป็น ๒ ส่วนคือ Overfrequency และ Underfrequency ดังนี้

หัวข้อทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	วิธีการทดสอบ
Over-frequency	๕	(๑) ติดตั้งชุดอินเวอร์เตอร์ตามคู่มือการติดตั้งและข้อกำหนดจากผู้ผลิต (๒) ตั้งค่าการทำงานของแหล่งจ่ายไฟฟ้าทั้งหมดที่เงื่อนไขการทำงานปกติของชุดอินเวอร์เตอร์ (๓) ตั้งค่า Overfrequency Trip Setting ของชุดอินเวอร์เตอร์ที่ค่าทดสอบ ๕๑.๑ Hz และตั้งค่า Setting การทำงานอื่นๆของชุดอินเวอร์เตอร์ที่ค่าการทำงานปกติ (๔) ปรับความถี่ทดสอบเพิ่มขึ้นแบบทันทีทันใด โดยให้มีค่าเท่ากับ Overfrequency Trip Setting + ๐.๑ Hz และคงไว้จนกระทั่งอินเวอร์เตอร์หยุดจ่ายไฟเข้าระบบ (๕) บันทึกค่าระยะเวลาที่อินเวอร์เตอร์หยุดจ่ายไฟเข้าระบบ
Under-frequency	๕	(๑) ติดตั้งชุดอินเวอร์เตอร์ตามคู่มือการติดตั้งและข้อกำหนดจากผู้ผลิต (๒) ตั้งค่าการทำงานของแหล่งจ่ายไฟฟ้าทั้งหมดที่เงื่อนไขการทำงานปกติของชุดอินเวอร์เตอร์ (๓) ตั้งค่า Underfrequency Trip Setting ของชุดอินเวอร์เตอร์ที่ค่าทดสอบ ๔๘.๙ Hz และตั้งค่า Setting การทำงานอื่นๆของชุดอินเวอร์เตอร์ที่ค่าการทำงานปกติ (๔) ปรับความถี่ทดสอบลดลงแบบทันทีทันใด โดยให้มีค่าเท่ากับ Underfrequency Trip Setting – ๐.๑ Hz และคงไว้จนกระทั่งอินเวอร์เตอร์หยุดจ่ายไฟเข้าระบบ (๕) บันทึกค่าระยะเวลาที่อินเวอร์เตอร์หยุดจ่ายไฟเข้าระบบ

๑.๒) เกณฑ์การประเมิน

ในการทดสอบแต่ละครั้งอินเวอร์เตอร์ต้องหยุดจ่ายไฟเข้าระบบภายในเวลาไม่เกิน ๐.๑ วินาที

(๒) Routine Test

ให้อ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบและเกณฑ์การประเมินเช่นเดียวกับ Design Test แต่ปรับลดจำนวนครั้งในการทดสอบลง โดยกรณี Overfrequency ทดสอบ ๑ ครั้ง และ Underfrequency ทดสอบ ๑ ครั้ง

๔.๓.๖ การทดสอบการป้องกันสภาวะไอส์แลนดิ่ง

(๑) Design Test

๑.๑) ขั้นตอนวิธีการทดสอบ

ให้อ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน IEC 62116-2008

๑.๒) เกณฑ์การประเมิน

ในการทดสอบแต่ละครั้งอินเวอร์เตอร์จะต้องหยุดจ่ายไฟเข้าระบบภายในเวลาไม่เกิน ๒ วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

(๒) Routine Test

๒.๑) ขั้นตอนวิธีการทดสอบ

ทดสอบตามวิธีการในข้อ ๖.๑ ของมาตรฐาน IEC 62116-2008 แต่ให้ทดสอบเฉพาะเงื่อนไขการทดสอบดังต่อไปนี้

Condition	% Change in Real Load, Reactive Load from Nominal	จำนวนครั้งการทดสอบ
A	๐ , ๐	๑
B	๐ , ๐	๑
C	๐ , ๐	๑

หมายเหตุ

- Condition A หมายถึงอินเวอร์เตอร์ทำงานที่ Maximum Output Power และแรงดันที่ป้อนให้อินเวอร์เตอร์มีค่ามากกว่า ๙๐% ของช่วงแรงดันพิกัด
- Condition B หมายถึงอินเวอร์เตอร์ทำงานระหว่าง ๕๐% - ๖๖% ของ Maximum Output Power และแรงดันที่ป้อนให้อินเวอร์เตอร์มีค่า ๕๐% ของช่วงแรงดันพิกัด ± ๑๐%
- Condition C หมายถึงอินเวอร์เตอร์ทำงานระหว่าง ๒๕% - ๓๓% ของ Maximum Output Power และแรงดันที่ป้อนให้อินเวอร์เตอร์มีค่าน้อยกว่า ๑๐% ของช่วงแรงดันพิกัด
- % Change in Real Load, Reactive Load from Nominal = ๐ , ๐ หมายความว่าทั้ง Real Power และ Reactive Power ที่จ่ายจากอินเวอร์เตอร์ถูก AC Loads ในวงจรทดสอบดูดกลืนพลังงานไปทั้งหมด ดังนั้นทั้ง Real Power และ Reactive Power ที่ไหลไปยัง AC Power Source จึงมีค่าเป็นศูนย์

๒.๒) เกณฑ์การประเมิน

ในการทดสอบแต่ละครั้งอินเวอร์เตอร์จะต้องหยุดจ่ายไฟเข้าระบบภายในเวลาไม่เกิน ๒ วินาที

๔.๓.๗ การทดสอบการเชื่อมต่อหลังไฟฟ้ากลับคืน

เป็นการทดสอบประเภท Design Test โดยให้อ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน IEEE 1547.1-2005 ข้อ ๕.๑๐ ส่วนเกณฑ์การประเมินให้อ้างอิงตามข้อ ๓.๒.๔ ในข้อกำหนดฉบับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ส่วนที่ ๒
ข้อจำกัดขนาดระบบผลิตไฟฟ้า
พลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา
ของการไฟฟ้านครหลวง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ข้อจำกัดขนาดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา
ที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

เพื่อควบคุมผลกระทบจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) ที่อาจมีต่อระดับแรงดันไฟฟ้า คุณภาพไฟฟ้า และความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) จึงกำหนดขีดจำกัดขนาดกำลังผลิตติดตั้งรวมของ Solar PV Rooftop ที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของ กฟน. ได้ดังนี้

ก) กรณีเชื่อมต่อในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ (๒๓๐/๔๐๐ โวลต์)

- หากเป็นระบบผลิตไฟฟ้าขนิดเฟสเดียว จะต้องมีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งไม่เกิน ๑๐ กิโลวัตต์ต่อราย
- ขนาดกำลังผลิตติดตั้งรวมของ Solar PV Rooftop (หน่วยเป็นกิโลวัตต์) ที่เชื่อมต่อในหม้อแปลงจำหน่ายของ กฟน. ลูกหนึ่ง จะต้องไม่เกิน ๑๕% ของพิกัดขนาดหม้อแปลงจำหน่าย (หน่วยเป็นกิโลโวลต์-แอมแปร์) หากหม้อแปลงจำหน่ายมี Solar PV Rooftop เชื่อมต่อเต็มขีดจำกัด ๑๕% แล้ว จะไม่สามารถรองรับการเชื่อมต่อของ Solar PV Rooftop เพิ่มเติมที่หม้อแปลงจำหน่ายลูกนั้นได้อีก
- ในกรณีที่ผู้ยื่นขอผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากยังคงมีความประสงค์จะขายไฟฟ้า ถึงแม้หม้อแปลงจำหน่ายในพื้นที่นั้นรองรับ Solar PV Rooftop เต็มขีดจำกัดแล้ว ผู้ยื่นขอฯสามารถไปขอเชื่อมต่อขายไฟฟ้าในระบบ ๑๒ หรือ ๒๔ กิโลโวลต์ โดยผู้ยื่นขอฯจะต้องจัดหาและติดตั้งหม้อแปลงจำหน่ายพร้อมอุปกรณ์ป้องกันตามมาตรฐานของ กฟน. รายละเอียดอื่นๆเป็นไปตามเงื่อนไขในข้อ ข)

ข) กรณีเชื่อมต่อในระบบไฟฟ้าแรงกลาง (๑๒ หรือ ๒๔ กิโลโวลต์)

- ระบบผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง (หน่วยเป็นกิโลวัตต์) เกินกว่า ๑๕% ของพิกัดขนาดหม้อแปลงจำหน่าย (หน่วยเป็นกิโลโวลต์-แอมแปร์) ในพื้นที่นั้น จะต้องไปเชื่อมต่อขายไฟฟ้าในระบบ ๑๒ หรือ ๒๔ กิโลโวลต์ โดยผู้ยื่นขอฯจะต้องจัดหาและติดตั้งหม้อแปลงจำหน่ายพร้อมอุปกรณ์ป้องกันตามมาตรฐานของ กฟน.
- กำลังผลิตติดตั้งรวมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าทุกประเภท (ทั้ง Solar PV Rooftop และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทอื่นๆ) ที่ติดตั้งในสายป้อนเดียวกัน ต้องไม่เกิน ๘ เมกะวัตต์/สายป้อน สำหรับระบบ ๒๔ กิโลโวลต์ และ ๔ เมกะวัตต์/สายป้อน สำหรับระบบ ๑๒ กิโลโวลต์
- หากกำลังผลิตติดตั้งรวมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าทุกประเภทที่ติดตั้งในสายป้อนหนึ่งเต็มตามขีดจำกัดข้างต้นแล้ว กฟน. จะไม่รับซื้อไฟฟ้าเพิ่มเติมในสายป้อนนั้นอีก

ทั้งนี้เงื่อนไขในข้อ ก) และ ข) เป็นข้อกำหนดทั่วไป กฟน. ขอสงวนสิทธิ์ในการปรับเปลี่ยนขีดจำกัดขนาดระบบผลิตไฟฟ้าตามความจำเป็น เพื่อรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า คุณภาพไฟฟ้า และความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าโดยรวม

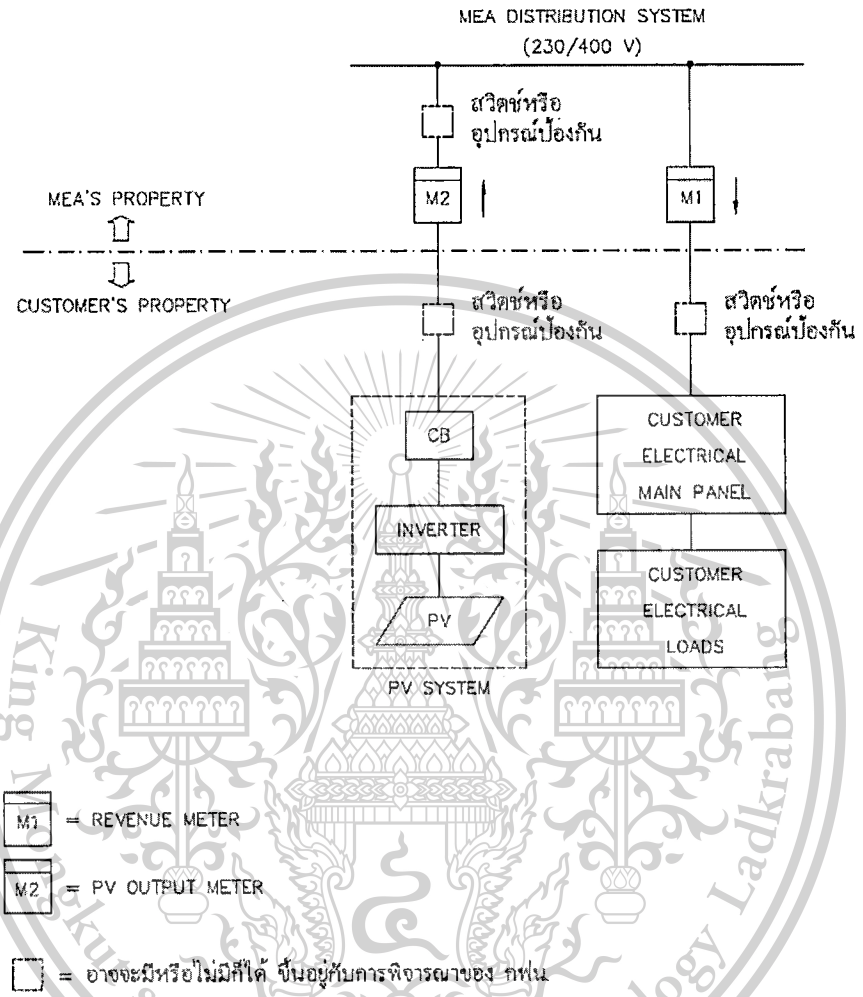
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ส่วนที่ ๓
รูปแบบการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า
ของการไฟฟ้านครหลวง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

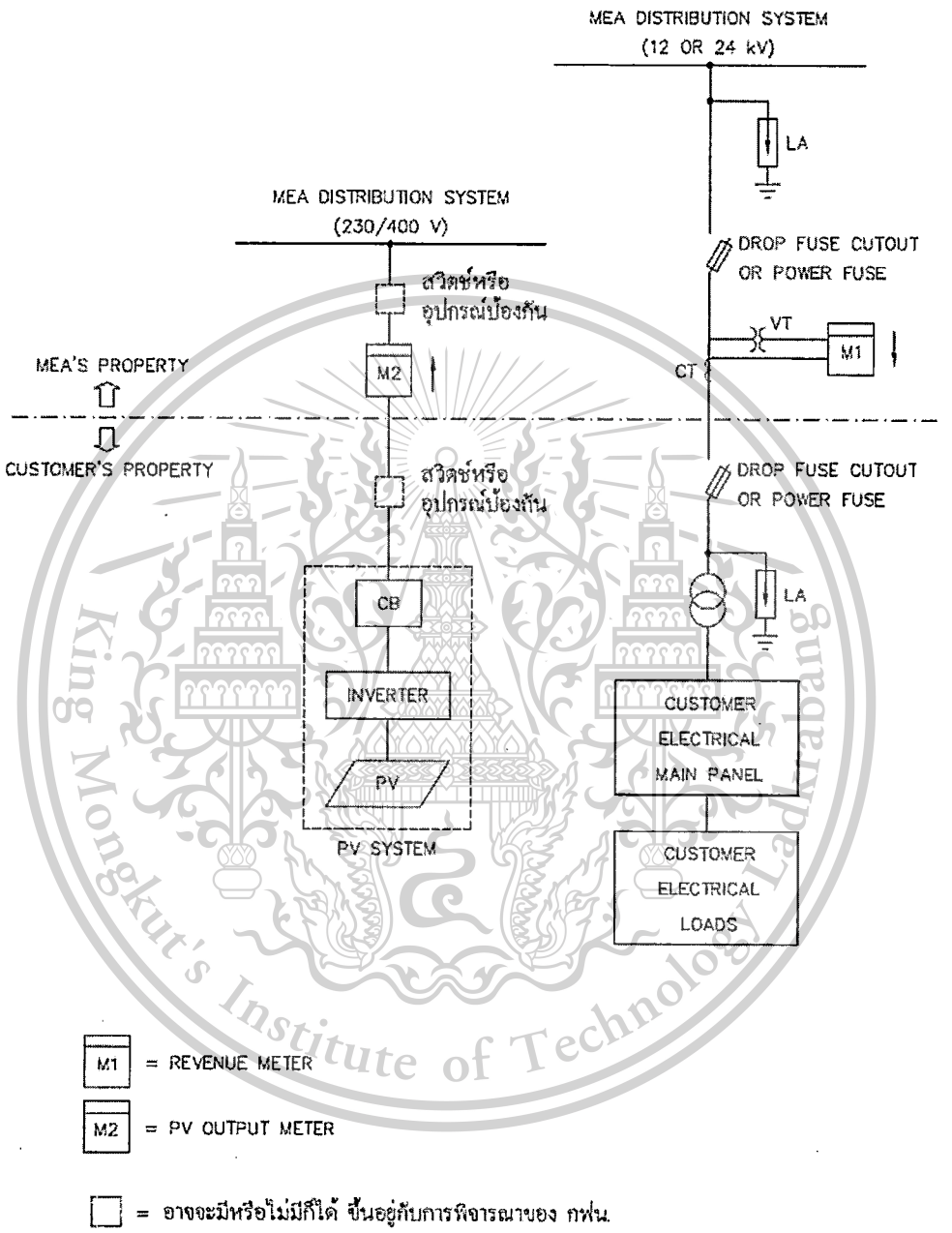
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1. <u>กรณีผู้ใช้ไฟฟ้าซื้อและขายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (230/400 โวลต์)</u>



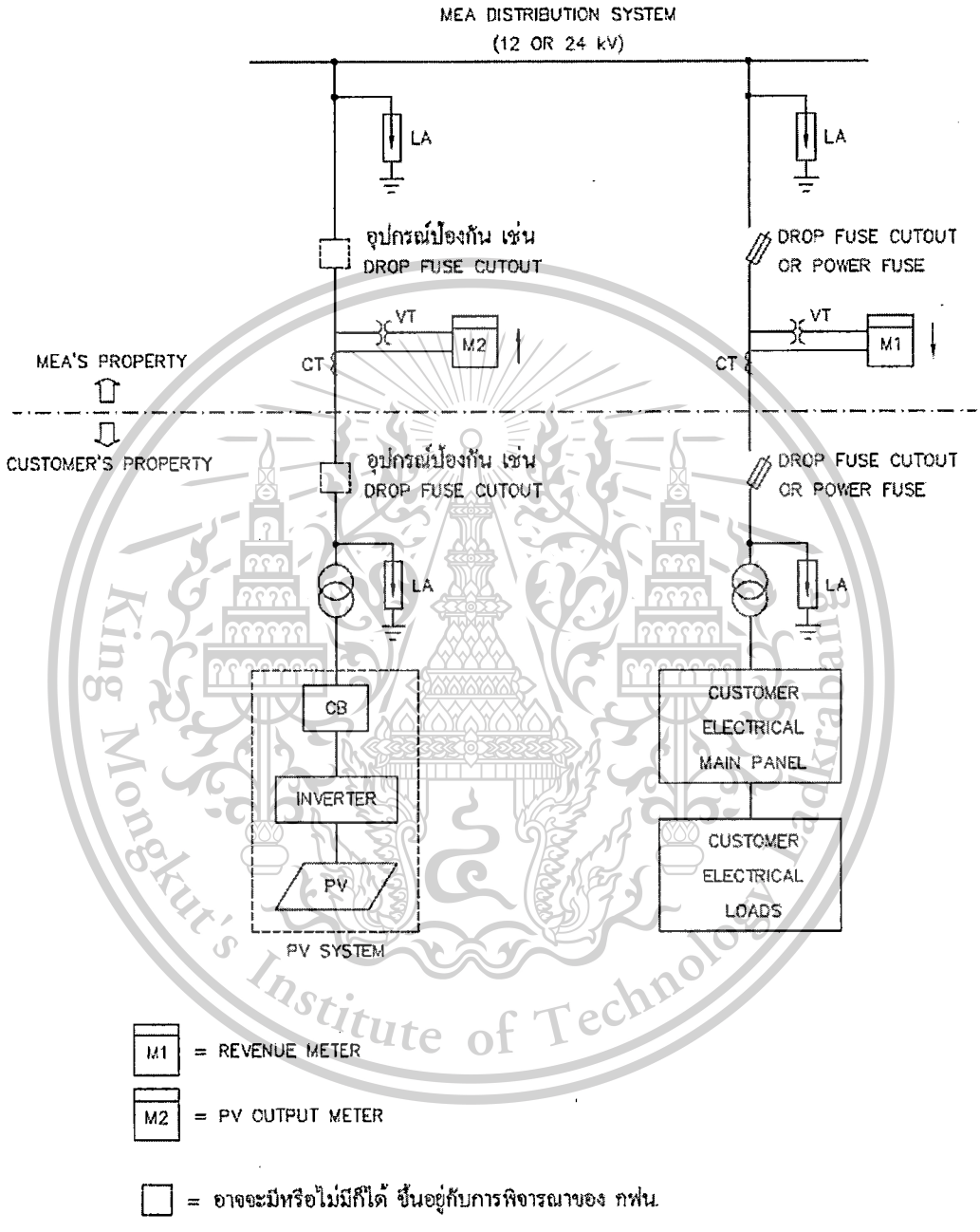
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. กรณีผู้ใช้ไฟฟ้าซื้อไฟฟ้าแรงดันสูง (12 หรือ 24 เควี) และขายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (230/400 โวลต์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. <u>กรณีผู้ใช้ไฟฟ้าซื้อและขายไฟฟ้าแรงดันสูง (12 หรือ 24 เควี)</u>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ส่วนที่ ๔
คุณสมบัติเครื่องตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า ของการไฟฟ้านครหลวง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คุณสมบัติเครื่องตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า (Power Quality Meter) ของการไฟฟ้านครหลวง

- Power quality meter shall measure and record the 3 phase true RMS electrical value in 2 categories which are Profile Recording and Event Recording.
- Profile recording is the continuous recording of average, minimum and maximum RMS value over 10 minutes period including Voltage, Ampere, Real Power, Reactive Power, Apparent Power, Power Factor, Harmonics (Voltage, Current and Power up to 50th), Voltage Unbalance (Unbalance Factor, Positive Sequence Voltage, Negative Sequence Voltage and Zero Sequence Voltage) and Flicker (Short Term Flicker Index, Pst, and Long Term Flicker Index, Plt). Note except Plt which calculate over 2 hours period.
- Event recording is the condition trigged recording of a voltage and current waveform of an abnormal event including Voltage Sag (Dip), Voltage Swell and Short Interruption with the minimum sampling resolution of 128 samples per cycle and allow user to adjust the trigger condition.
- Power quality meter shall comply with international standard IEC 61000-4-30 (power quality measurement method) class A performance, IEC 61000-4-7 (harmonics) and IEC 61000-4-15 (flicker).
- The internal memory of power quality meter shall be enough to store all measurement data at least 7 days without data loss.
- Power quality meter shall have an internal battery backup for ride through capability at least 1 hour in case of power supply failure and shall have an automatic restart function in case of back up battery deplete.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟน.

1. ผู้ขอเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า ยื่นแบบคำขอเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ที่แผนกบริการ การไฟฟ้านครหลวงเขต พร้อมเอกสารประกอบการพิจารณา ดังนี้

1)	แผนผังแสดงที่ตั้งของโรงไฟฟ้า และเอกสารแสดงความเป็นเจ้าของหรือสิทธิในการใช้ที่ดินในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า
2)	แผนภูมิของระบบไฟฟ้า (Single Line Diagram) แสดงการจัดวางและการต่อเชื่อมของอุปกรณ์ทั้งหมดโดยละเอียด ที่มีวิศวกรรับรองแบบ พร้อมแนบสำเนาใบประจำตัวผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรที่ยังไม่หมดอายุ และรายละเอียดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในสถานประกอบการ กรณี ผู้ใช้ไฟฟ้ารายเก่า (มีเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของ กฟน. แล้ว) ต้องมีแบบแปลนแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในสถานประกอบการ
3)	เอกสารแสดงรายละเอียดการดำเนินการของแผนการป้องกันและควบคุม
4)	แผนการดำเนินการที่เหมาะสมและชัดเจน (Milestone) ระบุเดือน, ปี และระยะเวลาที่ใช้ดำเนินการ
5)	ข้อมูลทางด้านเทคนิค 5.1) สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าที่ต้องใช้อินเวอร์เตอร์ (Inverter) จะต้องมีผลการทดสอบของอินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าประเภทเชื่อมต่อกับโครงข่ายของการไฟฟ้านครหลวง 5.2) สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าที่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะต้องมีรายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมข้อกำหนดทางเทคนิค (specification) ดังนี้ 5.2.1) Specification ของ Generator เช่น - Maximum Power - Maximum Reactive Power - Subtransient Reactance (X''_d) - Transient Reactance (X'_d) - Synchronus Reactance (X_d) - Rated Voltage - Symemetrical Components ได้แก่ positive sequence components, negative sequence components, zero – sequence components 5.2.2) Specification ของ Transformer ที่ต่อกับ Generator เช่น - Resistance (R) และ Symmetrical Components (R_0, R_1, R_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

	- Reactance (X) และ Symmetrical Components (X_0, X_1, X_2) - Impedance (Z) - X/R ratio - Rated Voltage - Vector Group 5.2.3) P-Q curve 5.3) เอกสารแสดงรายละเอียดคุณสมบัติของเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า ในกรณีที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีกำลังการผลิตรวมกันเกินกว่า 1 MW หรือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดอินเวอร์เตอร์มีกำลังการผลิตรวมกันเกินกว่า 250 kW ซึ่งเป็นไปตามระเบียบการไฟฟ้านครหลวงว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2551 ข้อที่ 9.6 หน้าที่ 13 ประกอบกับหน้าที่ 77

ทั้งนี้ ผู้ขอเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า ต้องจัดทำสำเนา เอกสารประกอบการพิจารณาข้างต้น ให้ กฟน. ตามปริมาณกำลังผลิตติดตั้ง ดังนี้

ปริมาณกำลังผลิตติดตั้ง	จำนวน (ชุด)
น้อยกว่า 1 MW	6
1-6 MW	8
เกินกว่า 6 MW	9

โดยผู้ขอเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า จะต้องปฏิบัติตามเบียบการไฟฟ้านครหลวงว่าด้วยข้อกำหนดเกี่ยวกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า : http://www.mea.or.th/internet/Elecvalue/VSPP/vsppmenu.htm

2. กฟน. จะพิจารณาเอกสารและส่งหนังสือแจ้งผลการพิจารณา พร้อมค่าใช้จ่ายในการขอเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟน. ให้ทราบ ซึ่งผู้ขอเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าต้องมาชำระค่าใช้จ่ายฯ ที่ทำการการไฟฟ้านครหลวงเขต ภายใน 30 วัน นับจากวันที่ได้รับหนังสือแจ้งผลพิจารณา

3. ผู้ขอเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าต้องทำหนังสือแจ้งกำหนดวันที่จะให้ กฟน. เข้าไปตรวจสอบระบบการเชื่อมโยงก่อนที่จะเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานกับระบบของ กฟน. โดย กฟน. จะเข้าไปตรวจสอบระบบการเชื่อมโยง และจะส่งหนังสือแจ้งผลการตรวจสอบระบบเชื่อมโยงฯ ให้ผู้ใช้ไฟฟ้าทราบต่อไป

4. เมื่อผลการตรวจสอบระบบเชื่อมโยงฯ ถูกต้องตามระเบียบ/ข้อกำหนดของ กฟน. แล้ว ผู้ขอเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าต้องมาลงนามในสัญญาการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟน. ณ ฝ่ายเศรษฐกิจพลังไฟฟ้า (ฝศก.) อาคาร 6 ชั้น 5 การไฟฟ้านครหลวงเขตวัดเลียบ ที่คุณศิริวรรณ 02-220-5923 โดยต้องนำเอกสารประกอบการทำสัญญาฯ มาแสดง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสาร	บุคคลทั่วไป	นิติบุคคล	ส่วนราชการ
สำเนาทะเบียนบ้าน	√	√	√
สำเนาบัตรประชาชน	√	√	√
หนังสือรับรองการจดทะเบียนนิติบุคคลของกระทรวงพานิชย์ *		√	
สำเนาคำสั่งแต่งตั้ง			√

หมายเหตุ : 1. เอกสารทั้งหมดต้องมีการลงนามรับรองสำเนาถูกต้องด้วยลายมือจริง

2.* ออกให้ไม่เกิน 6 เดือน และผู้ลงนามในสัญญาฯ ต้องเป็นผู้ที่มีอำนาจตามหนังสือรับรองการจดทะเบียนนิติบุคคล ของกรมพัฒนาธุรกิจ กระทรวงพาณิชย์ และต้องประทับตราสำคัญของนิติบุคคล (หากมีการระบุไว้ในหนังสือรับรอง)

การมอบอำนาจ หากมีการมอบอำนาจ ผู้รับมอบอำนาจจะต้องมี

1) หนังสือมอบอำนาจตัวจริง พร้อมติดอากรแสตมป์ (มอบอำนาจให้ทำการแทน 1 เรื่อง ต้องติดอากรแสตมป์ 10 บาท และถ้ามอบอำนาจให้ ทำการแทนมากกว่า 1 เรื่อง ต้องติดอากรแสตมป์ 30 บาท)
2) สำเนาทะเบียนบ้าน และ สำเนาบัตรประชาชนของผู้มอบอำนาจ และผู้รับมอบอำนาจ พร้อมลงนามรับรองสำเนาถูกต้อง

ทั้งนี้ สัญญาการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟน. มีอายุสัญญา 1 ปี ผู้ขอเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจะต้องทำการแจ้งขอต่ออายุสัญญาฯ โดยจะมีค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบระบบควบคุมและป้องกัน ตามระดับแรงดันที่เชื่อมโยงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารแนบท้ายประกาศหมายเลข ๓

ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า การตรวจสอบระบบอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายอื่นที่เกี่ยวข้อง

๑ สำหรับกลุ่มบ้านอยู่อาศัย (ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่๑)

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
(๑) ค่าก่อสร้างและปรับปรุงระบบจำหน่าย(*)	คิดตามจริง
(๒) ค่าใช้จ่ายด้านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า	๑๐,๐๐๐

๒ สำหรับกลุ่มอาคารธุรกิจหรือโรงงาน(ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ ๒-๕)

รายการค่าใช้จ่าย	ระดับแรงดันที่เชื่อมต่อ	
	ต่ำกว่า ๑๒ กิโลโวลต์	๑๒ กิโลโวลต์ขึ้นไป
(๑) ค่าก่อสร้างและปรับปรุงระบบจำหน่าย(*)	คิดตามจริง	
(๒) ค่าตรวจสอบ ทดสอบอุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายด้านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า	๑๕,๐๐๐	๑๐๐,๐๐๐

หมายเหตุ: (*) คิดเฉพาะกรณีที่จะต้องปรับปรุงระบบจำหน่ายเพื่อรองรับการขายไฟฟ้า

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

<u>เอกสารแนบท้ายประกาศหมายเลข ๑.๑</u>

การไฟฟ้านครหลวง
Metropolitan Electricity Authority

แบบคำขอจำหน่ายไฟฟ้า

จากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop)

สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP)

แบบคำขอจำหน่ายไฟฟ้า และการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) เพื่อจ่ายเข้าระบบของการไฟฟ้านครหลวง

โปรด ☑ ข้อมูลที่ท่านเกี่ยวข้อง

<u>ส่วนที่ 1 รายละเอียดของผู้ที่ประสงค์จะขายไฟฟ้าและอาคารที่จะติดตั้ง</u>

1.1 ประเภทอาคารที่จะติดตั้งแผงโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Panel)

ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

☐ บ้านอยู่อาศัย (ไม่เกิน 10 kWp) ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง_____kWp

ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2, 3, 4 และ 5

☐ อาคารธุรกิจขนาดเล็ก (มากกว่า 10 – 250 kWp) ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง_____kWp

☐ อาคารธุรกิจขนาดกลาง-ใหญ่/โรงงาน (มากกว่า 250 – 1,000 kWp) ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง_____kWp

หมายเหตุ: ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง หมายถึง ขนาดกำลังการผลิตสูงสุดรวมของแผงโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Panel) ณ สภาวะทดสอบมาตรฐาน (Standard Test Condition) ที่มีวงจรเดียวกันและจุดรับซื้อไฟฟ้าเดียวกันตามที่กำหนดในสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

1.2 ข้าพเจ้ายื่นคำร้องในฐานะ

บุคคลธรรมดา

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว)_____นามสกุล_____อายุ_____ปี

สัญชาติ_____เลขที่บัตรประชาชน_____อยู่บ้านเลขที่_____หมู่ที่_____

ตรอก/ซอย_____ถนน_____ตำบล/แขวง_____อำเภอ/เขต_____

จังหวัด_____รหัสไปรษณีย์_____

โทรศัพท์_____โทรศัพท์มือถือ_____อีเมลล์_____

ผู้เป็น ☐ เจ้าของอาคาร ☐ ผู้เช่าอาคาร/ผู้ได้รับการยินยอมจากเจ้าของอาคาร

<u>อาคารที่ติดตั้งแผงโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Panel)</u>

ที่อยู่ บ้านเลขที่_____หมู่ที่_____ตรอก/ซอย_____ถนน_____

ตำบล/แขวง_____อำเภอ/เขต_____จังหวัด_____รหัสไปรษณีย์_____

หมายเลขรหัสเครื่องวัดฯ _____บัญชีแสดงหมายเลขสัญญา (CA)_____

ชื่อเจ้าของเครื่องวัดฯ _____

และได้มอบอำนาจให้ ชื่อ (นาย/นาง/นางสาว) _____นามสกุล_____

โทรศัพท์_____โทรศัพท์มือถือ_____อีเมลล์_____ดำเนินการประสานงานแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

☐ นิติบุคคล

ชื่อกิจการ หรือ บริษัท_____

ที่ตั้งสำนักงานใหญ่_____

_____

โทรศัพท์_____โทรสาร_____

เจ้าของกิจการหรือบริษัท หรือ ผู้มีอำนาจทำการแทนนิติบุคคล

ชื่อ-นามสกุล_____

ชื่อ-นามสกุล_____

ชื่อ-นามสกุล_____

ผู้เป็น ☐ เจ้าของอาคาร ☐ ผู้เช่าอาคาร/ผู้ได้รับการยินยอมจากเจ้าของอาคาร

อาคารที่ติดตั้งแผงโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Panel)

ที่อยู่ บ้านเลขที่_____หมู่ที่_____ตรอก/ซอย_____ถนน_____

ตำบล/แขวง_____อำเภอ/เขต_____จังหวัด_____รหัสไปรษณีย์_____

หมายเลขรหัสเครื่องวัดฯ_____บัญชีแสดงหมายเลขสัญญา (CA)_____

ชื่อเจ้าของเครื่องวัดฯ_____

และได้มอบอำนาจให้ ชื่อ(นาย/นาง/นางสาว)_____นามสกุล_____

โทรศัพท์_____โทรศัพท์มือถือ_____อีเมลล์_____ดำเนินการประสานงานแทน

ส่วนที่ 2 คุณสมบัติและข้อมูลทางเทคนิคของระบบผลิตไฟฟ้า

2.1 ปริมาณพลังไฟฟ้าทั้งระบบ/SCOD

1) กำลังการผลิตติดตั้ง_____ kW_p ณ สภาวะทดสอบมาตรฐาน (Standard Test Condition)

2) กำหนดวันเริ่มต้นซื้อขายไฟฟ้าเข้าระบบ (SCOD) _____

ณ ระดับแรงดัน ☐ 230/400 โวลต์ ☐ ตั้งแต่ 12 กิโลโวลต์ ขึ้นไป

2.2 รายละเอียดของระบบผลิตไฟฟ้า

1) แผงโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Panel)

ยี่ห้อ_____รุ่น_____จำนวน_____แผง

ชนิด ☐ ชนิดผลึก (Crystalline Solar Cells) ☐ ชนิดฟิล์มบาง (Thin film Solar Cells)

☐ อื่นๆ_____

ขนาดกำลังการผลิต_____วัตต์ต่อแผง ขนาดติดตั้ง_____ตารางเมตรต่อแผง

ขนาดพื้นที่ติดตั้งรวม_____ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2) ชนิด Inverter

ยี่ห้อ_____รุ่น_____จำนวน_____เครื่อง

พิกัดกำลังไฟฟ้า_____กิโลวัตต์ต่อเครื่อง พิกัดแรงดันด้าน AC _____โวลต์

เฟส (เฟสเดียว หรือ 3 เฟส) _____ Firmware Version_____

มีคุณสมบัติเฉพาะทางไฟฟ้า (Electrical specification) เป็นไปตามข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (ตามเอกสารแนบท้ายประกาศหมายเลข 6)

กรณีมี Inverter มากกว่า 1 รุ่น ให้แนบรายละเอียดเพิ่มเติมให้ครบ

หมายเหตุ: *ในกรณีที่จะเปลี่ยนแปลงข้อมูลเกี่ยวกับยี่ห้อหรือรุ่นในข้อ 1) และ 2) ให้สามารถดำเนินการได้ก่อนลงนามสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

3) ข้อมูลของหม้อแปลง (ถ้ามี) ขนาด _____ kVA

ส่วนที่ 3 การรับรองโดยผู้ที่ประสงค์จะขายไฟฟ้า

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลข้างต้นเป็นความจริงทุกประการและอุปกรณ์ที่จะติดตั้งเป็นไปตามข้อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุอุปกรณ์และการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar PV Rooftop) และการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าตามข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า ที่กำหนดแนบท้ายประกาศ

ลงนาม_____วันที่_____

(.....)

ผู้ที่ประสงค์จะขายไฟฟ้า*

หมายเหตุ: *ในกรณีที่เป็นนิติบุคคลให้ผู้มีอำนาจทำการแทนทุกรายลงนาม และประทับตราของนิติบุคคลนั้น

หมายเหตุ: ผู้ยื่นคำขอขายไฟฟ้าต้องจัดทำต้นฉบับแบบคำขอจำหน่ายไฟฟ้าและเอกสารประกอบการพิจารณา ให้การไฟฟ้านครหลวง 1 ชุด พร้อมทั้งจัดส่งเอกสารดังกล่าวในรูปแบบอิเล็คทรอนิกส์ไฟล์ (CD ROM หรือ Flash Drive) ด้วย 1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การไฟฟ้านครหลวง
Metropolitan Electricity Authority

เอกสารแนบท้าย

แบบคำขอจำหน่ายไฟฟ้า

จากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop)

สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP)

. <u>รายละเอียดของผู้ที่ประสงค์จะขายไฟฟ้าและอาคารที่จะติดตั้ง</u>

1.1 <u>บุคคลธรรมดา</u>

1) สำเนาบัตรประชาชนของผู้ประสงค์จะขายไฟฟ้า

2) ในกรณีมอบอำนาจให้ผู้มายื่นแบบคำขอแทน

2.1) หนังสือมอบอำนาจให้ผู้มายื่นแบบคำขอแทน (ติดอากรแสตมป์)

2.2) สำเนาบัตรประชาชนของผู้ได้รับมอบอำนาจ

3) สำเนาใบแจ้งค่าไฟฟ้าของอาคารที่ติดตั้งแผงโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Panel) หรือหลักฐานแสดงหมายเลขเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า

4) ในกรณีผู้ประสงค์จะขายไฟฟ้าเป็นเจ้าของอาคารเอง

4.1) หลักฐานแสดงความเป็นเจ้าของอาคาร

5) ในกรณีที่ผู้ประสงค์จะขายไฟฟ้าไม่ใช่เจ้าของอาคาร

5.1) หนังสือยินยอมจากเจ้าของอาคาร หรือ สัญญาเช่า

5.2) หลักฐานแสดงความเป็นเจ้าของอาคาร

5.3) สำเนาบัตรประชาชนของเจ้าของอาคาร

1.2 <u>นิติบุคคล</u>

1) สำเนาบัตรประชาชนของเจ้าของกิจการหรือบริษัท หรือ ผู้มีอำนาจทำการแทนนิติบุคคลตามที่ระบุในหนังสือรับรองการจดทะเบียนนิติบุคคล ที่ประสงค์จะขายไฟฟ้า

2) หนังสือรับรองการจดทะเบียนนิติบุคคล (ออกให้ไม่เกิน 6 เดือน) โดยการจดทะเบียนนิติบุคคลต้องมีวัตถุประสงค์ให้ดำเนินการเกี่ยวกับการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า

3) หนังสือมอบอำนาจให้ผู้มายื่นแบบคำขอแทน (ติดอากรแสตมป์)

4) สำเนาบัตรประชาชนของผู้ได้รับมอบอำนาจ

5) สำเนาใบแจ้งค่าไฟฟ้าของอาคารที่ติดตั้งแผงโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Panel) หรือหลักฐานแสดงหมายเลขเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6) ในกรณีผู้ประสงค์จะขายไฟฟ้าเป็นเจ้าของอาคารเอง

6.1) หลักฐานแสดงความเป็นเจ้าของอาคาร

7) ในกรณีที่ผู้ประสงค์จะขายไฟฟ้าไม่ใช่เจ้าของอาคาร

7.1) หนังสือยินยอมจากเจ้าของอาคาร หรือ สัญญาเช่า

7.2) หลักฐานแสดงความเป็นเจ้าของอาคาร

2. <u>คุณสมบัติและข้อมูลทางเทคนิคของระบบผลิตไฟฟ้า และข้อมูลทางเทคนิคทั่วไป</u>

2.1 เอกสารแสดงรายละเอียดคุณสมบัติของแผงโฟโตโวลเทอิก

2.2 เอกสารแสดงรายละเอียดคุณสมบัติของ Inverter

2.3 Datasheet ของหม้อแปลงที่ต่อกับ Inverter (Rated Power (MVA), HV/LV Rated Voltage (kV), Vector Group, Frequency, Maximum short circuit rating (kA))

2.4 แผนผังแสดงที่ตั้งของสถานที่ติดตั้งแผงโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Panel)

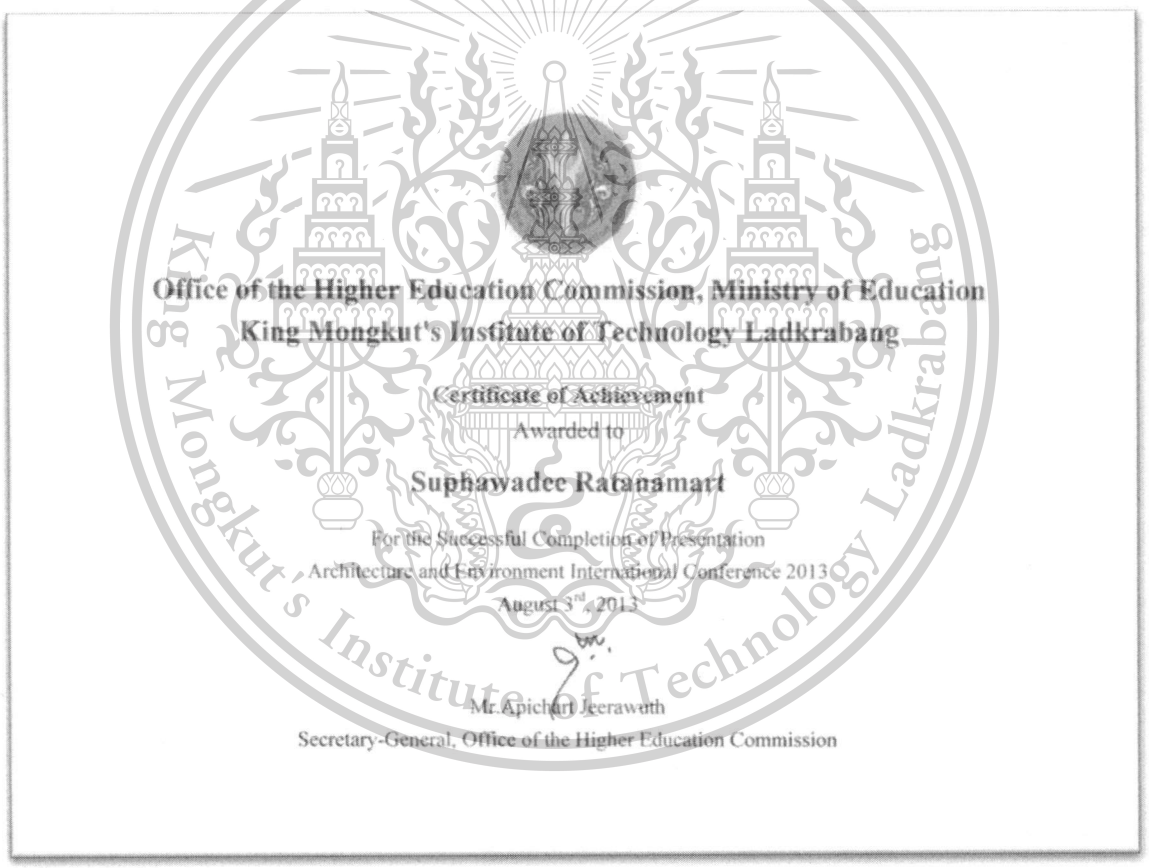
2.5 แผนภูมิของระบบไฟฟ้า (Single Line Diagram) แสดงการจัดวางและการต่อเชื่อมของอุปกรณ์ทั้งหมด โดยละเอียด และมีวิศวกรรับรองแบบ พร้อมแนบสำเนาใบประจำตัวผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรที่เกี่ยวข้องที่ยังไม่หมดอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ข

การนำเสนอผลงานวิจัยเรื่อง
"รูปแบบบ้านยั่งยืนในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์
(Sustainable Solar Houses Design in Bangkok)"

ได้รับการเผยแพร่ผลงานระดับนานาชาติในการประชุม AEI 2013 Conference (Architecture and Environment International Conference 2013) ณ ห้องประชุม สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เมื่อวันที่ 3 สิงหาคม 2556ในรูปแบบOral Presentation และโปสเตอร์ และบทคัดย่อในหนังสือการประชุม


Office of the Higher Education Commission, Ministry of Education
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Certificate of Achievement

Awarded to

Suphawadee Ratanamart

For the Successful Completion of Presentation

Architecture and Environment International Conference 2013

August 3rd, 2013

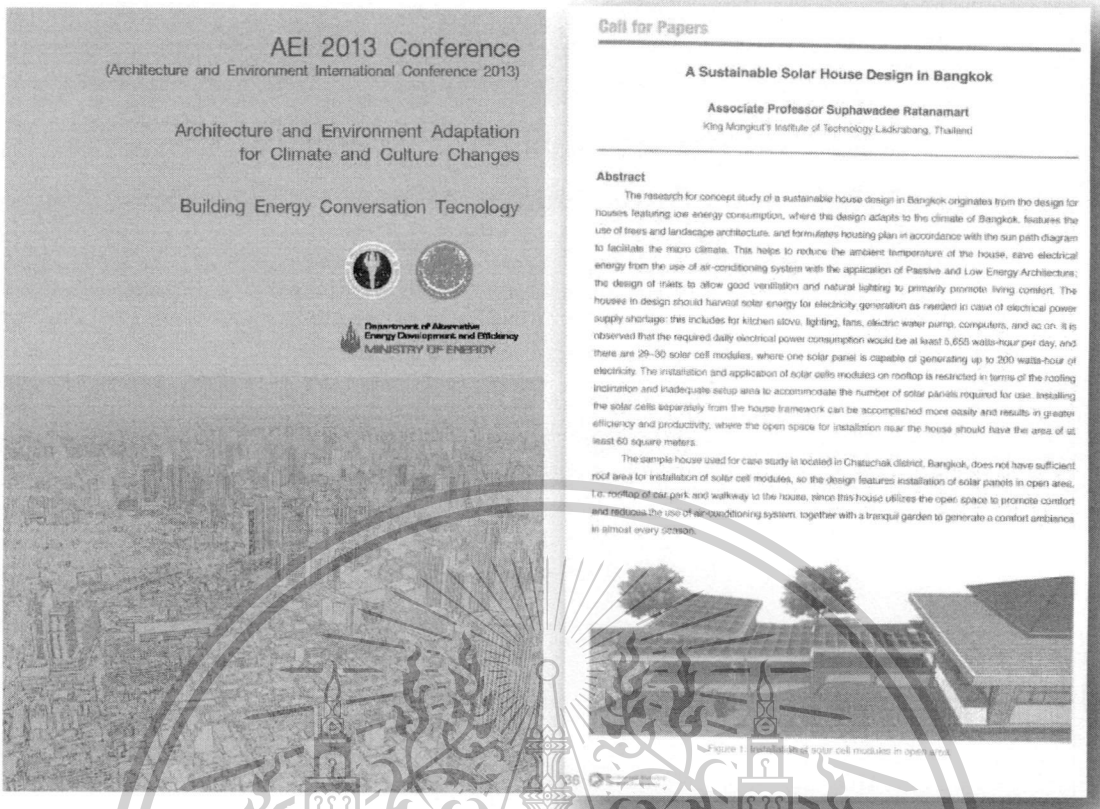
Mr. Apichart Jeerawuth

Secretary-General, Office of the Higher Education Commission

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ภาพที่ 1 ประกาศนียบัตรการแสดงผลงานการวิจัย
เรื่อง Sustainable Solar Houses Design in Bangkok

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 2 แสดงหนังสือการประชุม AEI 2013

Article: A Sustainable Solar House Design in Bangkok

By Associate Professor Suphawadee Ratanamart

Abstract

The research for concept study of a sustainable house design in Bangkok originates from the design for houses featuring low energy consumption, where the design adapts to the climate of Bangkok, features the use of trees and landscape architecture, and formulates housing plan in accordance with the sun path diagram to facilitate the micro climate. This helps to reduce the ambient temperature of the house, save electrical energy from the use of air-conditioning system with the application of Passive and Low Energy Architecture; the design of inlets to allow good ventilation and natural lighting to primarily promote living comfort. The houses in design should harvest solar energy for electricity generation as needed in case of electrical power supply shortage: this includes for kitchen stove, lighting, fans, electric water

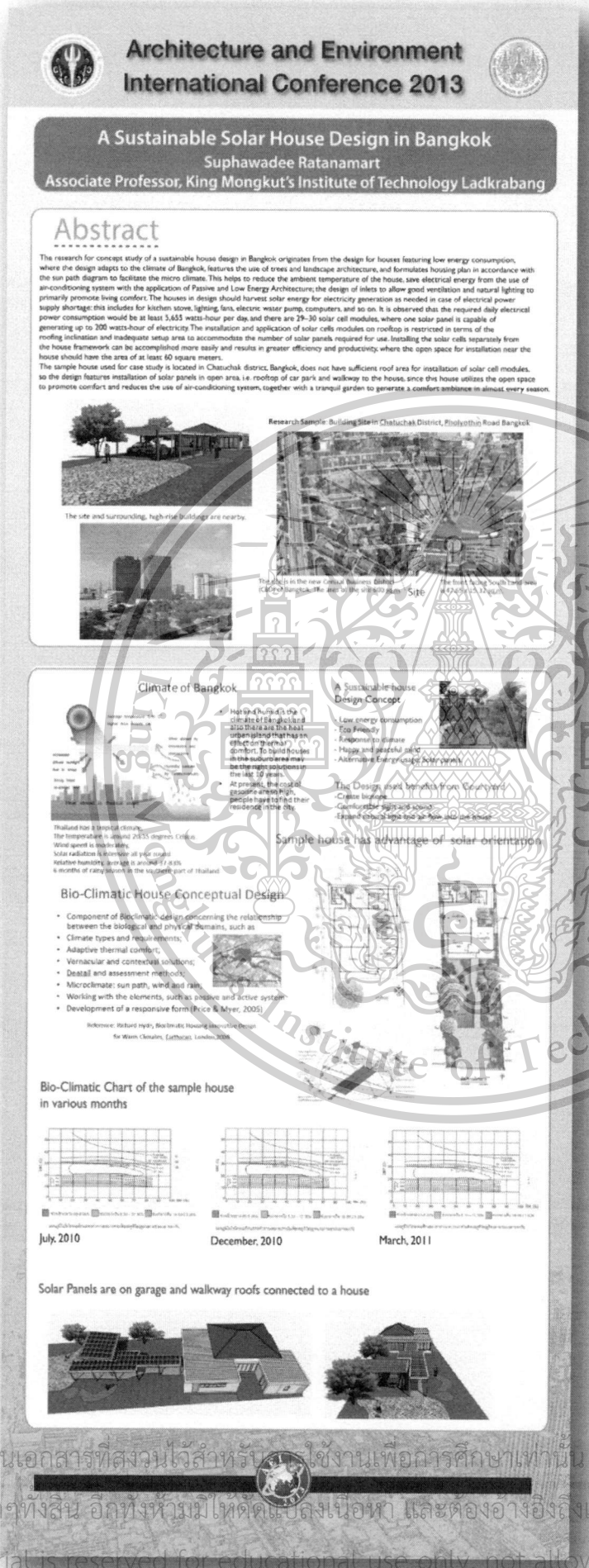
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

pump, computers, and so on. It is observed that the required daily electrical power consumption would be at least 5,655 watts-hour per day, and there are 29–30 solar cell modules, where one solar panel is capable of generating up to 200 watts-hour of electricity. The installation and application of solar cells modules on rooftop is restricted in terms of the roofing inclination and inadequate setup area to accommodate the number of solar panels required for use. Installing the solar cells separately from the house framework can be accomplished more easily and results in greater efficiency and productivity, where the open space for installation near the house should have the area of at least 60 square meters.

The sample house used for case study is located in Chatuchak district, Bangkok, does not have sufficient roof area for installation of solar cell modules, so the design features installation of solar panels in open area, i.e. rooftop of car park and walkway to the house, since this house utilizes the open space to promote comfort and reduces the use of air-conditioning system, together with a tranquil garden to generate a comfort ambiance in almost every season.

ภาพที่ 3 Speakers ในงานประชุม AEI 2013 ที่สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
แถวหลังจากซ้าย ดร.เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง, อาจารย์วรัญญู ศิริวรรณ์, Prof. Dr. Joseph Khedari,
Prof. Dr. Kazuhiko HAMAMOTO, Dr. Shugo Maeda
แถวหน้าจากซ้าย รศ.ดร.อารยา อรุณินท์, รศ.สุภาวดี รัตนมาศ, ดร.โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์,
Prof. Dr. Yoshiyuki OSAKAYA และ Assoc. Prof. Yoshiyuki YAMANA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



Poster Presentation:

Paper: A Sustainable Solar House Design in Bangkok

By Associate Professor Suphawadee Ratanamart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นางสุภาวดี รัตนมาศ

เพศ ☐ ชาย ☑ หญิง วันเดือนปีเกิด 24 มีนาคม 2499 อายุ 58 ปี

สถานภาพ ☐ โสด ☑ สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์ ระดับ 9

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
M. Arch	Architecture	Illinois Institute of Technology, Chicago	พ.ศ.2525
สถ.บ.	สถาปัตยกรรม	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	พ.ศ.2521
Certificate of Land use and Land Management	Land use and Land Management	World Bank Institute	พ.ศ.2547
Certification on Web Design	Web Design	Net Design Institute	พ.ศ.2550
Certificate of Appreciation	Academic Collaboration and Architectural Site Visit of Council of Deans of Architecture Schools of Thailand (CDAST) to Germany	Council of Deans of Architecture Schools of Thailand (CDAST)	พ.ศ.2555

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- การออกแบบบ้านอยู่อาศัย
- วัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมในงานสถาปัตยกรรมเอเชีย
- บ้านริมน้ำ
- การจัดการศึกษาทางไกลนานาชาติผ่านระบบการประชุมทางไกลบนเครือข่ายโลก (Distance Education via video – conferencing system on global network)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่น ๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
2550	Poster Prize JSED 2007 เรื่อง "The Conservation of Mangrove Forest and Cultural Environment in Thailand" (Joint Seminar on Environmental Science and Disaster Mitigation Research 2007 19-20 March 2007)	Muroran Institute of Technology

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2556	ทุนวิจัยเรื่อง "รูปแบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพในประเทศไทย" งบประมาณ 1,487,800 บาท	งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ
2555	ทุนวิจัยเรื่อง "การพัฒนาสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศสถาปัตยกรรมริมน้ำและสิ่งแวดล้อม แม่น้ำแม่กลอง งบประมาณ 560,000 บาท	สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
2555	ทุนวิจัยเรื่อง"รูปแบบบ้านยั่งยืนในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์" งบประมาณ 80,000บาท	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2554	ทุนวิจัยเรื่อง "แนวทางการพัฒนารูปแบบบ้านพักอาศัยเชิงภูมิอากาศชีวภาพเพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ" งบประมาณ 80,000บาท	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2553	ทุนวิจัยเพื่อเขียนและผลิตหนังสือเรื่อง "หลังคาอุปกรณ์และการติดตั้ง" จำนวนพิมพ์ 1,000 เล่ม งบประมาณ 950,000 บาท	สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยกลุ่มหลังคาและอุปกรณ์
2550	ทุนวิจัยเรื่อง การพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน ทางไกลแบบสองทาง โดยการใช้ระบบการประชุมทางไกลระหว่างประเทศ งบประมาณ 500,000 บาท	สำนักงานบริหารเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
2550	ทุนวิจัยเรื่อง "การพัฒนาคอร์สแวร์ หลักสูตรการจัดฝึกอบรมทางไกลโดยใช้รูปแบบการสอนผ่าน	สำนักงานบริหารเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา สำนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

	E-learning เรื่อง "วัฒนธรรมไทย-ญี่ปุ่น ในงานสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม" (Thai-Japanese Culture on Architecture)" งบประมาณ 390,000 บาท	คณะกรรมการการอุดมศึกษา

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

- The 4th International Conference for Universal Design in Fukuoka 2012 During12-14Octpber, 2012

  Title paper: **A Study on Barrier Free Conditions at the Stations of Mass Rapid transit in Singapore**

  Authors: Osakaya Yoshiyuki, Muroran Institute of Technology, Japan

  Aoyama Takeshi, Muroran City Council, Japan

  Ratanamart Suphawadee, King Mongkut' Institute of TechnologyLadkrabang,Thailand

- UIA 2011 Tokyo, The 24th Congress of Architecture, September 26-October 1, 2011

  Title paper : **COURTYARD DESIGN FOR BIOCLIMATIC HOME IN TROPICAL CLIMATE, BANGKOK, THAILAND**

  Authors: Suphawadee Ratanamart*, Preecha Phuluang, Phuri Hatori, Jeerawat Khamdee

  *Associate professor, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand

  Graduate student, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand

- The 12th International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled Persons (TRANSED 2010) June 2 – 4, 2010 Hong Kong

  Title of Paper: **Barrier Free Conditions of Mass Rapid Transit Stations in Hong Kong**

  Authors:Osakaya Yoshiyuki, Muroran Institute of Technology, Japan

  Aoyama Takeshi, Muroran City Council, Japan

  Ratanamart Suphawadee, King Mongkut' Institute of TechnologyLadkrabang,Thailand

  Paper Number: A078, Proceedings of TRANSED 2010, USB Memory

- The 3rd International Conference for Universal Design in HAMAMATSU 2010 Oct.30(Sat) to Nov. 3(Wed) 2010, Hamamatsu City, Japan

  Title of Paper: **Barrier Free Project in Muroran City**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.