



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้า
จากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา
Development of Problem-solving Database for
Rooftop Solar Power Generation System

นายสัณห์เพชร รงค์สถิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้า
จากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา
Development of Problem-solving Database for
Rooftop Solar Power Generation System

นายสัณห์เพชร รงค์สถิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา	การพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา	
ชื่อ-สกุล นักศึกษา	นายสันต์เพชร รงค์สถิต	
คณะ วิศวกรรมศาสตร์	ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า	
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนาถ สมมณี	
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน	นายอนรรฆ สุวรรณรัตน์	
ชื่อสถานประกอบการ	บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด	

บทคัดย่อ

บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด ซึ่งดำเนินธุรกิจติดตั้งและการให้บริการหลังการขายสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา พบว่าบางครั้งการตรวจสอบพื้นที่ปฏิบัติงานและการบำรุงรักษาซึ่งอาจมีจำนวนมากในช่วงเวลาเดียวกัน จะก่อให้เกิดความล่าช้าในการบริการลูกค้า โครงการนี้จึงพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาโดยใช้ Microsoft Access 2016 ขั้นตอนการศึกษา ได้แก่ (1) วิเคราะห์พารามิเตอร์เบื้องต้นที่ส่งผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal (2) ลงพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าเมื่อตรวจพบการเบี่ยงเบนของพารามิเตอร์ดังกล่าว (3) รวบรวมปัญหาที่พบในแต่ละอุปกรณ์ รวมถึงวิธีตรวจสอบและวิธีแก้ไขปัญหาของอุปกรณ์ดังกล่าว และ (4) จัดทำฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาโดยใช้ Microsoft Access 2016 ฐานข้อมูลซึ่งจัดทำโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2016 มีลักษณะ คือ (1) สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์เชิงลึกและอุปกรณ์ที่เกิดปัญหาบ่อย (2) มีขั้นตอนการใช้งานที่ง่ายและสะดวก คือ คลิกเลือกคิวรี (0) ปัญหาของระบบ เพื่อค้นหารหัสปัญหาของระบบ และเลือกฟอร์มปัญหาของแต่ละอุปกรณ์ เพื่อแสดงปัญหา วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไขปัญหาที่พบของอุปกรณ์นั้นๆ และ (3) สามารถแสดงวิธีแก้ไขปัญหาผ่านหน้าจอแสดงผลซึ่งเข้าใจได้ง่ายและสะดวก

คำสำคัญ: ฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหา ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา Microsoft Access 2016

Co-operative Title: Development of Problem-solving Database for Rooftop Solar Power Generation System

Student Intern Name: Mr.Sanpetch Rongsathid

Faculty: Engineering **Department:** Electrical Engineering

Advisor Name: Assistant.Prof.Dr.Piyanart Sommani

Mentor Name: Mr.Anak Suwannarat

Company: Solar Power Roof Co., Ltd.

ABSTRACT

Solar Power Roof Company Limited, engaging in the installation and after-sales services for the rooftop solar power generation system, found that in some cases there are lots of on-site inspection and maintenance tasks over the same periods which cause any delays to the customers. Therefore, this project focuses on developing a problem-solving database for the rooftop solar power generation system using Microsoft Access 2016. The study procedures consist of: (1) analyzing the preliminary parameters affecting the solar power generation through Sunny Portal website; (2) performing on-site inspection for equipment checking when any deviations of such parameters are detected; (3) gathering problems associated with each equipment, inspection methods, and solving methods; and (4) developing the problem-solving database by using Microsoft Access 2016. The characteristics of problem-solving database for rooftop solar power generation system, created by Microsoft Access 2016, are as follows: (1) show the relationship between the advanced parameters and equipment causing frequent problems; (2) have easy-to-use and basic steps, including click query() system problems to find the system problem codes and then click form of each equipment to display problems, inspection methods, and solving methods; and (3) display such solving method through the screen that is easy-to-understand and simple.

Keywords: Problem-solving Database, Rooftop Solar Power Generation System, Microsoft Access 2016

กิตติกรรมประกาศ

โครงการสหกิจศึกษานี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้จากความร่วมมือระหว่างบริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด (Solar Power Roof Co., Ltd.) และคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอขอบคุณ คุณอนรรฆ สุวรรณรัตน์ หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง และพนักงานแผนกซ่อมบำรุง ฝ่ายบริการลูกค้า บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด ที่ให้คำปรึกษาด้านเทคนิค พร้อมทั้งสนับสนุน และให้ความรู้เกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ปิยะนาถ สมมณี อาจารย์นิเทศโครงการสหกิจศึกษา สำหรับคำปรึกษา ความรู้ ความช่วยเหลือ แนวทางการแก้ไขปัญหา พร้อมทั้งชี้แนะแนวทาง โครงการสหกิจศึกษานี้จึงสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน ที่ให้ความรู้ซึ่งสามารถนำไปเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้สิ่งใหม่ได้อย่างรวดเร็ว

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ บิดา มารดา ครอบครัว ที่คอยสนับสนุน ตลอดจนเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจ และความช่วยเหลือ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

สันต์เพชร รงค์สถิต

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 วิธีดำเนินการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เซลล์แสงอาทิตย์	4
2.2 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์	9
2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ประเภทเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า	10
2.4 ขั้นตอนการสร้างฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา	18
3.1 การตรวจติดตามกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal	18
3.2 การคำนวณสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา	20
3.3 การลงพื้นที่ปฏิบัติงาน	21
3.4 การสร้างฐานข้อมูลสำหรับแก้ไขปัญหาที่พบในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2016	23
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล	31
4.1 ผลการคำนวณสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา	31
4.2 ปัญหา วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไขปัญหาของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา	33
4.3 การใช้งานฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	43
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	43
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	44
บรรณานุกรม.....	45
ภาคผนวก.....	47
ภาคผนวก ก.....	48
ภาคผนวก ข.....	52
ประวัติผู้เขียน.....	61



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 สถานะการทำงานของอินเวอร์เตอร์.....	22
3.2 สถานะการทำงานของตัวป้องกันเสิร์จของไฟฟ้ากระแสตรง.....	22
3.3 เงื่อนไขและคำอธิบายเงื่อนไขของพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระบบในแต่ละวัน.....	25
4.1 ผลการคำนวณชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวันและค่าสมรรถนะของระบบ.....	32
4.2 ปัญหา วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไขปัญหาของอุปกรณ์ ในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา.....	33



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การจำแนกประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์	5
2.2 ประเภทแผงเซลล์แสงอาทิตย์	5
2.3 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	6
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์	7
2.5 คุณลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อความเข้มแสงอาทิตย์เปลี่ยนขณะที่อุณหภูมิคงที่	8
2.6 คุณลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนขณะที่ความเข้มแสงอาทิตย์คงที่	8
2.7 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์	9
2.8 แผนผังการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ประเภทเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า	10
2.9 กล่องฟิวส์กระแสตรง	11
2.10 อินเวอร์เตอร์	11
2.11 การทำงานของอินเวอร์เตอร์	12
2.12 ตู้เชื่อมต่อ	13
2.13 ระบบควบคุมและตรวจติดตาม	14
2.14 เครื่องวัดพลังงาน	14
2.15 แนวโน้มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ตามฤดูกาล	15
2.16 ส่วนประกอบของตาราง	16
3.1 ลำดับการดำเนินการพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้า จากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา	18
3.2 หน้าจอ “PV System List” ของเว็บไซต์ Sunny Portal	19
3.3 หน้าจอ “PV System Overview” ของเว็บไซต์ Sunny Portal	19
3.4 หน้าจอที่แสดงข้อมูลสำหรับการคำนวณสมรรถนะของระบบ	20
3.5 ขั้นตอนการสร้างฐานข้อมูลสำหรับแก้ไขปัญหาที่พบในระบบผลิตไฟฟ้า จากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2016	23
3.6 หน้าจอแสดงตารางปัญหาของระบบ	24
3.7 หน้าจอแสดงตารางปัญหาของอินเวอร์เตอร์	26
3.8 หน้าจอแสดงตารางสำหรับการพัฒนาฐานข้อมูลในโครงการสหกิจศึกษา	26
3.9 หน้าจอแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตารางปัญหาของระบบและตารางปัญหาของแต่ละอุปกรณ์	27
3.10 หน้าจอแสดงคิวรีของตารางปัญหา	29

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 หน้าจอแสดงคิวรีสำหรับการพัฒนาฐานข้อมูลในโครงการงานสหกิจศึกษา	30
3.12 หน้าจอแสดงฟอร์มสำหรับการพัฒนาฐานข้อมูลในโครงการงานสหกิจศึกษา	30
4.1 ภาพรวมของการพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา	31
4.2 หน้าจอแสดงการคลิกเลือกคิวรี (0) ปัญหาของระบบ	36
4.3 หน้าจอแสดงช่องสำหรับกรอกเงื่อนไขของพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระบบในแต่ละวัน	37
4.4 หน้าจอแสดงผลลัพท์รหัสปัญหาของระบบซึ่งได้จากการค้นหาด้วยคิวรี	38
4.5 หน้าจอแสดงตารางปัญหาของระบบซึ่งแสดงกรณีศึกษา 8 ชนิด	38
4.6 หน้าจอแสดงฟอร์ม (1) ปัญหาของอินเวอร์เตอร์	39
4.7 ช่องกรอกรหัสปัญหาของระบบ	39
4.8 หน้าจอแสดงผลลัพท์ของฟอร์มปัญหาของแต่ละอุปกรณ์	40
4.9 แถบเลื่อนหน้าของฟอร์ม	42
ก.1 ข้อมูลการตรวจติดตามการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal ของโครงการเปรียบเทียบ A	48
ข.1 คุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยี่ห้อ Kyocera รุ่น KT260-6GC-A	52
ข.2 คุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยี่ห้อ Kyocera รุ่น KK265P-3CD3CG	54
ข.3 คุณลักษณะของอินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ SMA รุ่น Sunny Tripower 25000TL-30	56
ข.4 คุณลักษณะของคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์ ยี่ห้อ SMA	58
ข.5 คุณลักษณะของไฟรานอิมิตอร์ ยี่ห้อ Kipp and Zonen รุ่น SP Lite2	59
ข.6 คุณลักษณะของเครื่องวัดพลังงาน ยี่ห้อ SMA	60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ (บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด. 2557)

บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด (Solar Power Roof Co., Ltd.: SPR) เป็นบริษัทชั้นนำและเป็นเจ้าแรกในประเทศไทยและประชาคมอาเซียนที่พัฒนาธุรกิจการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Rooftop Solar Power Generation System) สำหรับโรงงาน อุตสาหกรรม บ้านเรือน อาคารธุรกิจขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ เป็นต้น บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด เป็นบริษัทในเครือของ บริษัท เอสพีซีจี จำกัด (มหาชน) (SPCG Public Company Limited: SPCG) ซึ่งจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยภายใต้หมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภคและเป็นผู้นำด้านระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบโซลาร์ฟาร์มที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทยและประชาคมอาเซียน

บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด ดำเนินธุรกิจระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา และแบ่งกลุ่มของพนักงานตามลักษณะงาน ได้แก่ กลุ่มสนับสนุนทางเทคนิค (Technical Support) ทำหน้าที่สำรวจสถานที่ก่อนติดตั้งและตรวจสอบการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาซึ่งทางบริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด ได้ว่าจ้างให้ผู้รับเหมาเป็นผู้ดำเนินการติดตั้ง และกลุ่มบริการหลังการขายซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มตรวจติดตามกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า (Power and Energy Monitoring) ผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal และกลุ่มบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Physical Checking) ทั้งนี้พนักงานกลุ่มบริการหลังการขายได้ให้ข้อมูลเบื้องต้นของปัญหาจากการปฏิบัติงานที่พบบ่อย เช่น ปัญหาของการตรวจติดตามกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal ซึ่งมักเป็นผลต่อเนื่องจากการติดตั้งระบบที่ไม่มีประสิทธิภาพ ปัญหาของอุปกรณ์ที่ตรวจสอบได้จากการบำรุงรักษา ณ พื้นที่ปฏิบัติงาน เช่น อินเวอร์เตอร์ไม่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า การไม่พบเลขที่อยู่ไอพี (IP Address) ของคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์ พิวส์กระแสตรงเสียหาย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ค่าพลังงานไฟฟ้าผิดปกติ เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร เป็นต้น

โครงการสหกิจศึกษานี้ได้รับความอนุเคราะห์การดำเนินงานจากแผนกซ่อมบำรุง ฝ่ายบริการลูกค้า บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด ซึ่งทำหน้าที่ให้บริการหลังการขายตามแผนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) รวมถึงเมื่อเกิดการเบี่ยงเบนของค่ากำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปจากที่กำหนด พนักงานที่เกี่ยวข้องจะตรวจสอบค่ากำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ วิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง และตรวจพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อดำเนินการบำรุงรักษา อย่างไรก็ตามพบว่าบางช่วงเวลาอาจมีการแจ้งปัญหาเพื่อร้องขอการบำรุงรักษาเป็นจำนวนมาก ทำให้การบริการหลังการขายเป็นไปอย่างล่าช้าโดยเฉพาะการตรวจพื้นที่ปฏิบัติงาน เนื่องจากสถานที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาของลูกค้าแต่ละรายอยู่ในพื้นที่ค่อนข้างห่างไกล ปัจจุบันบริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำกัด ยังไม่มีการรวบรวมปัญหาและวิธีแก้ปัญหาของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาไว้เป็นฐานข้อมูลเดียวกัน จึงเป็นที่มาของการพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาโดยใช้ Microsoft Access 2016 เพื่อรวบรวมและจัดทำฐานข้อมูลของปัญหาและวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวซึ่งจะช่วยในการคัดกรองปัญหา (Problem Screening) และแก้ไขปัญหา (Problem Solving) ได้อย่างสะดวกและรวดเร็วขึ้น ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการตรวจพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อบำรุงรักษาและส่งผลในการบริการลูกค้าอย่างทั่วถึง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาปัญหาและวิธีแก้ปัญหาที่พบของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

1.2.2 ออกแบบและสร้างฐานข้อมูลเพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาโดยใช้ Microsoft Access 2016

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ได้แก่ อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ และรูปแบบของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

1.3.2 การตรวจติดตามกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal

1.3.3 การบำรุงรักษาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาด้วยการตรวจสอบพื้นที่ปฏิบัติงาน

1.3.4 การใช้โปรแกรม Microsoft Access 2016 เพื่อจัดทำฐานข้อมูลวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่พบในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

1.4 วิธีดำเนินการศึกษา

1.4.1 ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาและการจัดทำฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2016

1.4.2 ศึกษาการใช้งานเว็บไซต์ Sunny Portal โดยเฉพาะพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

1.4.3 ศึกษาและรวบรวมปัญหาและวิธีแก้ปัญหาที่พบของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ณ พื้นที่ปฏิบัติงาน (On-site Inspection)

1.4.4 จัดทำฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2016 ศึกษา

1.4.5 สรุปผลและจัดทำรูปเล่มรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 เครื่องมือที่ใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นที่พบในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

1.5.2 การประหยัดเวลาในการตรวจพื้นที่ปฏิบัติงานสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จำแนกได้ 2 ระบบ คือ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Power Generation) และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนแสงอาทิตย์ (Solar Thermal Power Generation) ปัจจุบันประเทศไทยนิยมใช้เทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2554 และ มปป; Bhattacharjee S. and Saharia BJ. 2014; Roy JN. 2018)

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cells หรือ Photovoltaic Cells: PV) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทสารกึ่งตัวนำ (Semiconductors) ที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง และส่วนใหญ่ผลิตจากซิลิคอน (Si) ซึ่งเป็นธาตุชนิดเดียวกับที่ใช้ผลิตทรานซิสเตอร์ (Transistors) และวงจรรวม (Integrated Circuits: IC)

2.1.1 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ จำแนกเป็น 3 ประเภท (รูปที่ 2.1) ได้แก่

2.1.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน (Silicon Semiconductors) แบ่งตามลักษณะของการเกิดผลึกได้ 2 ชนิด ดังนี้

(1) ชนิดที่เป็นรูปผลึก (Crystalline) เช่น ผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Mono/Single Crystalline Silicon) และผลึกรวมซิลิคอน (Poly/Multi Crystalline Silicon)

(2) ชนิดที่ไม่เป็นรูปผลึก (Non-crystalline) เช่น อะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cells)

2.1.1.2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำที่เป็นสารประกอบชนิดอื่น แบ่งเป็น 2 ชนิด ดังนี้

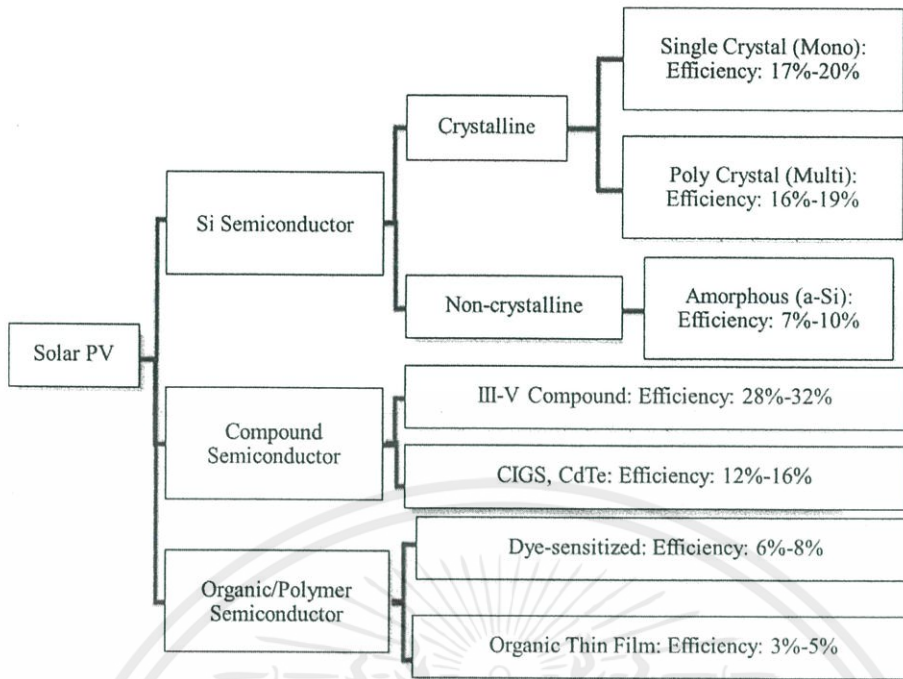
(1) ชนิดสารประกอบกึ่งตัวนำหมู่สาม-ห้า (III-V Compound Semiconductors)

(2) ชนิดสารประกอบ CIGS (Copper Indium Gallium Selenium) และสารประกอบ CdTe (Cadmium Telluride)

2.1.1.3 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำประเภทอินทรีย์หรือพอลิเมอร์ (Organic/Polymer Semiconductor) แบ่งเป็น 2 ชนิด ดังนี้

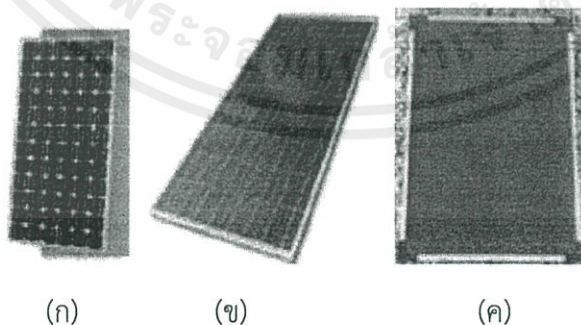
(1) ชนิดสีย้อมไวแสง (Dye-sensitized Solar Cells: DSSCs)

(2) ชนิดฟิล์มบางสารอินทรีย์ (Organic Thin Film)



รูปที่ 2.1 การจำแนกประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ (Roy JN. 2018)

เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้ในประเทศไทยเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอนทั้งชนิดที่เป็นรูปผลึกและชนิดที่ไม่เป็นรูปผลึก (รูปที่ 2.2) สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono/Single Crystalline Silicon มีประสิทธิภาพสูงกว่าแต่นิยมใช้งานน้อยกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Poly/Multi Crystalline Silicon เนื่องจากมีราคาสูงกว่า สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Amorphous Silicon Solar Cells มีข้อดีคือ ความไวต่อแสง ทำให้สามารถทำงานได้ในพื้นที่ที่มีเมฆ หมอก ฝุ่นละออง ฝนตก รวมถึงอุณหภูมิสูง แต่มีข้อจำกัด คือ ประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำทำให้ต้องใช้พื้นที่ติดตั้งมาก



รูปที่ 2.2 ประเภทแผงเซลล์แสงอาทิตย์

(ก) Mono Crystalline Silicon Solar Cells (ข) Poly Crystalline Silicon Solar Cells
และ (ค) Amorphous silicon solar cells

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. มปป)

2.1.2 ขั้นตอนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน มีดังนี้

2.1.2.1 การทำให้ผลึกซิลิคอนไม่บริสุทธิ์ (Dope) ด้วยการเติมธาตุหมู่ 3 เช่น ธาตุโบรอน (B) และธาตุหมู่ 5 เช่น ธาตุฟอสฟอรัส (P) ของตารางธาตุ ซึ่งจะได้ผลึกซิลิคอนชนิด P-type และ N-type ตามลำดับ ผลึกซิลิคอนทั้งสองชนิดนี้มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกัน ดังนี้

(1) ผลึกซิลิคอนชนิด P-type มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นโฮล (Hole) ที่มีอิเล็กตรอน (Electron) ปนอยู่บ้าง ดังนั้นผลึกซิลิคอนชนิด N-type จึงมีโครงสร้างของอะตอมแบบสูญเสียอิเล็กตรอน

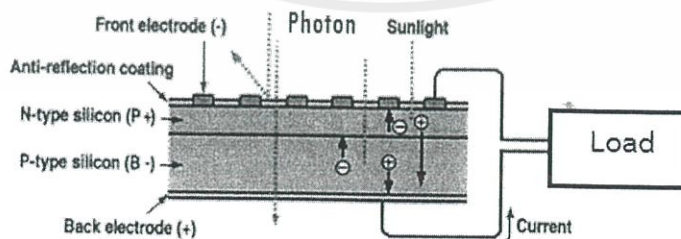
(2) ผลึกซิลิคอนชนิด N-type ส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นอิเล็กตรอนที่มีโฮลปนอยู่บ้าง ดังนั้นผลึกซิลิคอนชนิด N-type มีโครงสร้างของอะตอมแบบให้อิเล็กตรอน

2.1.2.2 การเชื่อมต่อผลึกซิลิคอนชนิด P-type และ N-type ด้วยวิธีการแพร่สารระหว่างผลึกและได้รอยต่อพีเอ็น (P-N Junction) ซึ่งเป็นเขตปลอดพาหะ (Depletion Region) โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นเป็นโครงสร้างพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.2.3 การวางชั้นผลึกซิลิคอนทั้งสองชนิดเป็นชั้นบาง (Layer) โดยให้ส่วนที่อยู่ด้านหน้าของ N-type Layer เป็นส่วนบน (Upper) ของเซลล์แสงอาทิตย์และมีแถบโลหะ Front Electrode ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน และให้ส่วนที่อยู่ด้านหลังของ P-type Layer เป็นส่วนล่าง (Lower) ของเซลล์แสงอาทิตย์และมีแถบโลหะ Back Electrode ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรวมโฮล

2.1.2.4 การเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อลดการสะท้อนแสง

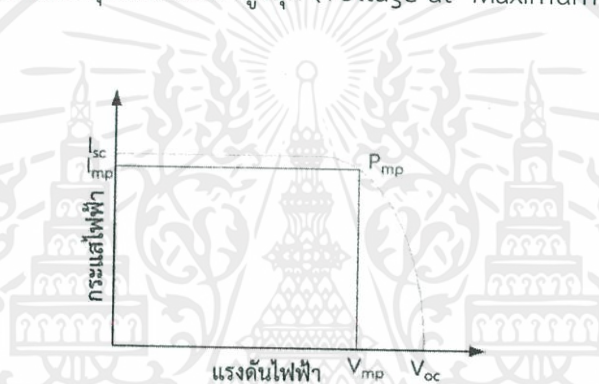
2.1.3 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการถ่ายเทพลังงานและเกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน (ประจุลบ) และโฮล (ประจุบวก) สนามไฟฟ้าที่บริเวณรอยต่อพีเอ็นจะแยกอิเล็กตรอนให้เคลื่อนที่ไปที่ขั้วลบ และโฮลให้เคลื่อนที่ไปที่ขั้วบวก ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง ดังนั้นเมื่อต่อวงจรกับภาระทางไฟฟ้า เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง จะเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าภายในวงจร (รูปที่ 2.3) โดยทั่วไปเซลล์แสงอาทิตย์ให้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 0.5 โวลต์ ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.4 สมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.4.1 กระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้กับแรงดันไฟฟ้าจะขึ้นกับความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อต่อภาระทางไฟฟ้า (Load) ตั้งแต่สภาวะวงจรถัด (Short Circuit) ถึงสภาวะวงจรถัดเปิด (Open Circuit) โดยตัดแกนตั้งที่แรงดันไฟฟ้าเป็นศูนย์ จะได้ค่ากระแสที่สภาวะวงจรถัด (Short Circuit Current: I_{sc}) ส่วนจุดตัดแกนนอนที่กระแสไฟฟ้าเท่ากับศูนย์ จะได้ค่าแรงดันขณะวงจรถัดเปิด (Open Circuit Voltage: V_{oc}) เมื่อนำค่ากระแสไฟฟ้าคูณกับแรงดันไฟฟ้าก็จะได้กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งต้องมีจุดเดียวเป็นค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด เรียกว่า กำลังไฟฟ้าที่จุดสูงสุด (Power at Maximum Point: P_{mp}) ส่วนกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าที่จุดนี้เรียกว่า กระแสที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Current at Maximum Power Point: I_{mp}) กับแรงดันที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Voltage at Maximum Power Point: V_{mp}) ตามลำดับ

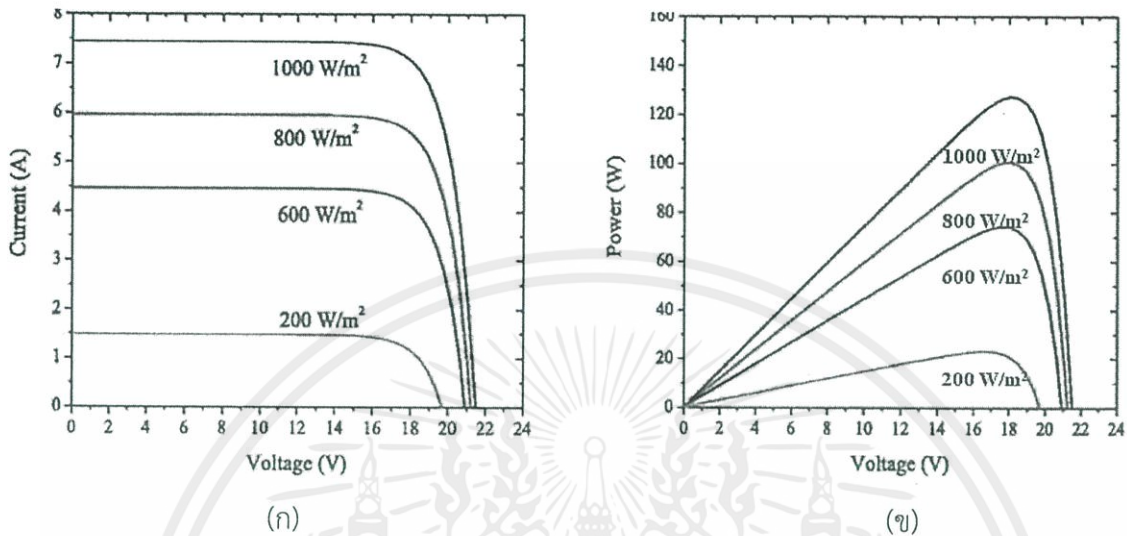


รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถทำได้โดยต่อภาระทางไฟฟ้าซึ่งตั้งค่าระหว่างสภาวะวงจรถัดเปิดถึงสภาวะวงจรถัดเข้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้แสงอาทิตย์ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยควบคุมสภาพแวดล้อมและดำเนินการทดสอบที่สภาวะมาตรฐานทดสอบ (Standard Test Condition: STC) คือ ความเข้มแสงอาทิตย์ $1,000 \text{ W/m}^2$ สเปกตรัมของแสงที่ Air Mass (AM) 1.5 และอุณหภูมิด้านหลังแผง 25°C จากนั้นจะวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า (I-V Curve)

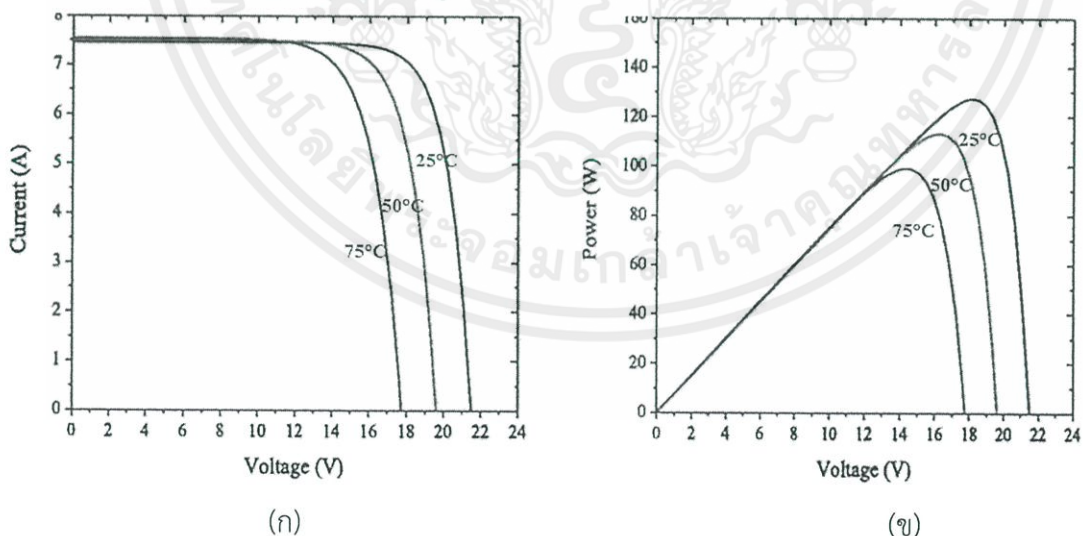
2.1.4.2 ผลกระทบจากความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิ คุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 2.5 และรูปที่ 2.6 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์และอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อสมบัติทางไฟฟ้า ได้แก่ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ซึ่งทดสอบที่สภาวะมาตรฐานทดสอบ

รูปที่ 2.5 (ก) แสดงให้เห็นว่าเมื่อความเข้มแสงอาทิตย์สูงขึ้น จะส่งผลให้กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นในขณะที่แรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย การเพิ่มขึ้นของปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์จะทำให้กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นตามลำดับ (รูปที่ 2.5 (ก) และ (ข))



รูปที่ 2.5 คุณลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อความเข้มแสงอาทิตย์เปลี่ยนขณะที่อุณหภูมิคงที่ (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า และ (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า (Bhattacharjeea S. and Saharia BJ. 2014)

เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง จะส่งผลต่อกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (รูปที่ 2.6 (ก) และ (ข))



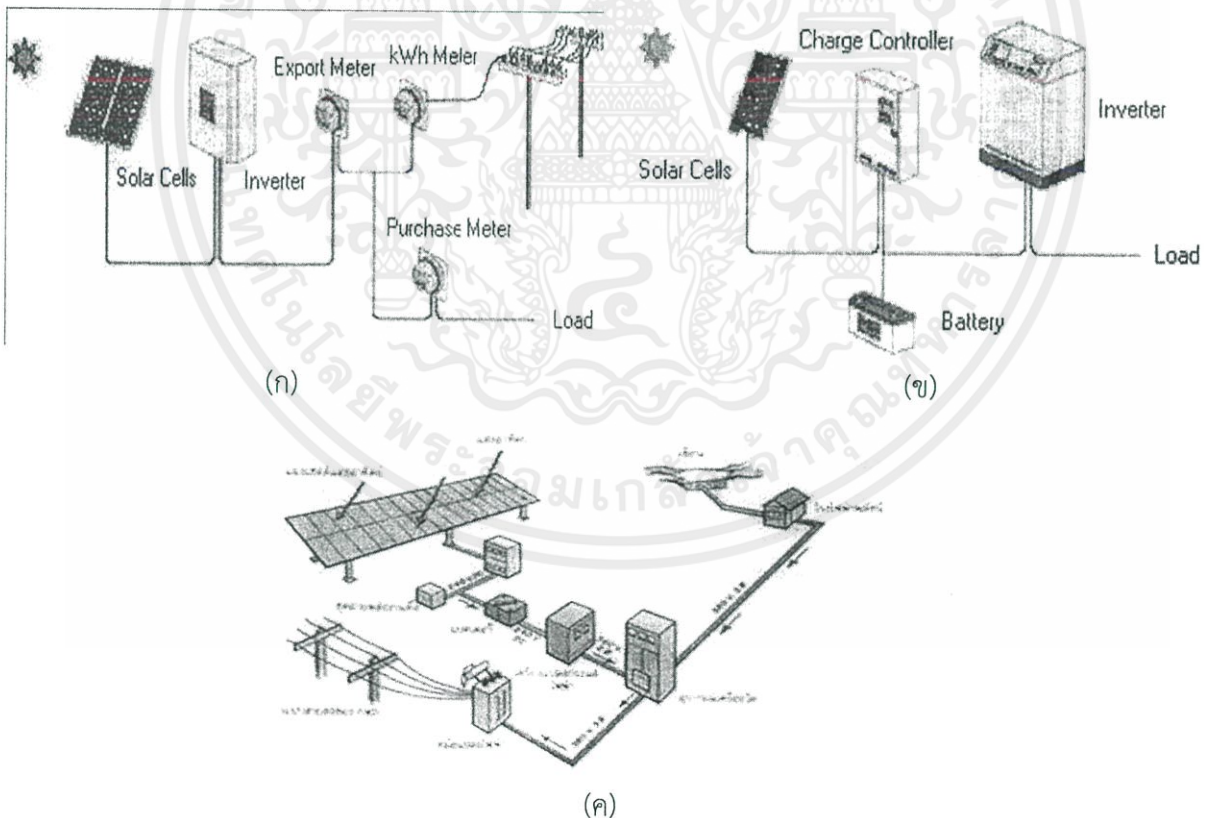
รูปที่ 2.6 คุณลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนขณะที่ความเข้มแสงอาทิตย์คงที่ (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า และ (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า (Bhattacharjeea S. and Saharia BJ. 2014)

2.2 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. มปป)
 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาและแบบฟาร์ม สามารถจำแนกตาม
 การเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า 3 ระบบ คือ

2.2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ประเภทเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า (PV On-grid System or PV Grid Connected System) ออกแบบเพื่อใช้ในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง และประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า (รูปที่ 2.7 (ก))

2.2.2 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ประเภทอิสระ (PV Off-grid System or PV Stand Alone System) ออกแบบเพื่อใช้ในเขตชนบทหรือพื้นที่ที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า และประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดอิสระ (รูปที่ 2.7 (ข))

2.2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ประเภทผสมผสาน (PV Hybrid System) ออกแบบเพื่อใช้ร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าชนิดอื่น เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานลม เครื่องยนต์ดีเซล ไฟฟ้าพลังน้ำ รูปแบบระบบมักขึ้นกับการออกแบบตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน (รูปที่ 2.7 (ค))



รูปที่ 2.7 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

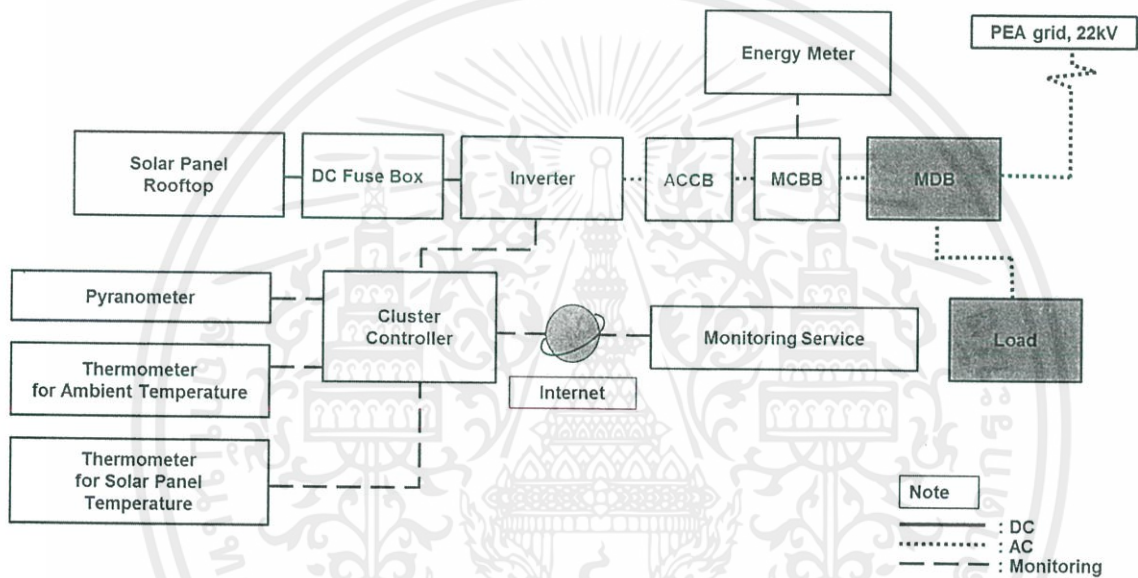
(ก) ประเภทเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า (ข) ประเภทอิสระ (ค) ประเภทผสมผสาน

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. มปป)

2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ประเภทเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า (บริษัท เอ็นเนกท (ประเทศไทย) จำกัด. 2560; บริษัท เอสพีซีจี จำกัด (มหาชน). 2561; Kipp and Zonen. ND; Pennsylvania State University. 2018; SMA Solar Technology AG. NDa, NDb, NDc, and NDd)

โครงการสหกิจศึกษานี้ ศึกษากระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาที่เชื่อมต่อเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า

2.3.1 อุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (รูปที่ 2.8) บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประกอบด้วย 6 อุปกรณ์หลัก ซึ่งเรียงลำดับของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจนถึงขั้นตอนการจำหน่ายไฟฟ้า ดังนี้



รูปที่ 2.8 แผนผังการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาประเภทเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า (บริษัท เอสพีซีจี จำกัด (มหาชน). 2561)

2.3.1.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ หน้าที่ของเซลล์แสงอาทิตย์ คือ การแปลงพลังงานในรูปของแสงอาทิตย์ให้อยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า ดังที่ได้กล่าวไว้ในข้อที่ 2.1 สำหรับบริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด นิยมใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono/Single Crystalline Silicon และชนิด Poly/Multi Crystalline Silicon ตามลำดับ

2.3.1.2 กล่องฟิวส์กระแสตรง (DC Fuse Box) ดังรูปที่ 2.9 เป็นกล่องที่ใช้ต่ออุปกรณ์ป้องกัน คือ ฟิวส์กระแสตรง ตัวป้องกันลัดวงจรของไฟฟ้ากระแสตรง และสายดิน และอุปกรณ์ต่อวงจรรวมกระแสไฟฟ้า คือ ขั้วต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนี้

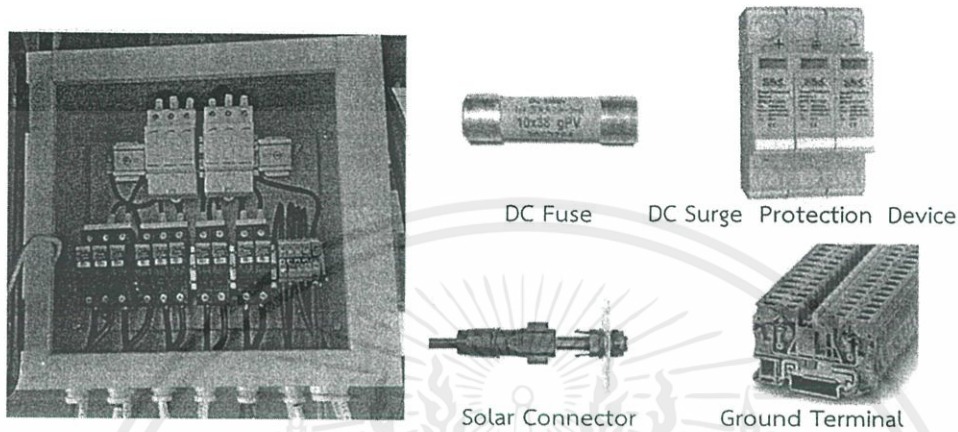
(1) ฟิวส์กระแสตรง (DC Fuse) ทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และป้องกันอินเวอร์เตอร์ไม่ให้เสียหายเมื่อเกิดการลัดวงจร

(2) ตัวป้องกันลัดวงจรของไฟฟ้ากระแสตรง (DC Surge Protection Device) ทำหน้าที่ลดแรงดันไฟกระชากหรือแรงดันลัดวงจร (Surge Voltage) จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น เมื่อเกิดฟ้าผ่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ขั้วต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Connector) ประกอบด้วยสายบวกและสายลบ ทำหน้าที่รวมสายไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละสตริงเข้าสู่อินเวอร์เตอร์ เพื่อให้เหมาะสมกับขนาดของกระแสที่แต่ละอินพุตสำหรับตรวจจับกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Point Tracking (MPPT) Input) ของอินเวอร์เตอร์สามารถรองรับได้

(4) สายดิน (Ground Terminal) ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายที่เกิดจากไฟฟ้า



(ก)

(ข)

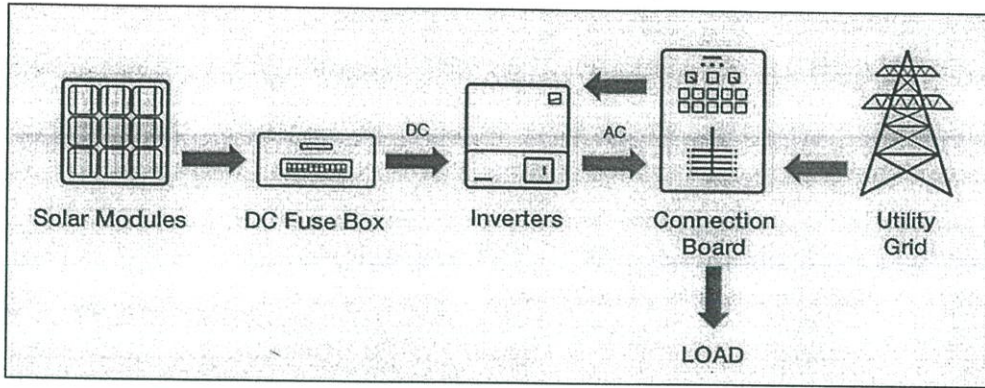
รูปที่ 2.9 กล่องฟิวส์กระแสตรง (ก) ลักษณะภายนอก และ (ข) อุปกรณ์ภายใน (บริษัท เอ็นเนเกท (ประเทศไทย) จำกัด. 2560)

2.3.1.3 อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ดังรูปที่ 2.10 เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ประเภทเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า

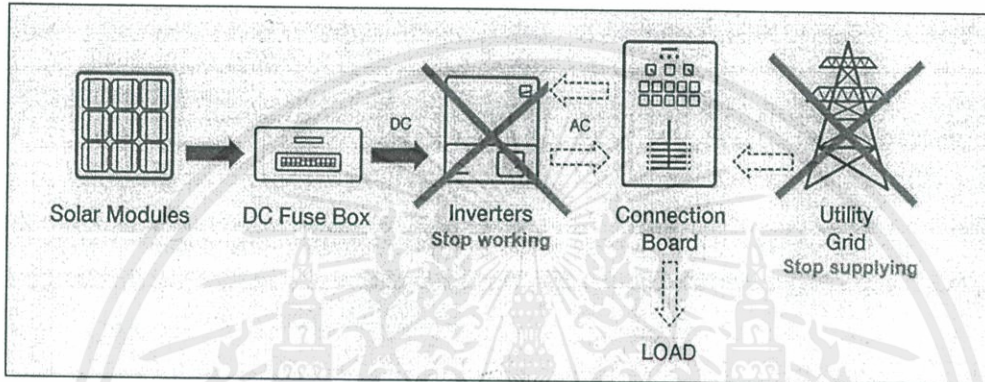


รูปที่ 2.10 อินเวอร์เตอร์ (SMA Solar Technology AG. NDa)

เงื่อนไขในการทำงาน คือ อินเวอร์เตอร์ต้องได้รับไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าผ่านทางตู้เชื่อมต่อ (Connection Board) จากนั้นอินเวอร์เตอร์จะเลียนแบบสัญญาณคลื่นไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า (รูปที่ 2.11 (ก)) และแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ในกรณีที่ไม่มีการจำหน่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้า พบว่าอินเวอร์เตอร์จะไม่มีแปลงไฟฟ้าและส่งผลให้ไม่สามารถนำไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาไปใช้งาน (รูปที่ 2.11 (ข))



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.11 การทำงานของอินเวอร์เตอร์

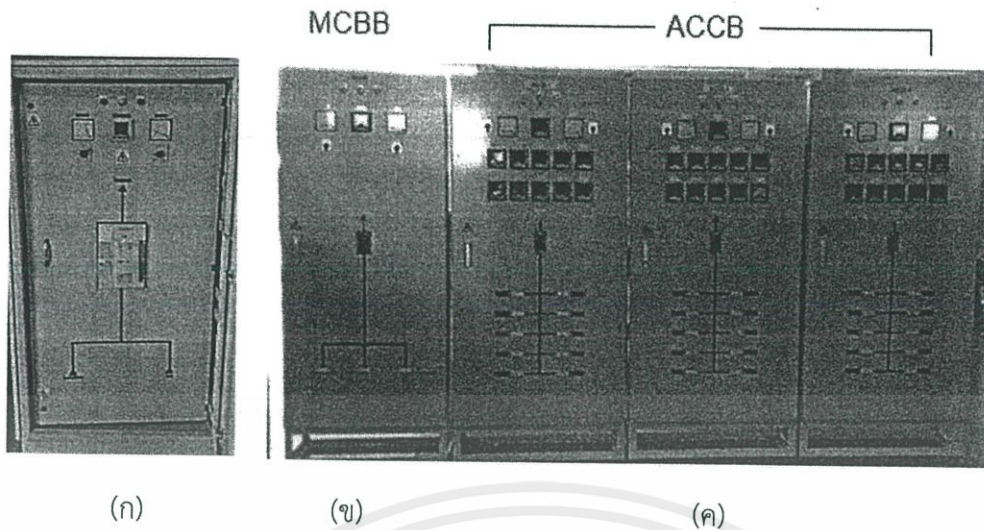
(ก) เมื่อเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า และ (ข) เมื่อไม่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า (บริษัท เอสพีซีจี จำกัด (มหาชน), 2561)

2.3.1.4 ตู้เชื่อมต่อ (Connection Board) ดังรูปที่ 2.12 ประกอบด้วยตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าหลัก (Main Distribution Board: MDB) ตู้เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Main Circuit Breaker Board: MCBB) และตู้รวมสายไฟกระแสสลับ (AC Combiner Board: ACCB) ดังนี้

(1) ตู้ MDB ดังรูปที่ 2.12 (ก) เป็นแผงจ่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่สำหรับใช้ในอาคารขนาดกลางถึงขนาดใหญ่และโรงงานอุตสาหกรรม ทำหน้าที่รับไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้าที่รับจากการไฟฟ้าและจ่ายไฟฟ้าไปที่แผงวงจรไฟฟ้าย่อยในแต่ละส่วนของพื้นที่ปฏิบัติงาน

(2) ตู้ MCBB ดังรูปที่ 2.12 (ข) เป็นแผงจ่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่สำหรับใช้ในอาคารขนาดกลางถึงขนาดใหญ่และโรงงานอุตสาหกรรม ทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าที่รับมาจากตู้ ACCB ซึ่งเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของพื้นที่ปฏิบัติงานผ่านทางตู้ MDB

(3) ตู้ ACCB ดังรูปที่ 2.12 (ค) เป็นแผงจ่ายไฟฟ้าย่อย ทำหน้าที่รวมไฟฟ้ากระแสสลับที่มาจากอินเวอร์เตอร์และเชื่อมต่อที่ตู้ MCBB



รูปที่ 2.12 ตู้เชื่อมต่อ (ก) ตู้ MDB (ข) ตู้ MCBB และ (ค) ตู้ ACCB

2.3.1.5 ระบบควบคุมและตรวจติดตาม ดังรูปที่ 2.13 ประกอบด้วยคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์ (Cluster Controller) เครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์แบบไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer) เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิแวดล้อม

(1) คลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ 2.13 (ก) เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ การตรวจติดตามค่าปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ ความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอุณหภูมิแวดล้อม การบันทึกข้อมูลด้านพลังงานของอินเวอร์เตอร์ผ่านทางโปรแกรมประยุกต์ (Application) และการแลกเปลี่ยนข้อมูลอย่างรวดเร็วผ่านทางอีเทอร์เน็ต (Ethernet) เช่น Modbus, TCP

(2) ไพรานอมิเตอร์ ดังรูปที่ 2.13 (ข) เป็นอุปกรณ์วัดรังสีรวมซึ่งสามารถคำนวณตามสมการ (2.1)

กรณีที่มีเงาบังไพรานอมิเตอร์ ไพรานอมิเตอร์จะวัดรังสีกระจาย

$$I_{\text{Total}} = I_{\text{Beam}} \cos \theta + I_{\text{Diffuse}} \quad (2.1)$$

I_{Beam} คือ รังสีตรง

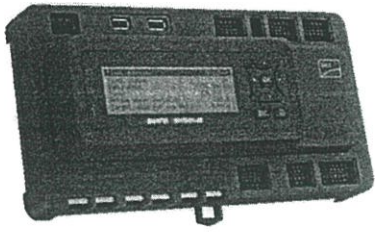
θ คือ มุมซินิกซ์ (Zenith Angle) หรือมุมระหว่างแนวตั้งฉากกับระนาบระดับและแนวลำแสงอาทิตย์

I_{Diffuse} คือ รังสีกระจาย

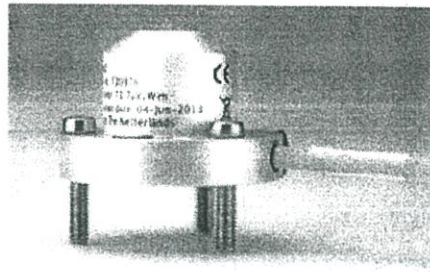
I_{Total} คือ รังสีรวม

(3) เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยติดตั้งใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์

(4) เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิแวดล้อม ดังรูปที่ 2.13 (ค) เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมโดยติดตั้งใกล้แผงเซลล์แสงอาทิตย์



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 2.13 ระบบควบคุมและตรวจติดตาม

(ก) คลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์ (SMA Solar Technology AG. NDB)

(ข) ไพรานอมิเตอร์ (Kipp and Zonen. ND) และ (ค) เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิแวดล้อม

2.3.1.6 เครื่องวัดพลังงาน (Energy Meter) ดังรูปที่ 2.14 เป็นอุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า และสามารถควบคุมปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นไปตามที่กำหนด



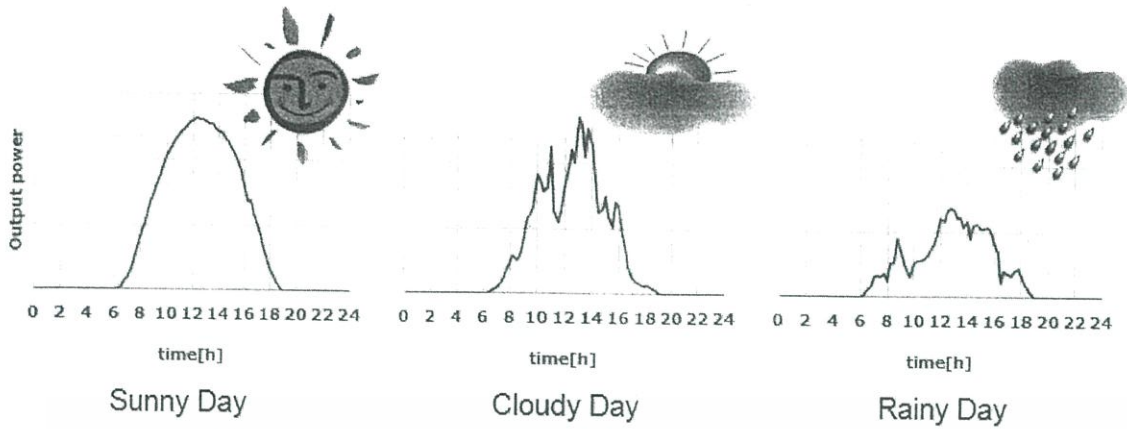
รูปที่ 2.14 เครื่องวัดพลังงาน (SMA Solar Technology AG. NDc)

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (SMA Solar Technology AG. NDd)

2.3.2.1 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม มีดังนี้

(1) ปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กระแสไฟฟ้าจะแปรผันตามความเข้มแสงอาทิตย์ กล่าวคือเมื่อความเข้มแสงอาทิตย์สูงขึ้น จะส่งผลให้กระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นในขณะที่ส่งผลเล็กน้อยต่อแรงดันไฟฟ้า

(2) อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กล่าวคือเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิต่ำ จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้น เช่น ในฤดูหนาวแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะเย็น ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถรับรังสีแสงอาทิตย์ได้เต็มที่ ในทางกลับกันเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูง จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง (รูปที่ 2.15)



รูปที่ 2.15 แนวโน้มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ตามฤดูกาล

(บริษัท เอสพีซีจี จำกัด (มหาชน). 2561)

(3) ลักษณะการบังเงาและสิ่งสกปรกบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น ฝุ่น โคลน จะลดการดูดซับรังสีแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และทำให้สมรรถนะของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ลดลง

2.3.2.2 ปัจจัยอื่นๆ มีดังนี้

(1) ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์มีหลายประเภทดังระบุในข้อที่ 2.1.1 ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละประเภทจะมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน และส่งผลต่อสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

(2) ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จะแปรผันตามประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์

(3) การสูญเสียในสายส่ง ขึ้นกับประเภทและวัสดุของสายส่งซึ่งจะส่งผลต่อสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

2.4 ขั้นตอนการสร้างฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access (ดวงพร เกียงคำ. 2560; ทวีวรรณ คงณีชีขवाल. 2561; ศูนย์พัฒนาทักษะและการเรียนรู้ ICT เทศบาลนครขอนแก่น. 2560; Baycon Group. 2015)

2.4.1 การสร้างฐานข้อมูลด้วยการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ฐานข้อมูลสำหรับใช้ในการจัดเก็บข้อมูลที่มีจำนวนมากซึ่งได้รับการออกแบบมาอย่างดี จะช่วยให้การจัดเก็บและการค้นหาข้อมูลเป็นไปอย่างสะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ และลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นกับข้อมูล ในทางกลับกันหากออกแบบไม่ดี จะก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น ความซ้ำซ้อนของข้อมูล ข้อมูลอยู่จัดเก็บหลายแห่ง การสร้างฐานข้อมูลด้วยการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่

2.4.1.1 การวิเคราะห์ปัญหา

2.4.1.2 การศึกษาความเป็นไปได้

2.4.1.3 การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้

2.4.1.4 การออกแบบฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2.4.1.5 การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม

2.4.1.6 การทำเอกสารประกอบโปรแกรม

2.4.1.7 การติดตั้งและการบำรุงรักษาโปรแกรม

2.4.2 การสร้างฐานข้อมูลสำหรับโครงการงานสหกิจศึกษาฯ ดำเนินการออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access โดยเริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ของการจัดเก็บข้อมูล และมีภาพรวมดังนี้

2.4.2.1 การกำหนดเงื่อนไขของข้อมูลเพื่อให้ตรงกับความต้องการของระบบ

2.4.2.2 การจัดเก็บข้อมูลในตารางและการกำหนดคีย์หลัก

2.4.2.3 การกำหนดชนิดข้อมูล

2.4.2.4 การสร้างความสัมพันธ์ให้กับตารางในระบบฐานข้อมูล

2.4.3 วิธีการสร้างฐานข้อมูล ประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังนี้

2.4.3.1 การสร้างตาราง (Table) เป็นขั้นตอนที่ดำเนินการเป็นอันดับแรกเพื่อจัดเก็บข้อมูลทั้งหมดในฐานข้อมูล การสร้างตารางมีหลายรูปแบบ โดยสรุปคือแต่ละตารางประกอบด้วยเขตข้อมูลหรือฟิลด์ (Field) การกำหนดฟิลด์หลักของแต่ละตาราง และจัดเก็บข้อมูลในระเบียนข้อมูลหรือเร็คคอร์ด (Record) ของแต่ละฟิลด์ ดังรูปที่ 2.16

Table Name: Employees			
	Last Name	First Name	Phone Number
Record	Smith	John	(555) 123-4567
	Jones	Mary	(555) 123-1234
	Adams	Steve	(555) 123-5678
			*

รูปที่ 2.16 ส่วนประกอบของตาราง (Baycon Group. 2015)

2.4.3.2 การกำหนดความสัมพันธ์ (Relationship) เป็นขั้นตอนของการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตารางที่จัดเก็บข้อมูลไว้ ความสัมพันธ์แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

(1) One-to-One หมายถึง ความสัมพันธ์ของสมาชิก 1 รายการ ของตารางหนึ่ง มีความสัมพันธ์กับสมาชิก 1 รายการในอีกตารางหนึ่ง เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างทะเบียนรถยนต์กับรถยนต์ เพราะรถยนต์ 1 คัน จะมีทะเบียนรถได้หมายเลขเดียว และทะเบียน 1 หมายเลข จะมีรถยนต์คันเดียวเท่านั้นที่อ้างอิงถึง

(2) One-to-Many หมายถึง ความสัมพันธ์ของสมาชิก 1 รายการของตารางหนึ่ง มีความสัมพันธ์กับสมาชิกหลายรายการในอีกตารางหนึ่ง เช่น บริษัท 1 บริษัท มีพนักงานอยู่หลายคน

(3) Many-to-Many หมายถึง ความสัมพันธ์ของสมาชิกหลายรายการของตารางหนึ่ง มีความสัมพันธ์กับสมาชิกหลายรายการในอีกตารางหนึ่ง เช่น นักศึกษา 1 คน ลงทะเบียนได้หลายวิชา แต่ละวิชา ก็ถูกนักศึกษาหลายคนลงทะเบียนเช่นกัน

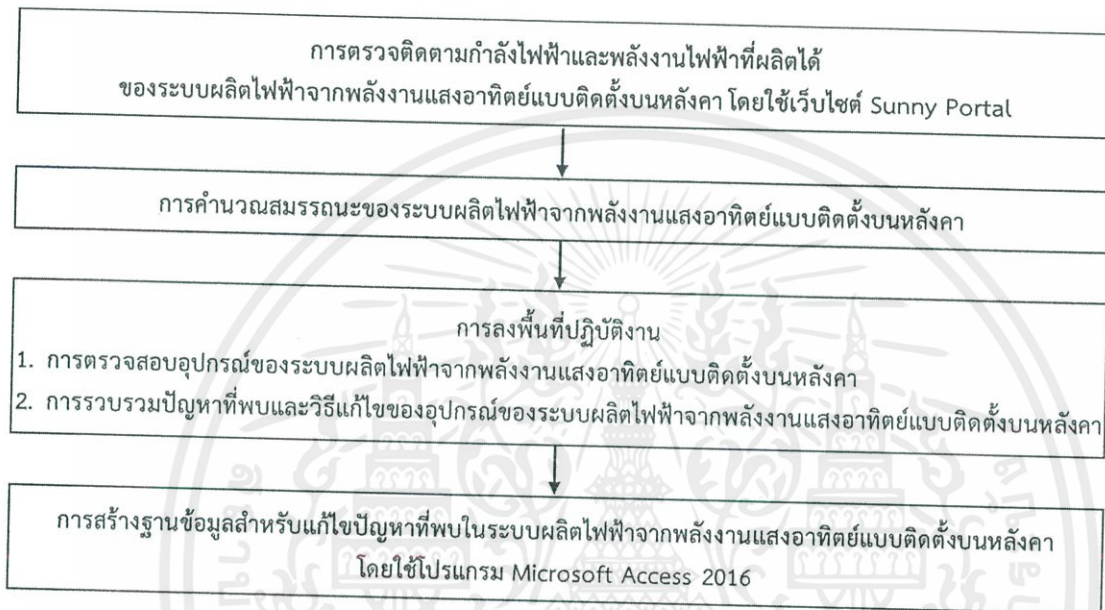
2.4.3.3 การสร้างคิวรี (Query) เป็นขั้นตอนของการสร้างแบบคำถามสำหรับการใช้งานในลักษณะดังนี้

- (1) ค้นหาข้อมูลตามเงื่อนไขที่กำหนด
- (2) เรียงลำดับหรือจัดกลุ่มข้อมูลในรูปแบบที่ต้องการ
- (3) แสดงผลข้อมูลที่ได้มาจากหลายตารางที่มีความสัมพันธ์กัน
- (4) เปลี่ยนแปลงรูปแบบของการแสดงผล
- (5) ปรับปรุงข้อมูลในตาราง
- (6) คำนวณผลลัพธ์หรือสรุปผลข้อมูลจากตารางต่างๆ
- (7) สามารถกำหนดตัวแปรเพื่อรับค่าที่ใช้เป็นเงื่อนไขในการค้นหา
- (8) คำนวณผลลัพธ์ หรือวิเคราะห์สรุปผลข้อมูล

2.4.3.4 การสร้างฟอร์ม (Form) เป็นขั้นตอนของการสร้างฟอร์มรายงานเพื่อแสดงผลการวิเคราะห์และตรวจสอบตามลำดับของตารางที่กำหนดให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา

โครงการสหกิจศึกษาเรื่องการพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ได้รับการอนุเคราะห์การดำเนินงานจากแผนกซ่อมบำรุง ฝ่ายบริการลูกค้า บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด วิธีการดำเนินการศึกษาแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ลำดับการดำเนินการพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

3.1 การตรวจติดตามกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal

3.1.1 ผู้มีสิทธิใช้งานเว็บไซต์ Sunny Portal ได้แก่ กลุ่มตรวจติดตามกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า กลุ่มบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา และลูกค้าของบริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด

3.1.2 ขั้นตอนการใช้งานเว็บไซต์ Sunny Portal มีลำดับดังนี้

3.1.2.1 กรอกรหัสประจำตัว (User ID) และรหัสผ่าน (Password) เพื่อดำเนินการเข้าระบบตรวจติดตามของเว็บไซต์ Sunny Portal (<https://www.sunnyportal.com/Plants>)

3.1.2.2 เมื่อนำจอปรากฏ "PV System List" จะแสดงรายชื่อของสถานที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในวันที่ตรวจติดตาม วันก่อนวันที่ตรวจติดตาม และเดือนที่ตรวจติดตาม จากนั้นให้ผู้ใช้เลือกสถานที่ผลิตไฟฟ้าที่ต้องการตรวจติดตามที่ "PV System" (รูปที่ 3.2)

SUNNY PORTAL US-English SMA Online Store Solar Power Roof

PV System List

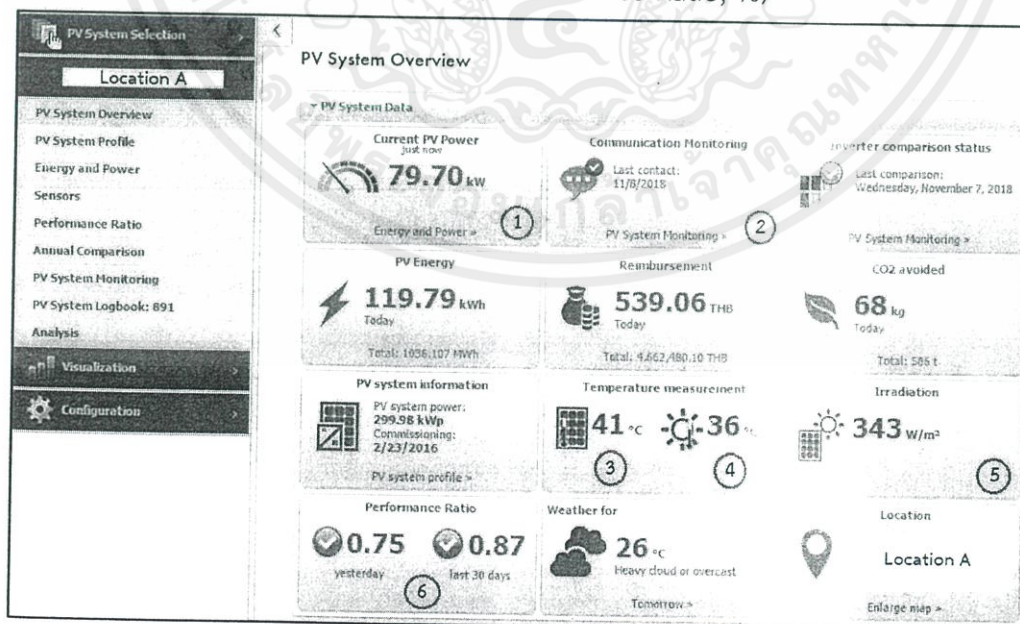
Show 100 entries

PV System	PV system power [kW]	Total yield [kWh] 12/02/2018	Total yield [kWh] 12/01/2018	Total yield [kWh] December 2018	Total yield [kWh] Meter reading	Specific yield [kWh/kWp] December 2018	Specific yield [kWh/kWp] 2018
A	993.60	286.98	1,739.91	2,026.89	188,933.55	2.04	142.79
B	299.98	170.09	693.30	863.39	1,036,106.69	2.88	952.29
C	993.60	607.04	2,627.42	3,234.46	1,207,849.86	3.26	1,185.88
D	999.05	682.60	2,651.55	3,334.15	2,429,188.09	3.34	1,134.55
E	993.60	698.20	2,729.37	3,427.57	1,175,638.98	3.45	1,066.88

รูปที่ 3.2 หน้าจอ “PV System List” ของเว็บไซต์ Sunny Portal

3.1.2.3 เมื่อหน้าจอปรากฏ “PV System Overview” จะแสดงพารามิเตอร์เบื้องต้นที่ใช้วิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าที่กำลังตรวจติดตาม (รูปที่ 3.3) จากนั้นให้ผู้ใช้งานเลือกตรวจสอบพารามิเตอร์ที่สนใจว่าปกติหรือผิดปกติ ได้แก่

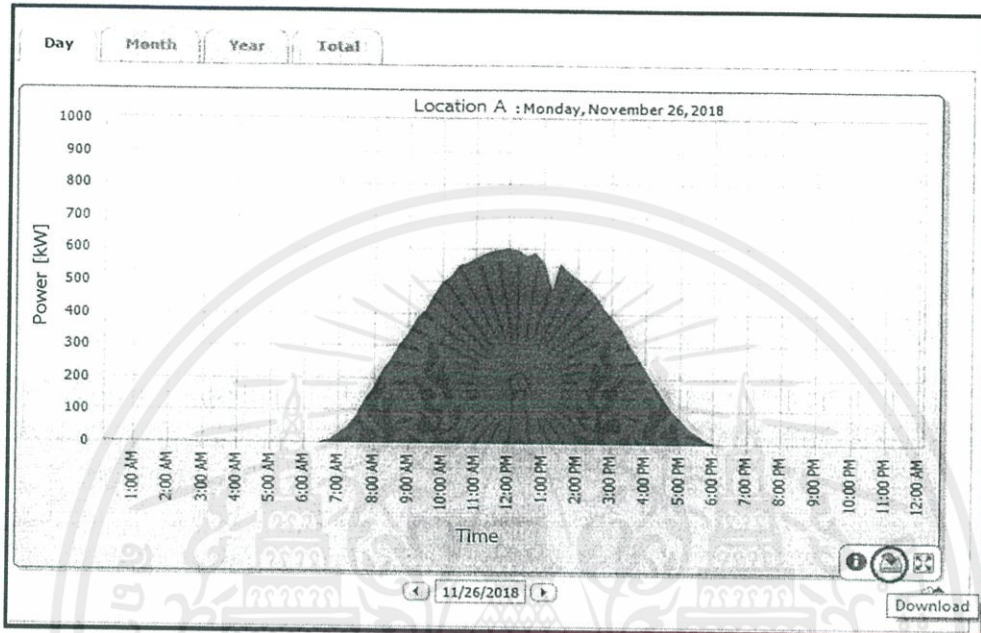
- (1) กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ขณะนั้น (Current PV Power, kW)
- (2) การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์สื่อสาร (Communication Monitoring)
- (3) อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Modules Temperature, °C)
- (4) อุณหภูมิแวดล้อม (Ambient Temperature, °C)
- (5) ความเข้มแสงอาทิตย์ (Solar Irradiation, W/m²)
- (6) สมรรถนะของระบบ (Performance Ratio, %)



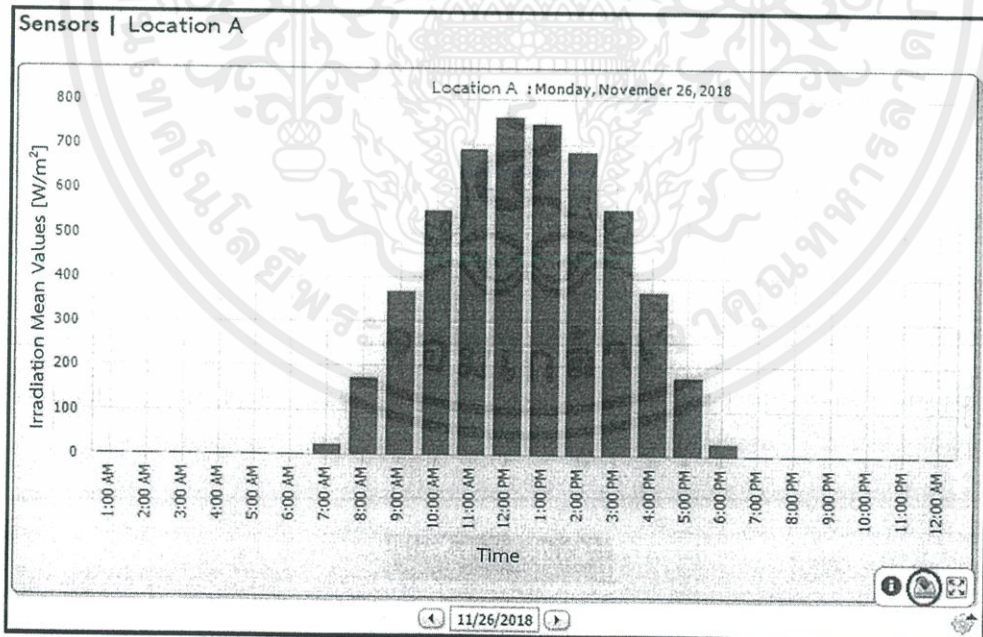
รูปที่ 3.3 หน้าจอ “PV System Overview” ของเว็บไซต์ Sunny Portal

3.2 การคำนวณสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

3.2.1 การรวบรวมข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ขณะนั้นและความเข้มแสงอาทิตย์ โดยกดปุ่มที่ตำแหน่งวงกลมในบริเวณมุมขวาล่าง เพื่อถ่ายโอนข้อมูลจากหน้าจอส่วน “PV System Overview” และ “Sensors” ดังรูปที่ 3.4 (ก) และ (ข) ได้เป็นไฟล์ Microsoft Excel ที่แสดงข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ขณะนั้นและความเข้มแสงอาทิตย์ตามลำดับ



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.4 หน้าจอที่แสดงข้อมูลสำหรับการคำนวณสมรรถนะของระบบ

(ก) กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ขณะนั้น (ข) ความเข้มแสงอาทิตย์

3.2.2 การคำนวณสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

3.2.2.1 การคำนวณชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวัน (Final Yield, h) ดังสมการ (3.1)

$$\text{Final Yield (h)} = \frac{\text{Energy Production [kWh]}}{\text{Capacity Plant [kWp]}} \quad (3.1)$$

3.2.2.2 การคำนวณค่าสมรรถนะของระบบ (Performance Ratio, %) ดังสมการ (3.2)

$$\text{Performance Ratio (\%)} = \frac{\text{Final Yield [h]}}{\Sigma \text{ Solar Irradiation [kWh/m}^2\text{]}} \quad (3.2)$$

3.3 การลงพื้นที่ปฏิบัติงาน

เมื่อกลุ่มตรวจติดตามกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าได้ตรวจพบการเบี่ยงเบนหรือพบความผิดปกติของพารามิเตอร์ในข้อ 3.1.2.3 กลุ่มตรวจติดตามกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าจะแจ้งกลุ่มบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ให้ตรวจสอบอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าต่อไป กลุ่มบำรุงรักษาระบบจะตรวจสอบอุปกรณ์เมื่อลงพื้นที่ปฏิบัติงานดังนี้

3.3.1 ลำดับของการตรวจสอบอุปกรณ์ มีดังนี้

3.3.1.1 อินเวอร์เตอร์

3.3.1.2 ระบบควบคุมและตรวจติดตาม

3.3.1.3 กล่องฟิวส์กระแสตรง

3.3.1.4 ตู้เชื่อมต่อ

3.3.1.5 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.3.2 วิธีการตรวจสอบอุปกรณ์ มีดังนี้

3.3.2.1 อินเวอร์เตอร์ ให้ตรวจสอบสถานะการทำงานของอินเวอร์เตอร์จากสีของสัญญาณไฟที่ปรากฏบนหน้าจอ (ตารางที่ 3.1) คือ เขียว น้ำเงิน และแดง

กรณีที่สัญญาณไฟของอินเวอร์เตอร์เป็นสีแดงและสว่างต่อเนื่อง ให้ดำเนินการดังนี้

(1) ตรวจสอบค่ากำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ซึ่งถ้าค่าดังกล่าวผิดปกติให้วิเคราะห์แนวโน้มการแปลงไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal และตรวจสอบอุปกรณ์ในลำดับต่อไปในข้อ 3.3.2.2 ถึง 3.3.2.5 ตามลำดับ

(2) ติดต่อบริษัท SMA Solar Technology AG ในกรณีที่พนักงานกลุ่มบำรุงรักษาไม่สามารถแก้ไขปัญหาในข้อ 3.3.2.1 เองได้

ตารางที่ 3.1 สถานะการทำงานของอินเวอร์เตอร์ (SMA Solar Technology AG. NDe)

สีของสัญญาณไฟ	ลักษณะ	สถานะการทำงาน
เขียว	สว่างต่อเนื่อง	อินเวอร์เตอร์ทำงานปกติ
	กะพริบ	อินเวอร์เตอร์ทำงานไม่ปกติ เนื่องจากเกิดกรณีดังนี้ 1. ขาดไฟฟ้ากระแสสลับจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า และ/หรือ 2. ขาดไฟฟ้ากระแสตรงจากระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์
น้ำเงิน	สว่างต่อเนื่อง	การควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ผ่านระบบสื่อสารแบบบลูทูธ (Bluetooth)
แดง	สว่างต่อเนื่อง	พบข้อผิดพลาดในการทำงาน

3.3.2.2 ระบบควบคุมและตรวจติดตาม ให้ดำเนินการดังนี้

- (1) ตรวจสอบระบบสื่อสารจากการเชื่อมต่อสายแลนกับคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์
- (2) ตรวจสอบปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอุณหภูมิแวดล้อม จากการเชื่อมต่อสายเครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์แบบไพรานอมิเตอร์ เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิแวดล้อม กับคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์
- (3) ตรวจสอบจำนวนอินเวอร์เตอร์จากการเชื่อมต่อสายอินเวอร์เตอร์กับคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์

3.3.2.3 กล้องพีวีสักระแสตรง ให้ดำเนินการดังนี้

- (1) ตรวจสอบสถานะการทำงานของพีวีสักระแสตรงด้วยเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ (Multimeter)
- (2) ตรวจสอบสถานะการทำงานของตัวป้องกันเสิร์จของไฟฟ้ากระแสตรงด้วยสีของสัญญาณไฟที่ปรากฏบนแถบไฟ (ตารางที่ 3.2) คือ เขียวและแดง

ตารางที่ 3.2 สถานะการทำงานของตัวป้องกันเสิร์จของไฟฟ้ากระแสตรง

สีของสัญญาณไฟ	สถานะการทำงาน
เขียว	ตัวป้องกันเสิร์จของไฟฟ้ากระแสตรงทำงานปกติ
แดง	ตัวป้องกันเสิร์จของไฟฟ้ากระแสตรงเสียหาย

(3) ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์หรือเครื่องโวลท์มิเตอร์ โดยพิจารณาความสอดคล้องของแรงดันระหว่างสายบวกและลบกับแรงดันรวมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทั้งหมด

- (4) ตรวจสอบความต่อเนื่องทางไฟฟ้าของสายดินด้วยเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์

3.3.2.4 ตู้อเชื่อมต่อ ให้ดำเนินการดังนี้

- (1) ตรวจสอบสถานะการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ตู้ MDB ตู้ MCCB และตู้ ACCB
- (2) ตรวจสอบปริมาณกำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ที่ปรากฏบนหน้าจอของตู้ ACCB
- (3) ตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องวัดพลังงาน

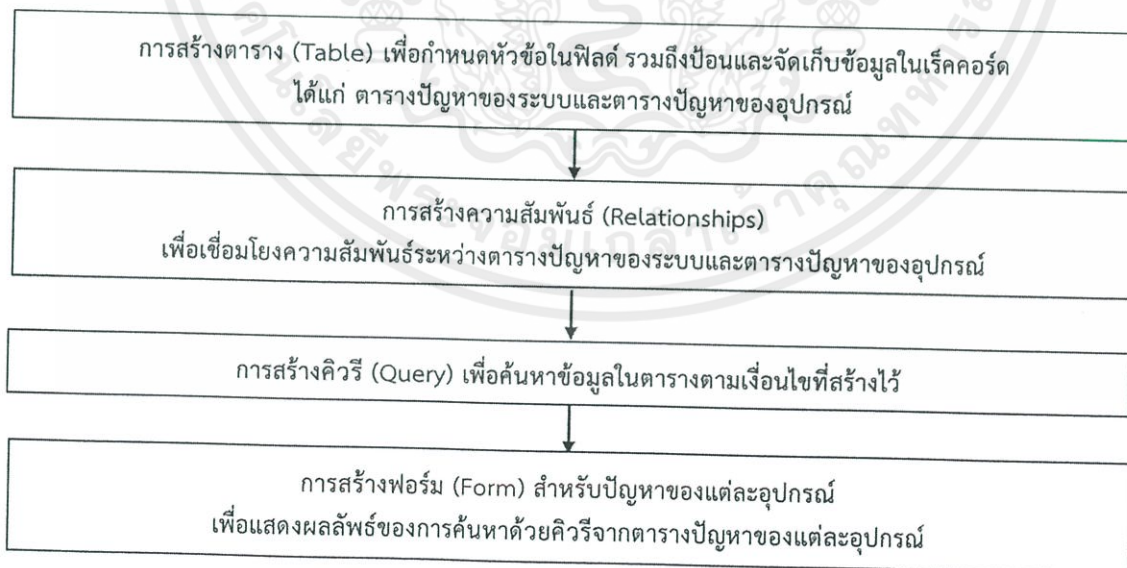
3.3.2.5 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้ดำเนินการดังนี้

- (1) ตรวจสอบสภาพภายนอกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น ร้าว แตก มีฝุ่นเกาะ
- (2) ตรวจสอบการเดินสายไฟฟ้าได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์

โครงการสหกิจศึกษานี้ รวบรวมปัญหาที่พบ วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไขปัญหาของอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขณะที่ลงพื้นที่ปฏิบัติงาน สำหรับจัดทำฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาที่พบในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2016 ในขั้นตอนถัดไป

3.4 การสร้างฐานข้อมูลสำหรับแก้ไขปัญหาที่พบในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2016

วิธีการสร้างฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา โดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2016 อ้างอิงจากคู่มือใช้งาน Access 2016 (ดวงพร เกียรติคำ. 2560) มีขั้นตอนดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการสร้างฐานข้อมูลสำหรับแก้ไขปัญหาที่พบในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2016

3.4.1 การสร้างตาราง (Table) เพื่อกำหนดหัวข้อในเขตข้อมูลหรือฟิลด์ (Field) รวมถึงป้อนและจัดเก็บข้อมูลในระเบียบข้อมูลหรือเร็คคอร์ด (Record) ได้แก่

3.4.1.1 การสร้างตารางปัญหาของระบบเพื่อป้อนและจัดเก็บข้อมูลพารามิเตอร์เชิงลึกซึ่งใช้สำหรับตรวจสอบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในแต่ละวัน เรียกว่า “พารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระบบในแต่ละวัน” มีดังนี้

- (1) ค่าพลังงานที่ผลิตได้ (Energy Production, kWh)
- (2) ชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวัน (Final Yield, h)
- (3) ค่าสมรรถนะของระบบ (Performance Ratio: PR, %)
- (4) กราฟพลังงานไฟฟ้ารวมของอินเวอร์เตอร์ทุกเครื่อง (Total Energy Curve)
- (5) กราฟพลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่อง (Energy Curve)
- (6) ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ (Solar Irradiation, W/m^2)

พารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระบบในแต่ละวันได้มาจาก 2 แหล่งข้อมูล คือ ข้อมูลจากการตรวจติดตามกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal ซึ่งประกอบด้วยค่าพลังงานที่ผลิตได้ กราฟพลังงานไฟฟ้ารวมของอินเวอร์เตอร์ทุกเครื่อง กราฟพลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่อง และค่าความเข้มแสงอาทิตย์ และข้อมูลจากการคำนวณสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ได้แก่ ชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวัน และค่าสมรรถนะของระบบ

หน้าจอตารางปัญหาของระบบแสดงดังฟิลด์ในรูปที่ 3.6 (พื้นที่เทา) ได้แก่ พารามิเตอร์ 6 ตัว ข้างต้นเพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูลให้ตรงกับปัญหาของระบบที่ตรวจพบ “รหัสปัญหาของระบบ” จะกำหนดด้วยรหัสหมายเลข 3 หลัก เช่น 001, 002, 003 ดังเร็คคอร์ดในรูปที่ 3.6 (พื้นที่ขาว)

รหัสปัญหาของระบบ	ค่าพลังงานที่ผลิตได้	ชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวันมากกว่าหรือเท่ากับ 3 ชั่วโมง	ค่าสมรรถนะของระบบมากกว่าหรือเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์	กราฟพลังงานไฟฟ้ารวมของอินเวอร์เตอร์ทุกเครื่อง	กราฟพลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่อง	ค่าความเข้มแสงอาทิตย์
001						
002						
003						
...						

รูปที่ 3.6 หน้าจอแสดงตารางปัญหาของระบบ

ตารางที่ 3.3 แสดงเงื่อนไขและคำอธิบายเงื่อนไขของพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระบบ
ในแต่ละวัน

ตารางที่ 3.3 เงื่อนไขและคำอธิบายเงื่อนไขของพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระบบในแต่ละวัน

พารามิเตอร์	เงื่อนไข	คำอธิบาย
1. ค่าพลังงานที่ผลิตได้ (kWh)	ปกติ ผิดปกติ	$\geq 80\%$ ของกำลังผลิตติดตั้ง $< 80\%$ ของกำลังผลิตติดตั้ง
2. ชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวัน (h)	ใช่ ไม่ใช่	≥ 3 h < 3 h
3. ค่าสมรรถนะของระบบ (%)	ใช่ ไม่ใช่	$\geq 70\%$ $< 70\%$
4. กราฟพลังงานไฟฟ้ารวมของอินเวอร์เตอร์ ทุกเครื่อง	ปกติ น้อย ศูนย์	กราฟพระซังคว่า กราฟพระซังคว่าที่มีลักษณะผิดปกติ กราฟเส้นตรงในแนวราบ
5. กราฟพลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ แต่ละเครื่อง	ปกติ ผิดปกติบางเครื่อง ผิดปกติทั้งหมด	อินเวอร์เตอร์ทุกเครื่อง - กราฟพระซังคว่า อินเวอร์เตอร์บางเครื่อง - กราฟพระซังคว่าที่มี ลักษณะผิดปกติ อินเวอร์เตอร์ทุกเครื่อง - กราฟพระซังคว่าที่มี ลักษณะผิดปกติ
6. ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ (m^2)	ปกติ ผิดปกติ	อยู่ในช่วงความเข้มแสงอาทิตย์ปกติของสถานที่ ผลิตไฟฟ้า อยู่นอกช่วงความเข้มแสงอาทิตย์ปกติของสถานที่ ผลิตไฟฟ้า

3.4.1.2 การสร้างตารางปัญหาของอุปกรณ์เพื่อป้องกันและจัดเก็บอาการที่ตรวจพบ วิธีตรวจสอบ
และวิธีแก้ไขปัญหาของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ปัญหาที่มัก
พบมีดังนี้







- (1) ปัญหาของอินเวอร์เตอร์
- (2) ปัญหาของระบบควบคุมและตรวจติดตาม
- (3) ปัญหาของกล่องฟิวส์กระแสดตรง
- (4) ปัญหาของตู้เชื่อมต่อ
- (5) ปัญหาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

หน้าจอตารางปัญหาของอุปกรณ์ประกอบด้วย อาการที่ตรวจพบ วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไขปัญหาที่พบของแต่ละอุปกรณ์ ทั้งนี้ “รหัสปัญหาของอุปกรณ์” จะกำหนดด้วยรหัสอักษรภาษาอังกฤษแบบพิมพ์ใหญ่ 3 หลัก เคาะ 1 ครั้ง และหมายเลข 3 หลัก ตัวอย่างเช่น หน้าจอตารางปัญหาของอินเวอร์เตอร์แสดงดังฟิลต์ในรูปที่ 3.7 (พื้นที่เทา) ได้แก่ อาการที่ตรวจพบ วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไขปัญหา เพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูลให้ตรงกับปัญหาของอินเวอร์เตอร์ที่ตรวจพบ และ INV 001, 002, 003 แสดงถึงรหัสปัญหาของอินเวอร์เตอร์ลำดับที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ดังเร็คคอร์ดในรูปที่ 3.7 (พื้นที่ขาว)

รหัสปัญหาของอุปกรณ์ - อินเวอร์เตอร์	รหัสปัญหาของระบบ	อาการที่ตรวจพบ	วิธีตรวจสอบ	วิธีแก้ไขปัญหา
INV 001				
INV 002				
INV 003				
...				

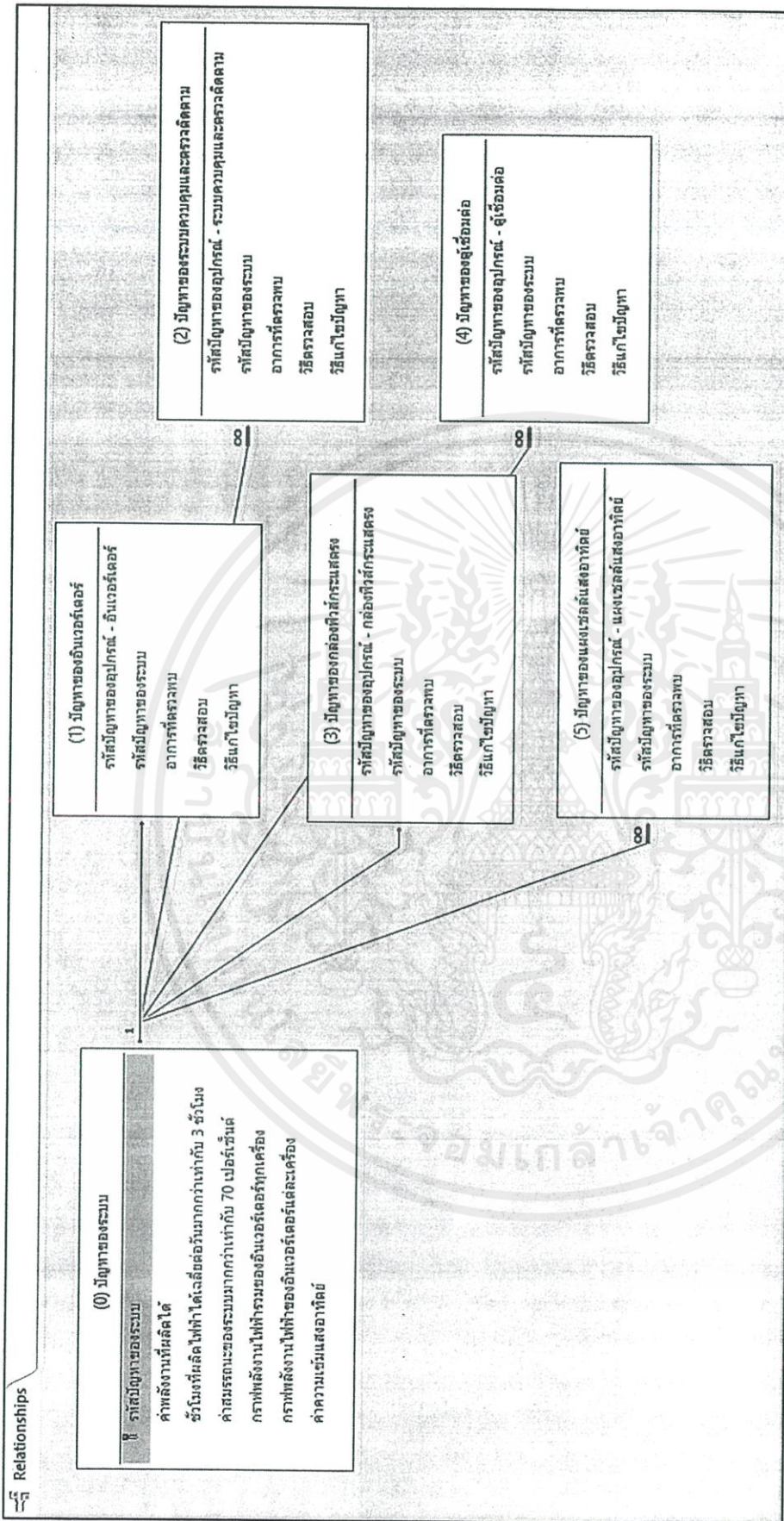
รูปที่ 3.7 หน้าจอแสดงตารางปัญหาของอินเวอร์เตอร์

รูปที่ 3.8 แสดงหน้าจอตารางทั้งหมด ได้แก่ “ตารางแสดงปัญหาของระบบ หมายเลข (0)” ดึงเส้นทึบสีดำ และ “ตารางแสดงปัญหาของแต่ละอุปกรณ์ หมายเลข (1) - (5)” ดึงเส้นประสีดำ

Tables	
	(0) ปัญหาของระบบ
	(1) ปัญหาของอินเวอร์เตอร์
	(2) ปัญหาของระบบควบคุมและตรวจติดตาม
	(3) ปัญหาของกล่องฟิวส์กระแสตรง
	(4) ปัญหาของผู้เชื่อมต่อ
	(5) ปัญหาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 3.8 หน้าจอแสดงตารางสำหรับการพัฒนาฐานข้อมูลในโครงการสหกิจศึกษา

3.4.2 การสร้างความสัมพันธ์ (Relationships) เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง “ตารางแสดงปัญหาของระบบ หมายเลข (0)” และ “ตารางแสดงปัญหาของแต่ละอุปกรณ์ หมายเลข (1) - (5)” ดังรูปที่ 3.9 โดยคลิกลากฟิลต์ที่สัมพันธ์กันจากตารางปัญหาของระบบไปวางทับกับ “ตารางแสดงปัญหาของแต่ละอุปกรณ์ หมายเลข (1) - (5)”



รูปที่ 3.9 หน้าจอแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตารางปัญหาของระบบและตารางปัญหาของแต่ละอุปกรณ์

3.4.3 การสร้างคิวรี (Query) เพื่อค้นหาข้อมูลในตารางตามเงื่อนไขที่สร้างไว้ (ข้อที่ 3.4.1)

3.4.3.1 การสร้างคิวรีจากตารางปัญหาของระบบ รูปที่ 3.10 (ก) โดยมีขั้นตอนดังนี้

- (1) คลิกเลือกตารางปัญหาของระบบที่ละช่อง จนครบ 7 ช่อง
- (2) คลิกเลือกฟิลด์ทั้งหมดจากตารางปัญหาของระบบ
- (3) กำหนดเกณฑ์ (Criteria) ให้กับพารามิเตอร์ของตารางปัญหาของระบบ

ด้วยการกรอกคำสั่ง Like[X] ในช่องเกณฑ์ เมื่อ X คือพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระบบในแต่ละวัน

ผลลัพธ์ของการสร้างคิวรีจากตารางปัญหาของระบบ คือ รหัสปัญหาของระบบ

3.4.3.2 การสร้างคิวรีจากตารางปัญหาของแต่ละอุปกรณ์ เป็นขั้นที่นำรหัสปัญหาของระบบกรณีนี้จะยกตัวอย่างของอินเวอร์เตอร์ รูปที่ 3.10 (ข) โดยมีขั้นตอนดังนี้

- (1) คลิกเลือกตารางปัญหาของอินเวอร์เตอร์ที่ละช่อง จนครบ 5 ช่อง
- (2) คลิกเลือกฟิลด์ทั้งหมดจากตารางปัญหาของอินเวอร์เตอร์
- (3) คลิกเลือกตารางปัญหาของระบบ 1 ช่อง
- (4) คลิกเลือกฟิลด์รหัสปัญหาของระบบ 1 ช่อง
- (5) กำหนดเกณฑ์ให้กับฟิลด์รหัสปัญหาของระบบ (ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้จาก

ข้อ 3.4.3.1) ของตารางปัญหาของระบบด้วยคำสั่ง Like[รหัสปัญหาของระบบที่ตรวจพบ]

(6) กำหนดเกณฑ์ให้กับฟิลด์รหัสปัญหาของระบบของตารางปัญหาของอินเวอร์เตอร์ด้วยคำสั่ง [(0) ปัญหาของระบบ]![รหัสปัญหาของระบบ] ซึ่งเป็นการนำรหัสปัญหาของระบบในข้อ 3.4.3.2(5) ไปใช้ค้นหาข้อมูลจากการที่ตรวจพบ วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไขปัญหาของอินเวอร์เตอร์

Field:	<input checked="" type="checkbox"/> รหัสปัญหาของระบบ	ชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้	ค่าสมรรถนะของระบบมา	กราฟพลังงานไฟฟ้ารวมข	กราฟพลังงานไฟฟ้าของอี	ค่าความเข้มแสงอาทิตย์
Table:	(0) มีปัญหาของระบบ	(0) มีปัญหาของระบบ	(0) มีปัญหาของระบบ	(0) มีปัญหาของระบบ	(0) มีปัญหาของระบบ	(0) มีปัญหาของระบบ
Sort:	Ascending <input checked="" type="checkbox"/>					
Show:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Criteria:	Like [ค่าพลังงานที่ผลิตได้	Like [ชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้า	Like [ค่าสมรรถนะของระ	Like [กราฟพลังงานไฟฟ้า	Like [กราฟพลังงานไฟฟ้า	Like [ค่าความเข้มแสงอา
or:						







(ก)

(1) ปัญหาของอินเวอร์เตอร์						
Field:	<input checked="" type="checkbox"/> รหัสปัญหาของระบบ	รหัสปัญหาของอุปกรณ์ - อิน	วิธีการสอบ	วิธีแก้ไขปัญหา	รหัสปัญหาของระบบ	
Table:	(0) มีปัญหาของระบบ	(1) มีปัญหาของอินเวอร์เตอร์	(1) มีปัญหาของอินเวอร์	(1) มีปัญหาของอินเวอร์	(1) มีปัญหาของอินเวอร์	
Sort:	Ascending <input checked="" type="checkbox"/>					
Show:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Criteria:	Like [รหัสปัญหาของระบบ				[(0) มีปัญหาของระบบ] [ร	
or:						

(ข)






รูปที่ 3.10 หน้าจอแสดงคิวรีของตารางปัญหา (ก) ปัญหาของระบบ และ (ข) ปัญหาของอินเวอร์เตอร์

รูปที่ 3.11 แสดงหน้าจอคิวรีทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย “คิวรีค้นหาข้อมูลปัญหาของระบบ หมายเลข (0)” ดึงเส้นที่บสีดำ และ “คิวรีค้นหาข้อมูลปัญหาของแต่ละอุปกรณ์ หมายเลข (1) - (5)” ดึงเส้นประสีดำ

Queries	
	(0) ปัญหาของระบบ
	(1) ปัญหาของอินเวอร์เตอร์
	(2) ปัญหาของระบบควบคุมและตรวจติดตาม
	(3) ปัญหาของกล่องฟิวส์กระแสดรง
	(4) ปัญหาของผู้เชื่อมต่อ
	(5) ปัญหาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 3.11 หน้าจอแสดงคิวรีสำหรับการพัฒนาฐานข้อมูลในโครงการงานสหกิจศึกษา

3.4.4 การสร้างฟอร์ม (Form) สำหรับปัญหาของแต่ละอุปกรณ์ เพื่อแสดงผลลัพธ์ของการค้นหาด้วยคิวรีจากตารางปัญหาของแต่ละอุปกรณ์ (ข้อที่ 3.4.3.2) “หน้าจอของฟอร์มปัญหาของแต่ละอุปกรณ์ หมายเลข (1) - (5)” แสดงดังรูปที่ 3.12

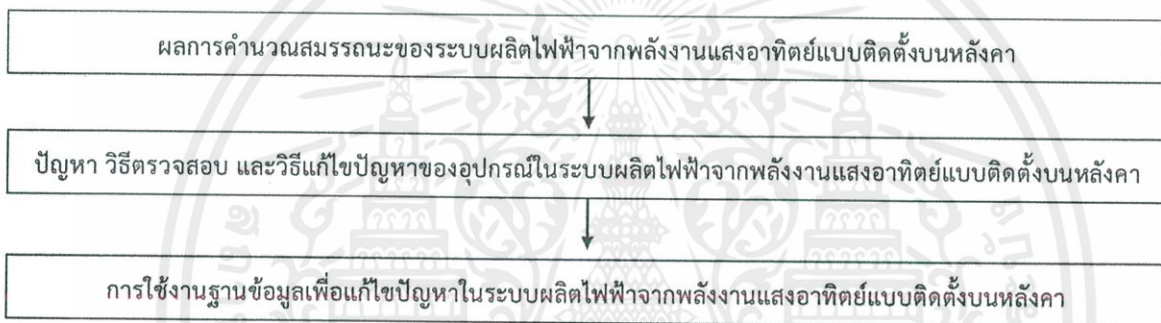
Forms	
	(1) ปัญหาของอินเวอร์เตอร์
	(2) ปัญหาของระบบควบคุมและตรวจติดตาม
	(3) ปัญหาของกล่องฟิวส์กระแสดรง
	(4) ปัญหาของผู้เชื่อมต่อ
	(5) ปัญหาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 3.12 หน้าจอแสดงฟอร์มสำหรับการพัฒนาฐานข้อมูลในโครงการงานสหกิจศึกษา

บทที่ 4

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

โครงการสหกิจศึกษาเรื่องการพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ได้รับการอนุเคราะห์การดำเนินงานจากแผนกซ่อมบำรุง ฝ่ายบริการลูกค้า บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด ทำให้สามารถรวบรวมปัญหา วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไขปัญหของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาจากการลงพื้นที่ปฏิบัติงานจริง และนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาสร้างฐานข้อมูลโดยใช้ Microsoft Access 2016 เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ไขปัญหาที่ตรวจสอบพบในอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ภาพรวมของการพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาแสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ภาพรวมของการพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหา
ในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

4.1 ผลการคำนวณสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจติดตามกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal ซึ่งจะนำไปคำนวณสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ได้แก่

4.1.1 จำนวนชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวัน (Final Yield, h) สูตรคำนวณแสดงดังสมการ (3.1) ในบทที่ 3

4.1.2 ค่าสมรรถนะของระบบ (Performance Ratio, %) สูตรคำนวณแสดงดังสมการ (3.2) ในบทที่ 3

ตัวอย่างโครงการเปรียบเทียบ A แสดงผลการคำนวณค่าชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวันและค่าสมรรถนะของระบบตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันเสาร์ รวมจำนวนวันทำการผลิตไฟฟ้าทั้งสิ้น 26 วัน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการคำนวณชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวันและค่าสมรรถนะของระบบ

โครงการเปรียบเทียบ A

Location: โครงการเปรียบเทียบ A จังหวัดระยอง

Inverter: 16 x Sunny Tripower 25000TL-30

Capacity Plant: 365.70 kWp (Date 1-15), 487.60 kWp (Date 16-31)

No.	Date	Day	*Energy Production [kWh]	*Solar Irradiation [kW/m ²]	Final Yield [h]	*Performance Ratio [%]	Remark
1	1	THU	1,348.51	4.72	3.69	87.10	
2	2	FRI	1,697.37	5.96	4.64	85.90	
3	3	SAT	1,631.62	5.64	4.46	86.90	
4	6	TUE	1,097.78	3.87	3.00	84.50	
5	7	WED	1,018.02	3.47	2.78	86.30	
6	8	THU	1,436.84	5.20	3.93	82.80	
7	9	FRI	435.67	1.44	1.19	83.70	ฝนตก
8	10	SAT	1,517.54	5.27	4.15	82.60	
9	12	MON	1,168.01	4.17	3.19	83.20	
10	13	TUE	1,170.83	4.18	3.20	83.60	
11	14	WED	1,451.93	5.15	3.97	83.70	
12	15	THU	1,280.83	4.58	3.50	65.60	
13	16	FRI	1,695.08	5.52	3.48	69.40	
14	17	SAT	2,205.48	6.02	4.52	86.70	
15	19	MON	1,724.99	4.08	3.54	87.30	
16	20	TUE	1,845.12	5.00	3.78	88.20	
17	21	WED	1,738.74	4.41	3.57	91.20	
18	22	THU	1,337.62	3.41	2.74	89.10	
19	23	FRI	1,672.98	4.34	3.43	79.70	
20	24	SAT	1,428.84	4.72	2.93	73.70	
21	26	MON	1,777.15	4.67	3.64	90.10	
22	27	TUE	1,218.85	3.13	3.35	87.60	ฝนตก
23	28	WED	1,907.36	4.98	4.52	88.80	
24	29	THU	1,416.04	3.59	2.90	90.20	
25	30	FRI	1,594.28	4.11	3.27	92.60	
26	31	SAT	1,560.39	3.85	3.20	92.70	
Total			38,377.87	115.48	90.60	-	
Average			1,476.07	4.44	3.48	84.74	
Max			2,205.48	6.02	4.64	92.70	
Min			435.67	1.44	1.19	65.60	

เมื่อได้ผลการคำนวณชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวันและค่าสมรรถนะของระบบ จะนำไปพิจารณา ร่วมกับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระบบตัวอื่น ได้แก่ ค่าพลังงานที่ผลิตได้ กราฟพลังงานไฟฟ้ารวมของ อินเวอร์เตอร์ทุกเครื่อง กราฟพลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่อง และค่าความเข้มแสงอาทิตย์ (รายละเอียดเพิ่มเติมแสดงในภาคผนวก ก) กรณีที่กลุ่มตรวจติดตามกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าตรวจพบ การเบี่ยงเบนหรือพบความผิดปกติของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระบบข้างต้น กลุ่มตรวจติดตาม กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าจะแจ้งกลุ่มบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบน หลังคา ให้ตรวจสอบอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าต่อไป (คุณลักษณะของอุปกรณ์แสดงในภาคผนวก ข)

4.2 ปัญหา วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไขปัญหาของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

ตารางที่ 4.2 แสดงปัญหาของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา รวมถึงวิธีตรวจสอบและวิธีแก้ไขปัญหาดังกล่าว การลงพื้นที่ปฏิบัติงานร่วมกับพนักงานแผนกซ่อมบำรุงพบว่าอุปกรณ์ที่เกิดปัญหาบ่อยโดยเรียงลำดับความถี่ของปัญหาที่พบจากมากไปน้อยได้ดังนี้

4.2.1 อินเวอร์เตอร์

4.2.2 ระบบควบคุมและตรวจติดตาม

4.2.3 กล่องฟิวส์กระแสดรง

4.2.4 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

4.2.5 ตู้เชื่อมต่อ

ตารางที่ 4.2 ปัญหา วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไขปัญหาของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

ปัญหา	วิธีตรวจสอบ	วิธีแก้ไขปัญหา
1. อินเวอร์เตอร์		
- 202-203: อินเวอร์เตอร์ตัดการเชื่อมต่อจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าเนื่องจากพบปัญหา เช่น สายไฟฟ้ากระแสสลับเสียหาย หรือแรงดันไฟฟ้าที่ชั่ว ต่อ อินเวอร์เตอร์ต่ำเกินไป	1. ตรวจสอบสถานะการทำงานของ เซอร์กิตเบรกเกอร์ 2. ตรวจสอบสภาพและการเชื่อมต่อสายไฟฟ้ากระแสสลับ 3. ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า	1. เซอร์กิตเบรกเกอร์: เปิดสวิตช์ ถ้าพบว่าเซอร์กิตเบรกเกอร์ปิดอยู่ 2. สายไฟฟ้ากระแสสลับ: เชื่อมต่อให้ถูกต้องและซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน 3. ปรับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในช่วงที่กำหนด
- 1302: อินเวอร์เตอร์ไม่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า	1. ตรวจสอบการเชื่อมต่อสายไฟฟ้ากระแสสลับ 2. ตรวจสอบการตั้งค่าชุดข้อมูลของอินเวอร์เตอร์ เช่น แรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้า ให้เป็นไปตามเกณฑ์ของแต่ละประเทศ	1. สายไฟฟ้ากระแสสลับ: เชื่อมต่อให้ถูกต้อง 2. ค่าชุดข้อมูลของอินเวอร์เตอร์: ปรับตั้งค่าชุดข้อมูลให้เป็นไปตามเกณฑ์ของแต่ละประเทศ
- 3501: อินเวอร์เตอร์ไม่เชื่อมต่อกับสายดินของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	ตรวจสอบการเชื่อมต่อและการเดินสายดินของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	เชื่อมต่อสายดินของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ถูกต้อง
- 7701-7703: อินเวอร์เตอร์ไม่ทำงาน	-	ติดต่อแผนก SMA Service Line ของบริษัท SMA Solar Technology AG
หมายเหตุ	1. วิธีตรวจสอบและวิธีแก้ไขปัญหารวบรวมจากการลงพื้นที่ปฏิบัติงานร่วมกับพนักงานแผนกซ่อมบำรุงและจากคู่มือการใช้งาน 2. รายละเอียดของสถานะการทำงานของเครื่องอินเวอร์เตอร์แสดงดังตารางที่ 3.1 3. รายละเอียดเพิ่มเติมของการแก้ไขปัญหาดังกล่าวตามคู่มือการใช้งาน (SMA Solar Technology AG. NDF)	

ปัญหา	วิธีตรวจสอบ	วิธีแก้ไขปัญหา
2. ระบบควบคุมและตรวจติดตาม		
- การไม่พบเลขที่อยู่ไอพี (IP Address) ของคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์	-	ใช้โปรแกรม IP Scanner ค้นหาเลขที่อยู่ไอพีของคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์
- การขาดการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เนต ถึงแม้จะพบเลขที่อยู่ไอพี	ตรวจสอบการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เนต ดังนี้ 1. ตรวจสอบผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal 2. ตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อของสายแลนในพื้นที่ปฏิบัติงานกับคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์	ติดต่อพนักงานแผนก IT ของพื้นที่ปฏิบัติงาน ให้ปฏิบัติดังนี้ 1. กำหนดเลขที่อยู่ไอพีให้กับคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์ 2. เชื่อมต่อสายแลนในพื้นที่ปฏิบัติงานกับคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์หรือสวิตช์ฮับ
- การขาดการสื่อสารจากอินเวอร์เตอร์	ตรวจสอบการเชื่อมต่อของอินเวอร์เตอร์กับคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์ ดังนี้ 1. ตรวจสอบจำนวนอินเวอร์เตอร์ผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal 2. ตรวจสอบจำนวนอินเวอร์เตอร์จากหน้าจอคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์	เชื่อมต่อสายแลนระหว่างอุปกรณ์เชื่อมโยง (Webconnect) ของอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่องให้แน่น
- หน้าจอของคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์ค้างหรือเป็นสีขาว	ตรวจสอบหน้าจอคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์	เปลี่ยนคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์
- เครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์แบบไพรานอมิเตอร์แสดงค่าความเข้มแสงอาทิตย์ผิดปกติ	ตรวจสอบความสอดคล้องกันของค่าความเข้มแสงอาทิตย์กับอุณหภูมิแวดล้อมในขณะนั้น ดังนี้ 1. ตรวจสอบผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal 2. ตรวจสอบ หน้าจอคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์	เชื่อมต่อสายของเครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์แบบไพรานอมิเตอร์ให้ถูกต้อง
หมายเหตุ	วิธีตรวจสอบและวิธีแก้ไขปัญหาสรุปรวบรวมจากการลงพื้นที่ปฏิบัติงานร่วมกับพนักงานซ่อมบำรุง	
3. กล่องฟิวส์กระแสดรง		
- ฟิวส์กระแสดรงเสียหาย	ตรวจสอบความต่อเนื่องของฉนวนในฟิวส์กระแสดรงด้วยเครื่องมือวัดมิเตอร์	เปลี่ยนฟิวส์กระแสดรง
- ตัวป้องกันเสิร์จของไฟฟ้ากระแสดรงเสียหาย	ตรวจสอบสีของสัญญาณไฟที่ปรากฏบนแถบไฟ	เปลี่ยนตัวป้องกันเสิร์จของไฟฟ้ากระแสดรง
- สายดินเชื่อมต่อไม่แน่นหรือหลุด	ตรวจสอบการเชื่อมต่อและการเดินสายดินของกล่องฟิวส์กระแสดรง	เชื่อมต่อสายดินของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ถูกต้อง
หมายเหตุ	1. วิธีตรวจสอบและวิธีแก้ไขปัญหาสรุปรวบรวมจากการลงพื้นที่ปฏิบัติงานร่วมกับพนักงานซ่อมบำรุง 2. รายละเอียดของสถานะการทำงานของตัวป้องกันเสิร์จของไฟฟ้ากระแสดรงแสดงดังตารางที่ 3.2	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ 34 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหา	วิธีตรวจสอบ	วิธีแก้ไขปัญหา
4. แผงเซลล์แสงอาทิตย์		
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ค่าพลังงานไฟฟ้าผิดปกติ และพบสภาพแวดล้อม เช่น ฝนตก เมฆมาก	ตรวจสอบค่าความเข้มแสง อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอุณหภูมิแวดล้อม ผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal	-
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ค่าพลังงานไฟฟ้าผิดปกติ และพบสภาพแวดล้อม เช่น ฝน ผุ่น ผงสี	ตรวจสอบสภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์	1. ล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2. ในกรณีที่สามารถดำเนินการได้ ให้ย้ายตำแหน่งติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังตำแหน่งที่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้เต็มที่
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ค่าพลังงานไฟฟ้าผิดปกติ และพบความเสียหายของแผง เช่น รอยกระแทก	ตรวจสอบสภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์	กรณีที่เสียหายมาก ให้เปลี่ยนแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ค่าพลังงานไฟฟ้าผิดปกติ และพบสภาพแวดล้อม เช่น ฟ้าผ่า	ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	กรณีที่เสียหายมาก ให้เปลี่ยนแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- สายไฟฟ้าใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อผิดหรือหลุด	ตรวจสอบการเชื่อมต่อและการเดินสายไฟฟ้าใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์	เชื่อมต่อสายไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ถูกต้อง
- สายไฟฟ้าใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้น	ตรวจสอบการรั่วไหลของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในกล่องฟิวส์ กระแสตรงแต่ละสตรีง	ทำให้สายไฟฟ้าแห้ง และใช้เทปพันสายไฟฟ้าพันจุดที่ขึ้น
- สายไฟฟ้าใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขาด เช่น เกิดจากสัตว์กัดแทะ	ตรวจสอบการเชื่อมต่อและการเดินสายไฟฟ้าใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์	1. กรณีที่ขาดเล็กน้อย ให้แก้ไขชั่วคราวด้วยการใช้เทปพันสายไฟฟ้า 2. กรณีที่ขาดมาก ให้เปลี่ยนสายไฟฟ้า
หมายเหตุ	วิธีตรวจสอบและวิธีแก้ไขปัญหาสรุปรวบรวมจากการลงพื้นที่ปฏิบัติงานร่วมกับพนักงานแผนกซ่อมบำรุง	
5. ตู้เชื่อมต่อ		
- เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรเพราะความผิดพลาดในสายไลน์ สายนิวตรอล หรือสายดิน	ตรวจสอบการเชื่อมต่อและการเดินสายไลน์ สายนิวตรอล หรือสายดิน ของตู้เชื่อมต่อที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร	ปิดระบบและแก้ไขปัญหาของสายไลน์ สายนิวตรอล หรือสายดิน
- เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรเพราะฟังก์ชันของรีเวอร์สพาวเวอร์รีเลย์ (Reverse Power Relay)	ตรวจสอบค่ากำลังการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และนำไปเปรียบเทียบกับความต้องการใช้พลังงาน ณ พื้นที่ปฏิบัติงาน	กรณีที่ค่ากำลังการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เกินความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า ณ พื้นที่ปฏิบัติงาน ให้ตั้งค่าเครื่องวัดพลังงานในการควบคุมการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้สอดคล้องกับพลังงาน

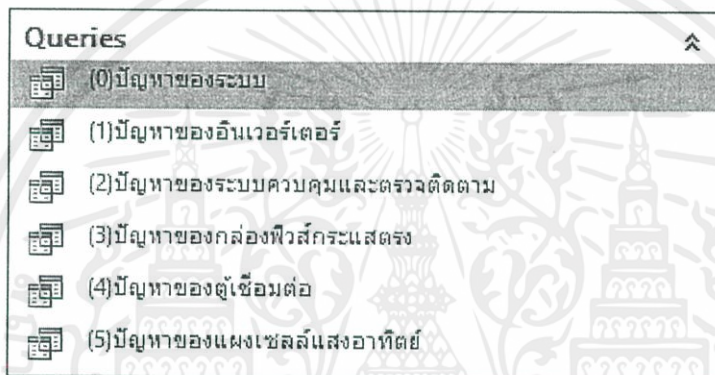
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า เมื่อผู้ดูแลระบบหรือช่างเทคนิคดำเนินการ

ปัญหา	วิธีตรวจสอบ	วิธีแก้ไขปัญหา
		ไฟฟ้าที่พื้นที่ปฏิบัติงาน
หมายเหตุ	วิธีตรวจสอบและวิธีแก้ไขปัญหารวบรวมจากการลงพื้นที่ปฏิบัติงานร่วมกับพนักงานแผนกซ่อมบำรุง	

4.3 การใช้งานฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

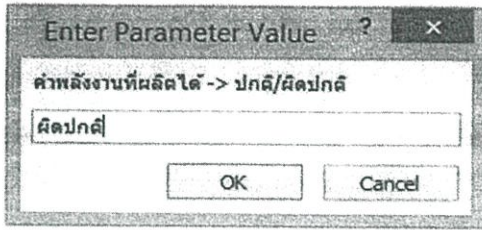
ขั้นตอนการใช้งานฐานข้อมูลเพื่อค้นหาปัญหา วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไขที่พบของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา มีดังนี้

4.3.1 การคลิกเลือกคิวรี (0) ปัญหาของระบบ เพื่อค้นหารหัสปัญหาของระบบดังรูปที่ 4.2

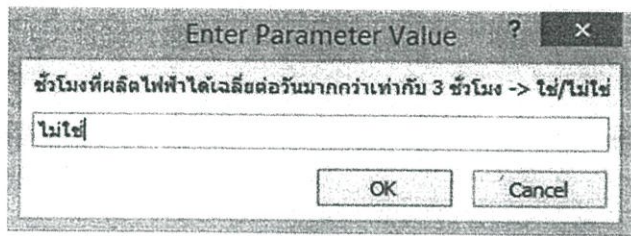


รูปที่ 4.2 หน้าจอแสดงการคลิกเลือกคิวรี (0) ปัญหาของระบบ

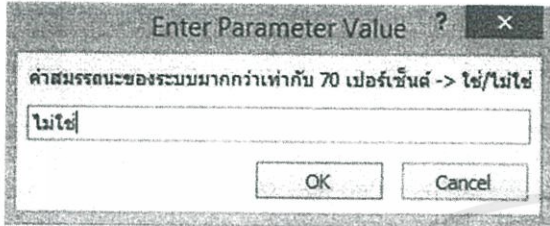
เมื่อคลิกเลือกคิวรี (0) ปัญหาของระบบแล้ว จะปรากฏช่องสำหรับกรอกเงื่อนไขของพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระบบในแต่ละวัน ให้กรอกเงื่อนไขของพารามิเตอร์ที่ละตัว จนครบทั้ง 6 ตัวตามลำดับ ดังรูปที่ 4.3



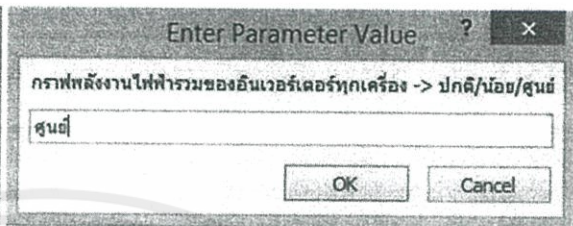
(ก)



(ข)



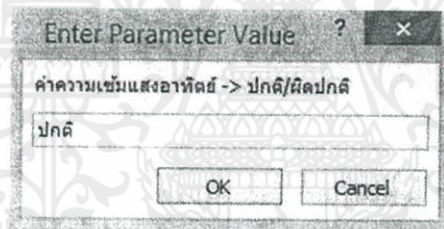
(ค)



(ง)



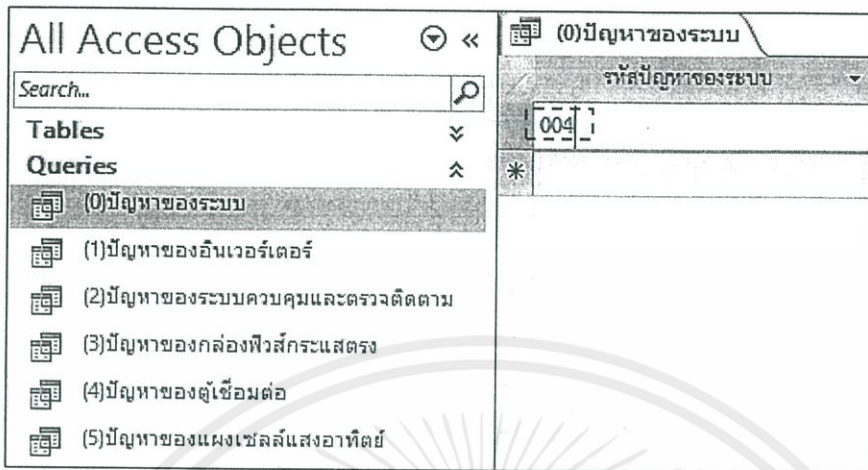
(จ)



(ฉ)

รูปที่ 4.3 หน้าจอแสดงช่องสำหรับกรอกเงื่อนไขของพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระบบในแต่ละวัน
(ก) ค่าพลังงานที่ผลิตได้ (ข) ชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวัน (ค) ค่าสมรรถนะของระบบ
(ง) กราฟพลังงานไฟฟ้ารวมของอินเวอร์เตอร์ (จ) กราฟพลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่อง
และ (ฉ) ค่าความเข้มแสงอาทิตย์

เมื่อกรอกเงื่อนไขของพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระบบในแต่ละวันจนครบทั้ง 6 ตัว จะปรากฏรหัสปัญหาของระบบที่ตรวจพบ (เส้นประสีดำ) ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงผลรหัสปัญหาของระบบซึ่งได้จากการค้นหาด้วยคิวรี

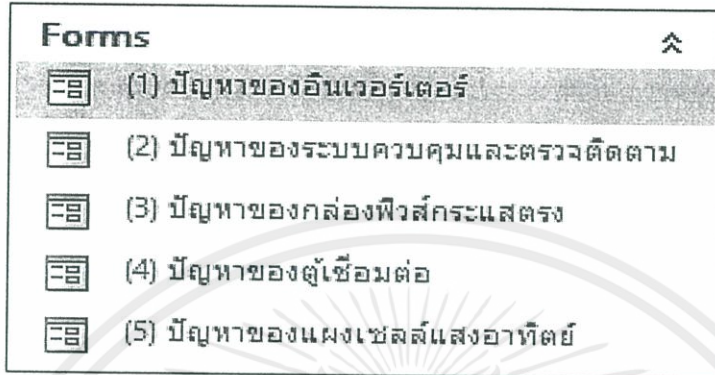
กรณีที่กรอกเงื่อนไขของพารามิเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งไม่ตรงกับเงื่อนไขที่กำหนด เช่น กรอกผิด จะทำให้ไม่สอดคล้องกับพารามิเตอร์ในตารางปัญหาของระบบ หรือกรณีที่กรอกเงื่อนไขของพารามิเตอร์ถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนด แต่ไม่ตรงตามกรณีศึกษาทั้ง 8 ชนิด ได้แก่ รหัสปัญหาของระบบ 001 - 008 ในตารางปัญหาของระบบ (รูปที่ 4.5) ซึ่งรวบรวมได้จากการลงพื้นที่ปฏิบัติงาน จะส่งผลให้คิวรีไม่สามารถระบุรหัสปัญหาของระบบได้

รหัสปัญหาของระบบ	ค่าพลังงานที่ผลิตได้	ชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวันมากกว่าหรือเท่ากับ 3 ชั่วโมง	ค่าสมรรถนะของระบบมากกว่าหรือเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์	กราฟพลังงานไฟฟ้ารวมของอินเวอร์เตอร์ทุกเครื่อง	กราฟพลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่อง	ค่าความเข้มแสงอาทิตย์
001	ผิดปกติ	ไม่ใช่	ไม่ใช่	น้อย	ผิดปกติทั้งหมด	ปกติ
002	ผิดปกติ	ไม่ใช่	ไม่ใช่	น้อย	ผิดปกติบางตัว	ปกติ
003	ผิดปกติ	ไม่ใช่	ไม่ใช่	ศูนย์	ผิดปกติทั้งหมด	ปกติ
004	ผิดปกติ	ไม่ใช่	ไม่ใช่	ศูนย์	ผิดปกติบางตัว	ปกติ
005	ปกติ	ใช่	ใช่	ปกติ	ปกติ	ปกติ
006	ปกติ	ใช่	ไม่ใช่	ปกติ	ปกติ	ผิดปกติ
007	ผิดปกติ	ไม่ใช่	ไม่ใช่	น้อย	ผิดปกติทั้งหมด	ผิดปกติ
008	ผิดปกติ	ไม่ใช่	ไม่ใช่	ศูนย์	ผิดปกติทั้งหมด	ผิดปกติ

รูปที่ 4.5 หน้าจอแสดงตารางปัญหาของระบบซึ่งแสดงกรณีศึกษา 8 ชนิด

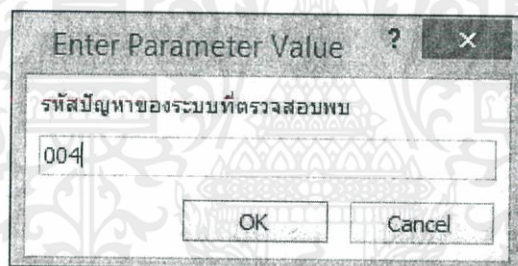
4.3.2 การคลิกเลือกฟอร์มปัญหาของแต่ละอุปกรณ์ เพื่อแสดงปัญหา วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไข ปัญหาที่พบของอุปกรณ์นั้นๆ

ตัวอย่างเช่น เมื่อคลิกเลือกคิวรี (1) ปัญหาของอินเวอร์เตอร์ (รูปที่ 4.6) จะปรากฏช่องสำหรับกรอกรหัสปัญหาของระบบ



รูปที่ 4.6 หน้าจอแสดงฟอร์ม (1) ปัญหาของอินเวอร์เตอร์

จากนั้นให้กรอกรหัสปัญหาของระบบที่ตรวจพบจากข้อ 4.3.1 ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ช่องกรอกรหัสปัญหาของระบบ

ผลลัพธ์ที่ปรากฏในฟอร์มปัญหาของอินเวอร์เตอร์ (รูปที่ 4.8 (ก)) แสดงดังนี้

- รหัสปัญหาของระบบ คือ 004
- รหัสปัญหาของอุปกรณ์ คือ อินเวอร์เตอร์
- อาการที่ตรวจพบ คือ ไม่ปรากฏ
- วิธีตรวจสอบ คือ ไม่ปรากฏ
- วิธีแก้ไขปัญหา คือ ไม่ปรากฏ

เนื่องจากอาการที่ตรวจพบ วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไขปัญหา ขึ้นข้อความ “ไม่ปรากฏ” ซึ่งหมายความว่าปัญหาของระบบที่แสดงด้วยรหัส “004” ไม่ใช่ปัญหาของอินเวอร์เตอร์ แต่อาจเกิดจากอุปกรณ์ชนิดอื่น จากนั้นให้ตรวจสอบยืนยันด้วยการกรอกรหัสปัญหาของระบบ “004” ในฟอร์มปัญหาของอุปกรณ์ชนิดอื่นดังรูปที่ 4.8 (ข) - รูปที่ 4.8 (จ)

(ก) ปัญหาของอินเวอร์เตอร์

รหัสปัญหาของระบบ	รหัสปัญหาของอุปกรณ์ - อินเวอร์เตอร์
004	ไม่ปรากฏ
อาการที่ตรวจพบ	ไม่ปรากฏ
วิธีตรวจสอบ	ไม่ปรากฏ
วิธีแก้ไขปัญหา	ไม่ปรากฏ

Record: 1 of 1 | No Filter | Search

(ก)

(ข) ปัญหาของระบบควบคุมและตรวจติดตาม

รหัสปัญหาของระบบ	รหัสปัญหาของอุปกรณ์ - ระบบควบคุมและตรวจติดตาม
004	CMS 003
อาการที่ตรวจพบ	ขาดการสื่อสารจากเครื่องอินเวอร์เตอร์
วิธีตรวจสอบ	ตรวจสอบสถานะจำนวนเครื่องอินเวอร์เตอร์ที่เชื่อมต่อกับระบบสื่อสารผ่านทางคัสเตอร์คอนโทรลเลอร์
วิธีแก้ไขปัญหา	เชื่อมต่อสายแลนระหว่างเว็บคอนเนคของอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่องให้แน่น

Record: 1 of 1 | No Filter | Search

(ข)

รูปที่ 4.8 หน้าจอแสดงผลลัพธ์ของฟอร์มปัญหาของแต่ละอุปกรณ์

(ก) ปัญหาของอินเวอร์เตอร์ (ข) ปัญหาของระบบควบคุมและตรวจติดตาม

(ค) ปัญหาของกล่องฟิวส์กระแสตรง (ง) ปัญหาของตู้เชื่อมต่อ และ (จ) ปัญหาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

(3) ปัญหาของกล่องฟิวส์กระแสตรง

รหัสปัญหาของระบบ 004	รหัสปัญหาของอุปกรณ์ - กล่องฟิวส์กระแสตรง DFB 003
อาการที่ตรวจพบ การเชื่อมต่อสายดินไม่แน่น ส่งผลให้ไฟฟ้าเกิดการรั่วไหล	
วิธีตรวจสอบ ตรวจสอบความแน่นของการเชื่อมต่อสายดินในทุกๆจุดของระบบ	
วิธีแก้ไขปัญหา ตรวจสอบขั้วต่อสายดินให้อยู่ในสภาพที่เชื่อมต่อแน่นและถูกต้อง	

Record: 14 of 1 | No Filter | Search

(ค)

(4) ปัญหาของตู้เชื่อมต่อ

รหัสปัญหาของระบบ 004	รหัสปัญหาของอุปกรณ์ - ตู้เชื่อมต่อ CUB 001
อาการที่ตรวจพบ เกิดการทรบเนื่องจากเกิดความผิดพลาดในสายไลน์	
วิธีตรวจสอบ เปิดตู้ไฟฟ้าที่เกิดปัญหาเพื่อเช็คการเชื่อมต่อสายไลน์และสายดิน	
วิธีแก้ไขปัญหา ปิดระบบแล้วทำการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับสายแต่ละเฟสให้เรียบร้อย	

Record: 14 of 1 | No Filter | Search

(ง)

รูปที่ 4.8 หน้าจอแสดงผลรหัสของฟอร์มปัญหาของแต่ละอุปกรณ์ (ต่อ)

(ก) ปัญหาของอินเวอร์เตอร์ (ข) ปัญหาของระบบควบคุมและตรวจติดตาม

(ค) ปัญหาของกล่องฟิวส์กระแสตรง (ง) ปัญหาของตู้เชื่อมต่อ และ (จ) ปัญหาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

(5) ปัญหาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

รหัสปัญหาของระบบ 004	รหัสปัญหาของอุปกรณ์ - แผงเซลล์แสงอาทิตย์ PVM 002
อาการที่ตรวจพบ การเชื่อมต่อสายไฟได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์อาจมีการเชื่อมต่อผิดหรือหลุด	
วิธีตรวจสอบ ตรวจสอบการเชื่อมต่อสายไฟได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์	
วิธีแก้ไขปัญหา เชื่อมต่อสายไฟของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้แน่นและถูกต้อง	

Record: 1 of 4 | Search

(จ)

รูปที่ 4.8 หน้าจอแสดงผลผลลัพธ์ของฟอร์มปัญหาของแต่ละอุปกรณ์ (ต่อ)

(ก) ปัญหาของอินเวอร์เตอร์ (ข) ปัญหาของระบบควบคุมและตรวจติดตาม

(ค) ปัญหาของกล่องฟิวส์กระแสตรง (ง) ปัญหาของตู้เชื่อมต่อ และ (จ) ปัญหาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ฟอร์มปัญหาของแต่ละอุปกรณ์มีแถบเลื่อนหน้าของฟอร์มที่ตำแหน่งมุมซ้ายล่าง (รูปที่ 4.9) ตัวอย่างฟอร์มปัญหาของแต่ละอุปกรณ์ในรูปที่ 4.8 (ก) - รูปที่ 4.8 (จ) แสดงให้เห็นว่ามีจำนวนฟอร์มเท่ากับ 1, 1, 1, 1, และ 4 ฟอร์ม ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่าปัญหาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำให้เกิดรหัสปัญหาของระบบ "004" มีจำนวนเท่ากับ 4 ปัญหา

Record: 1 of 4

รูปที่ 4.9 แถบเลื่อนหน้าของฟอร์ม

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ปัญหา วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไขปัญหาของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ซึ่งรวบรวมได้จากการลงพื้นที่ปฏิบัติงานร่วมกับพนักงานแผนกซ่อมบำรุง ฝ่ายบริการลูกค้า บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด สามารถนำไปพัฒนาฐานข้อมูลในการแก้ไขปัญหาของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2016 และสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 ข้อมูลพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ประกอบด้วยพารามิเตอร์ 2 กลุ่ม ดังนี้

(1) พารามิเตอร์เบื้องต้น ได้แก่ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ขณะนั้น การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์สื่อสาร อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุณหภูมิแวดล้อม ความเข้มแสงอาทิตย์ และสมรรถนะของระบบ ซึ่งเป็นค่าสมรรถนะของระบบ ของวันก่อนวันที่ตรวจติดตามและเดือนที่ตรวจติดตาม

(2) พารามิเตอร์เชิงลึก ได้แก่ ค่าพลังงานที่ผลิตได้ ชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยต่อวัน ค่าสมรรถนะของระบบ กราฟพลังงานไฟฟารวมของอินเวอร์เตอร์ทุกเครื่อง กราฟพลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่อง และค่าความเข้มแสงอาทิตย์

5.1.2 ข้อมูลอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาซึ่งจำเป็นต่อการจัดทำฐานข้อมูล ประกอบด้วยข้อมูล 2 กลุ่ม ดังนี้

(1) อุปกรณ์ที่เกิดปัญหาบ่อยโดยเรียงลำดับความถี่ของปัญหาที่พบจากมากไปน้อย ได้แก่ อินเวอร์เตอร์ ระบบควบคุมและตรวจติดตาม กล้องพีวส์กระแสดตรง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และตู้เชื่อมต่อ

(2) วิธีตรวจสอบและวิธีแก้ไขปัญหาของอินเวอร์เตอร์ ระบบควบคุมและตรวจติดตาม กล้องพีวส์กระแสดตรง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และตู้เชื่อมต่อ สามารถสรุปและรวบรวมจากการลงพื้นที่ปฏิบัติงานร่วมกับพนักงานแผนกซ่อมบำรุง ยกเว้นกรณีอินเวอร์เตอร์ให้อ้างอิงจากคู่มือการใช้งานของ บริษัท SMA Solar Technology AG

5.1.3 ฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ซึ่งจัดทำโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2016 มีลักษณะดังนี้

(1) สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์เชิงลึกและอุปกรณ์ที่เกิดปัญหาบ่อย

(2) มีขั้นตอนการใช้งานที่ง่าย สะดวก และไม่ซับซ้อน คือ ขั้นตอนที่ 1 คลิกเลือกคิวรี (0) ปัญหาของระบบ เพื่อค้นหารหัสปัญหาของระบบ และขั้นตอนที่ 2 เลือกฟอร์มปัญหาของแต่ละอุปกรณ์ เพื่อแสดงปัญหา วิธีตรวจสอบ และวิธีแก้ไขปัญหาที่พบของอุปกรณ์นั้นๆ

(3) สามารถแสดงวิธีแก้ไขปัญหาค้นหาผ่านหน้าจอแสดงผลซึ่งสามารถเข้าใจได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรออกแบบการกรอกเงื่อนไขของพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระบบในแต่ละวันให้ง่ายและสะดวกขึ้น เช่น กรณีการกรอกเงื่อนไขของค่าพลังงานที่ผลิตได้ในลักษณะปกติหรือผิดปกติ อาจกำหนดเป็น “0 แทน ปกติ” และ “1 แทน ผิดปกติ”

5.2.2 ควรจัดทำคู่มือการใช้งานฐานข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีและถูกต้อง

5.2.3 ควรปรับปรุงและแก้ไขฐานข้อมูลดังกล่าว เช่น กรณีที่มีการเพิ่มอุปกรณ์ หรือกรณีที่มีการเกิดปัญหาบางอย่างที่พบหลังจากเดินระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในอนาคต เป็นต้น เพื่อให้ผลลัพธ์จากการใช้งานฐานข้อมูลถูกต้องและแม่นยำขึ้น



บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2554. หลักสูตรเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โครงการพัฒนาบุคลากรด้านเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. มปป. คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2: พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. [Online]. Available: http://www.dede.go.th/article_attach/h_solar.pdf
- ดวงพร เกียงคำ. 2560. คู่มือใช้งาน Access 2016 ฉบับสมบูรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: บริษัท ไอดีซี พรีเมียร์ จำกัด
- ทวีวรรณ คมณีชัชวาล. 2561. การออกแบบ และการสร้างฐานข้อมูลโดยใช้ Microsoft Access. วารสารเกษมบัณฑิต;19:262-276
- บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด. 2557. มาทำความรู้จักกับบริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด (SPR). [Online]. Available: http://www.sprsolarroof.co.th/th/about_us_spr
- บริษัท เอ็นเนเกท (ประเทศไทย) จำกัด. 2560. เอกสารการบรรยายเกี่ยวกับ Introduction of Cubical Products: MDB (MCBB, ACCB) and DCFB
- บริษัท เอสพีซีจี จำกัด (มหาชน). 2561. เอกสารการบรรยายสำหรับลูกค้าเกี่ยวกับ Operation, Maintenance and Warranty Training.
- ศูนย์พัฒนาทักษะและการเรียนรู้ ICT เทศบาลนครขอนแก่น. 2560. เอกสารประกอบการอบรม Microsoft Access 2010. [Online]. Available: http://www.kkict.org/download/manual_ms_access.pdf
- Baycon Group. 2015. Lesson 2: Creating Microsoft Access Tables. [Online]. Available: http://www.baycongroup.com/access2007/02_access.html
- Bhattacharjee S. and Saharia BJ. 2014. A Comparative Study on Converter Topologies for Maximum Power Point Tracking Application in Photovoltaic Generation. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*;6:053140,1-21.
- Kipp and Zonen. ND. SP Lite2 Silicon Pyranometer. [Online]. Available: <http://www.kippzonen.com/Download/358/Brochure-Pyranometers-SP-Lite2-English>
- Kyocera. ND. Polycrystalline Solar Modules (KT-Series: KT260-6GC-A). [Online]. Available: <http://www.kyocerasolar.eu/index/products/download/English.-cps-6339-files-1656-File.cpsdownload.tmp/KT260-6GC-A%20EN.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

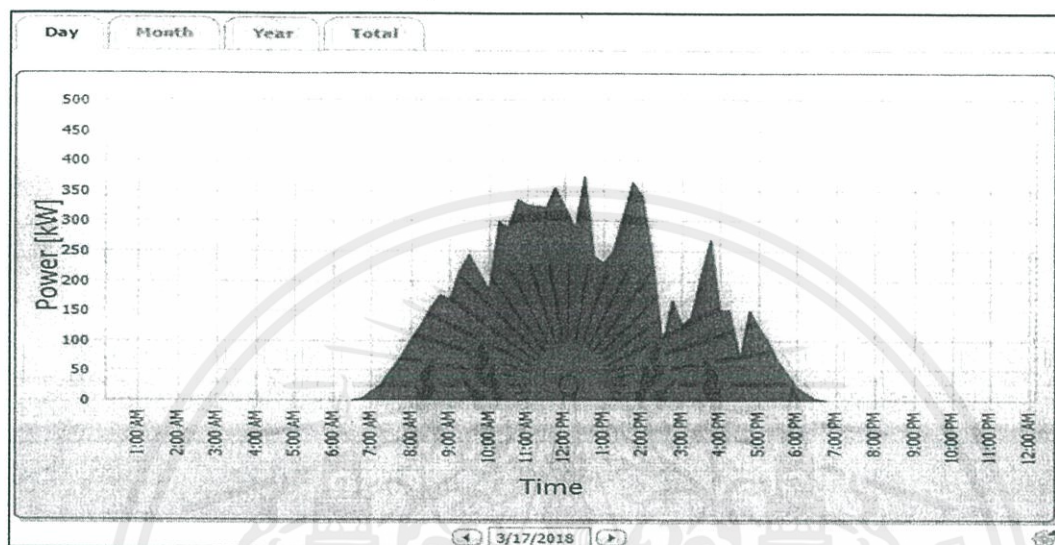
- Kyocera. NDb. High Efficiency Multicrystalline Photovoltaic Module (KK265P-3CD3CG). [Online]. Available: <http://www.kyocerasolar.eu/index/products/download/English.-cps-6339-files-1656-File.cpsdownload.tmp/KT260-6GC-A%20EN.pdf>
- Pennsylvania State University. 2018. 2.1 Available Solar Radiation and How It Is Measured. [Online]. Available: <https://www.e-education.psu.edu/eme812/node/644>
- Roy JN. 2018. Solar Photovoltaic Technology. In De S., *et al.* (eds.), Sustainable Energy Technology and Policies, Green Energy and Technology. Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- SMA Solar Technology AG. 2019. Sunny Portal. [Online]. Available: <https://www.sunnyportal.com/Templates/Start.aspx?ReturnUrl=%2f>
- SMA Solar Technology AG. NDa. SMA Sunny Tripower 25000TL-30. [Online]. Available: <http://files.sma.de/dl/24336/STP25000TL-30-DEN1742-V31web.pdf>
- SMA Solar Technology AG. NDb. SMA Cluster Controller. [Online]. Available: <http://files.sma.de/dl/17975/CLCON-10-DEN1645-V11web.pdf>
- SMA Solar Technology AG. NDc. SMA Energy Meter. [Online]. Available: <http://files.sma.de/dl/30274/ENERGYMETER-DEN1711-V20web.pdf>
- SMA Solar Technology AG. NDd. SMA Performance Ratio: Quality factor for the PV plant. [Online]. Available: <http://files.sma.de/dl/7680/Perfratio-TI-en-11.pdf>
- SMA Solar Technology AG. NDe. SMA Service Manual: Sunny Tripower 15000TL/17000TL. [Online]. Available: <http://files.sma.de/dl/8552/STP15-17TL-10-SG-en-10W.pdf>
- SMA Solar Technology AG. NDf. SMA Event Messages. [Online]. Available: <https://manuals.sma.de/SBSxx-10/en-US/391460235.html>



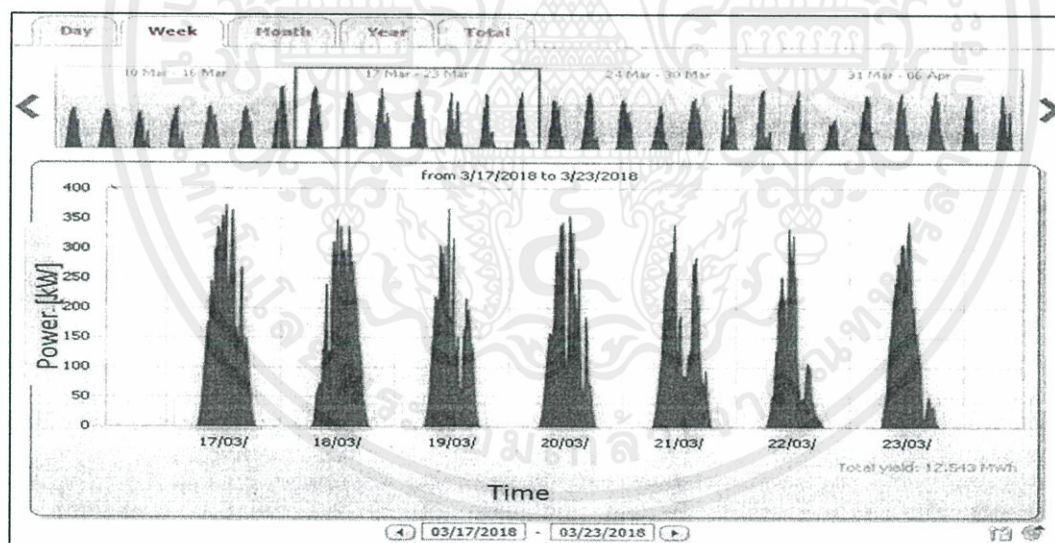
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการตรวจติดตามการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา
ผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal ของโครงการเปรียบเทียบ A จังหวัดระยอง



(ก)



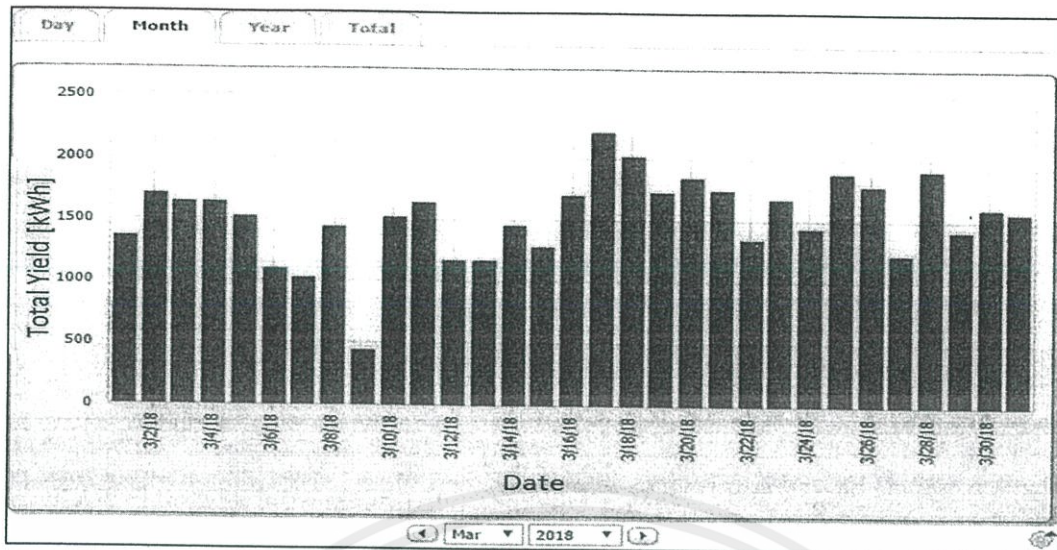
(ข)

รูปที่ ก.1 ข้อมูลการตรวจติดตามการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา
ผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal ของโครงการเปรียบเทียบ A

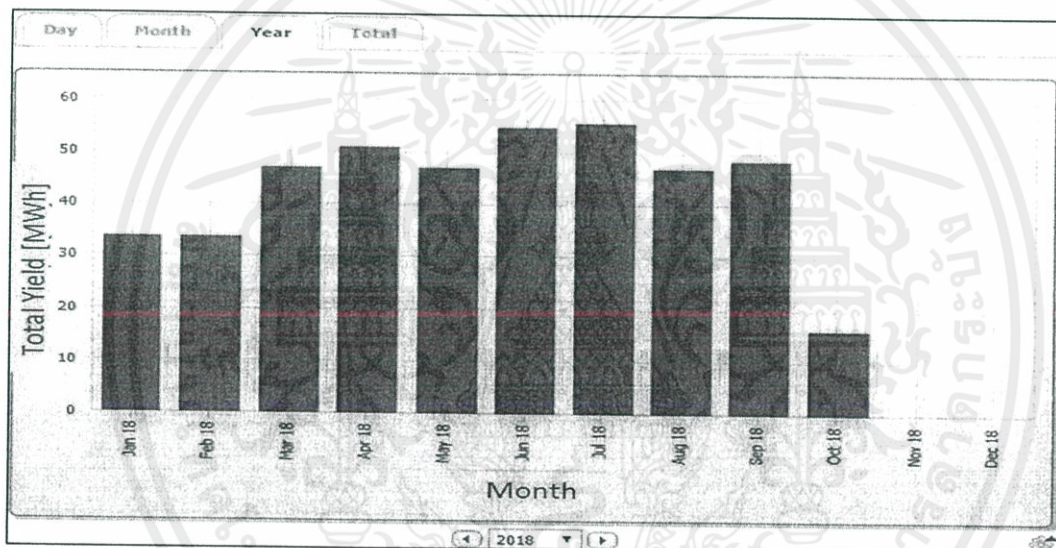
- (ก) กำลังไฟฟ้ารายวัน (ข) กำลังไฟฟ้ารายสัปดาห์ (ค) กำลังไฟฟ้ารายเดือน (ง) พลังงานไฟฟ้ารายปี
(จ) พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด (ฉ) พลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่อง (ช) ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย
และ (ซ) อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ย

(SMA Solar Technology AG. 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



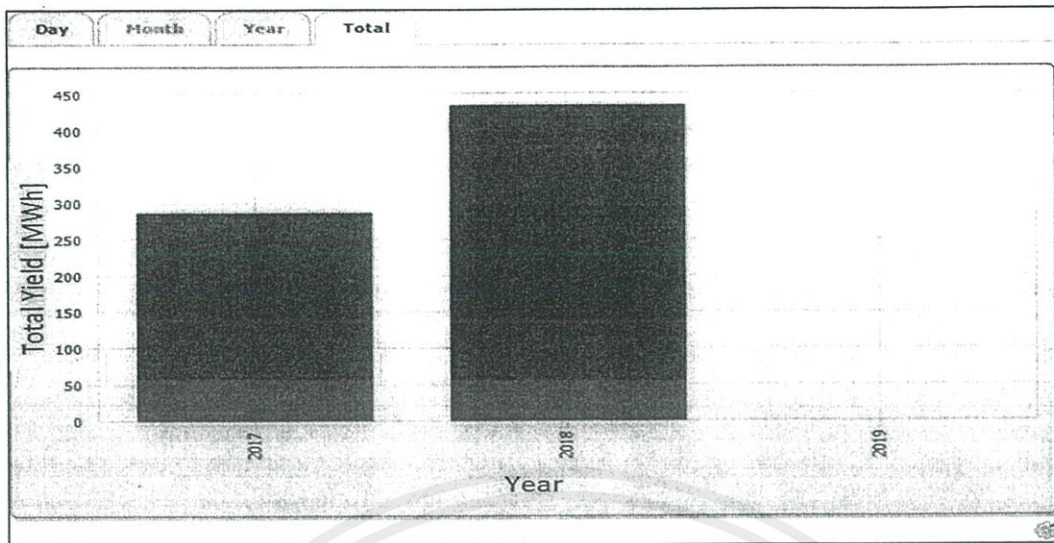
(ค)



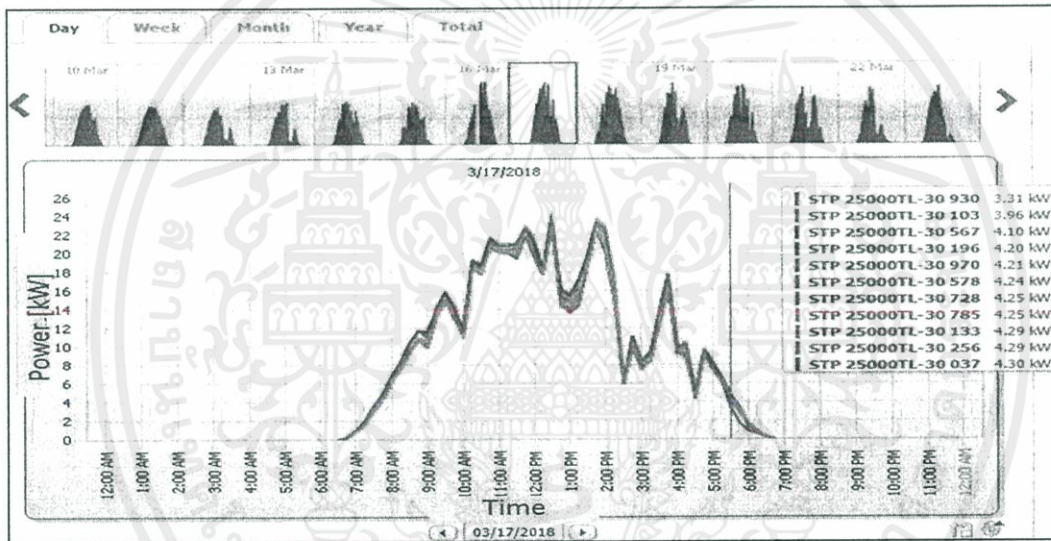
(ง)

รูปที่ ก.1 ข้อมูลการตรวจติดตามการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal ของโครงการเปรียบเทียบ A (ต่อ)

- (ก) กำลังไฟฟ้ารายวัน (ข) กำลังไฟฟ้ารายสัปดาห์ (ค) กำลังไฟฟ้ารายเดือน (ง) พลังงานไฟฟ้ารายปี
 (จ) พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด (ฉ) พลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่อง (ช) ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย และ (ซ) อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ย
 (SMA Solar Technology AG. 2019)



(จ)

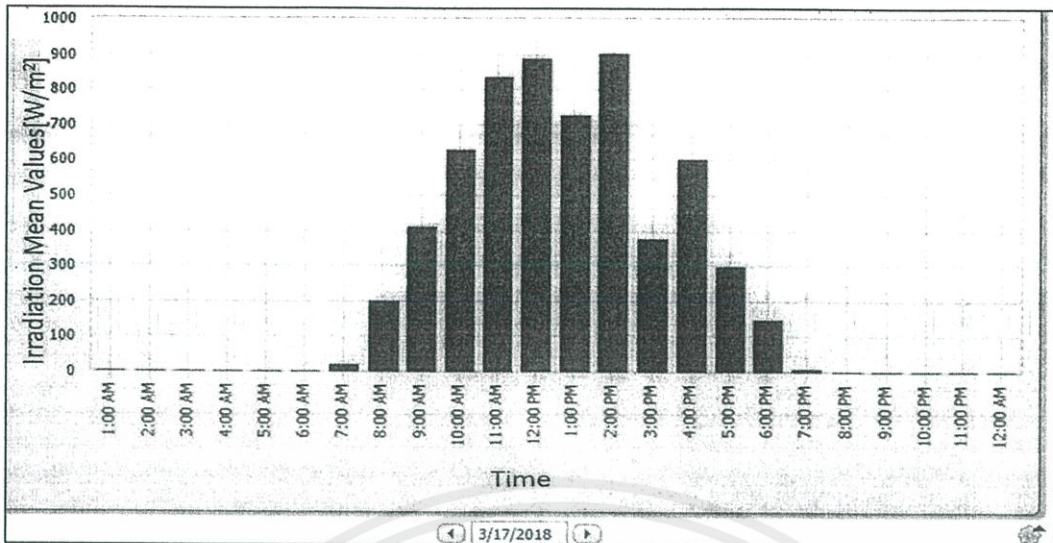


(ฉ)

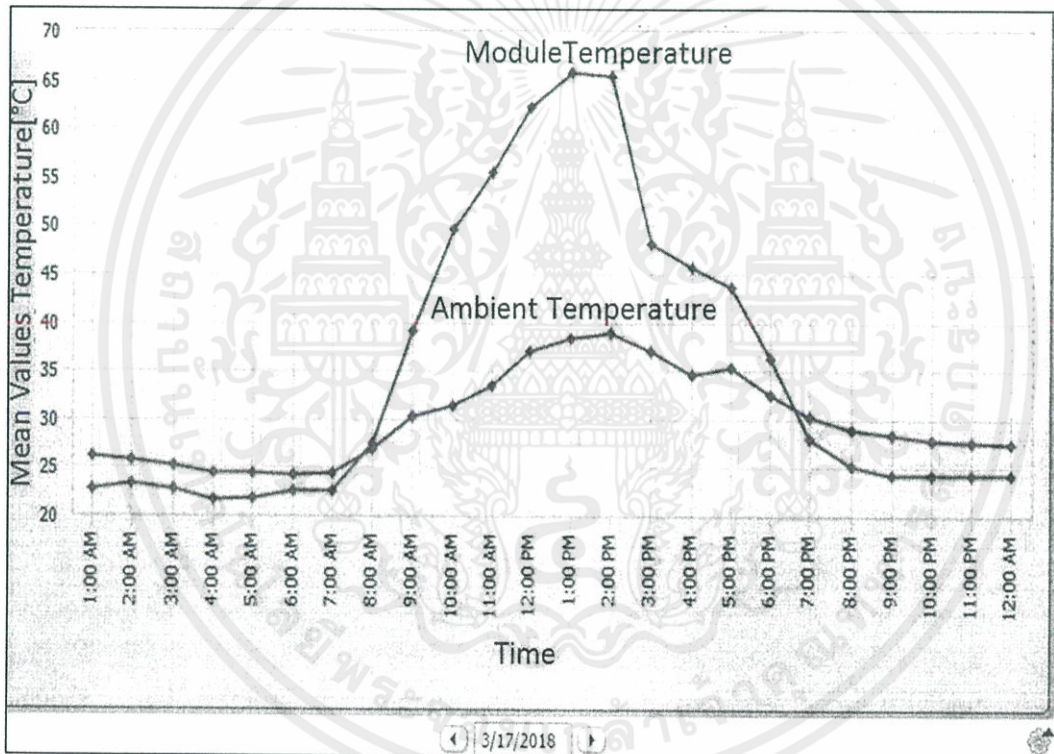
รูปที่ ก.1 ข้อมูลการตรวจติดตามการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal ของโครงการเปรียบเทียบ A (ต่อ)

- (ก) กำลังไฟฟ้ารายวัน (ข) กำลังไฟฟ้ารายสัปดาห์ (ค) กำลังไฟฟ้ารายเดือน (ง) พลังงานไฟฟ้ารายปี
 (จ) พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด (ฉ) พลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่อง (ช) ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย
 และ (ซ) อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ย

(SMA Solar Technology AG. 2019)



(ข)



(ข)

รูปที่ ก.1 ข้อมูลการตรวจติดตามการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ผ่านเว็บไซต์ Sunny Portal ของโครงการเปรียบเทียบ A (ต่อ)

- (ก) กำลังไฟฟ้ารายวัน (ข) กำลังไฟฟ้ารายสัปดาห์ (ค) กำลังไฟฟ้ารายเดือน (ง) พลังงานไฟฟ้ารายปี
 (จ) พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด (ฉ) พลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่อง (ช) ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย และ (ซ) อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ย

(SMA Solar Technology AG. 2019)

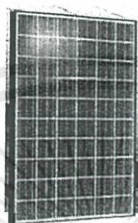
ภาคผนวก ข

คุณลักษณะของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

คุณลักษณะของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในบริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด ได้แก่

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยี่ห้อ Kyocera ที่ใช้มี 2 รุ่น ดังนี้

1.1 Kyocera Polycrystalline Solar Modules KT-Series รุ่น KT260-6GC-A



CUTTING-EDGE TECHNOLOGY

▶ Cell:

- 156 mm × 156 mm
- Polycrystalline, 3-busbar
- >16% efficiency
- Embedded in EVA film
- Silicon nitride texturing: Minimisation of light reflectivity, homogenous coloration

▶ Frame:

- Aluminium, black anodised and coated
- Screwed and also adhered
- Load capacity: 5,400 N/m² (IEC standard: 2,400 N/m²)
- Interior drainage openings to protect against frost damage
- reinforced with two support bars on the rear side – minimises the risk of micro-cracks (μ-cracks)

▶ Junction box:

- Incl. bypass diodes
- Encapsulated, prevents penetration of moisture
- Highest fireproof class 5VA in accordance with UL94
- pre-configured with connection wires and SMK plug connectors

▶ Anti-reflective glass:

- Enhances transmittance, maximises conversion efficiency

▶ Service:

- Professional Europe-wide customer service in Esslingen/Germany
- Individual maintenance service increases life expectancy of the photovoltaic system

COMPANY

▶ Competence and stability:

Founded in 1959 in Kyoto, Japan, Kyocera is now a globally active, financially powerful corporation with 230 subsidiaries.

▶ Quality:

Kyocera Solar, a pioneer in the photovoltaic sector and collaborator in groundbreaking photovoltaic solutions since 1975, is one of the leading manufacturers of solar energy systems. Kyocera was the first company to introduce the series production of polycrystalline silicon solar cells and the patented 3-busbar cell technology in mass production.

▶ Verified longevity:

The reliability and longevity of the products have been verified by proven long-term solutions. For example, systems installed in Japan and Sweden have been providing excellent yields since 1984.

รูปที่ ข.1 คุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยี่ห้อ Kyocera รุ่น KT260-6GC-A (Kyocera. NDa)

ELECTRICAL PERFORMANCE

PV Module Type		KT260-6GC-A
At 1000 W/m² (STC)⁽¹⁾		
Maximum Power	[W]	260
Maximum System Voltage	[V]	1000
Maximum Power Voltage	[V]	31
Maximum Power Current	[A]	8.39
Open Circuit Voltage (V _{OC})	[V]	38.3
Short Circuit Current (I _{SC})	[A]	9.09
Efficiency	[%]	15.8
At 800 W/m² (NOCT)⁽²⁾		
Maximum Power	[W]	187
Maximum Power Voltage	[V]	27.9
Maximum Power Current	[A]	6.71
Open Circuit Voltage (V _{OC})	[V]	35.1
Short Circuit Current (I _{SC})	[A]	7.36
NOCT	[°C]	45
Power Tolerance	[%]	+5/-3
Maximum Reverse Current I _R	[A]	15
Series Fuse Rating	[A]	15
Temperature Coefficient of V _{OC}	[%/K]	-0.36
Temperature Coefficient of I _{SC}	[%/K]	-0.06
Temperature Coefficient of Max. Power	[%/K]	-0.45
Reduction of Efficiency (from 1000 W/m ² to 200 W/m ²)	[%]	3.3
DIMENSIONS		
Length	[mm]	1662 (±2.5)
Width	[mm]	990 (±2.5)
Depth / incl. Junction Box	[mm]	46
Weight	[kg]	20
Connection Type	[mm]	PV-03 (SMK)
Junction Box		110×109×17
Number of bypass diodes		3
IP Code		IP65
CELLS		
Number per Module		60
Cell Technology		polycrystalline
Cell Shape (square)	[mm]	156×156
Cell Bonding		3 busbar
GENERAL INFORMATION		
Performance Guarantee		10 ⁽³⁾ / 25 years ⁽⁴⁾
Warranty		10 years ⁽⁵⁾

(1) Electrical values under standard test conditions (STC): irradiation of 1000 W/m², air mass AM 1.5 and cell temperature of 25 °C

(2) Electrical values under normal operating cell temperature (NOCT): irradiation of 800 W/m², air mass AM 1.5, wind speed of 1 m/s and ambient temperature of 20 °C

(3) 10 years on 90% of the nominally specified power P under standard test conditions (STC)

(4) 25 years on 50% of the nominally specified power P under standard test conditions (STC)

(5) In the case of Europe

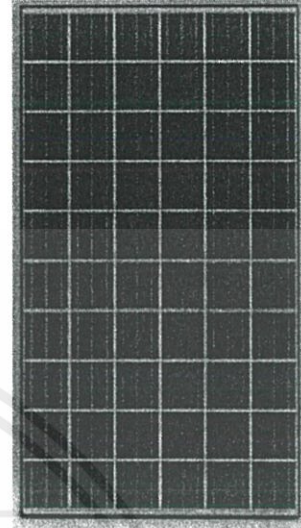
รูปที่ ข.1 คุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยี่ห้อ Kyocera รุ่น KT260-6GC-A (ต่อ)
(Kyocera. NDa)

1.2 Kyocera High Efficiency Multicrystalline Photovoltaic Module รุ่น KK265P-3CD3CG

KK265P-3CD3CG

HIGH EFFICIENCY MULTICRYSTALLINE PHOTOVOLTAIC MODULE

IEC 61215Ed.2
EN61730



This module has passed 2,400Pa mechanical load test based on IEC61215 ed.2
This module is manufactured in ISO9001 certified factories.
Registered No.: JMI0036 (Japan), CN07/00321(China), FM26856 (Mexico)
TUV.COM Internet platform for tested quality and service ID 0000023299.

HIGHLIGHTS OF KYOCERA PHOTOVOLTAIC MODULES

Kyocera's advanced cell processing technology and automated production facilities produce highly efficient multi crystalline photovoltaic modules.

The conversion efficiency of the Kyocera solar cell is over 18.4%.

These cells are encapsulated between a tempered glass cover and a EVA pottant with back sheet to provide efficient protection from severe environmental conditions.

The entire laminate is installed an anodized aluminum frame to provide structural strength and ease of installation.

Equipped with plug in connectors.

APPLICATIONS

Grid-Connected Systems

- Residential Solar Power Systems
- Public and Industrial Solar Power Systems

- Microwave/Radio repeater stations

- Medical facilities in rural areas
- Emergency communication
- Water quality and environmental data monitoring

- Cathodic protection

- Aviation obstruction lighting
- Environmental data monitoring

Stand -Alone Solar Power Systems for

- Villages in remote areas
- Homes and summer cottages

- Drinking and livestock water pumping
- Irrigation pumping

- Railway signals

- Street lighting
- Desalination

LIMITED WARRANTY

*Limited warranty on material and workmanship: For warranty period, please refer to Warranty issued by Kyocera

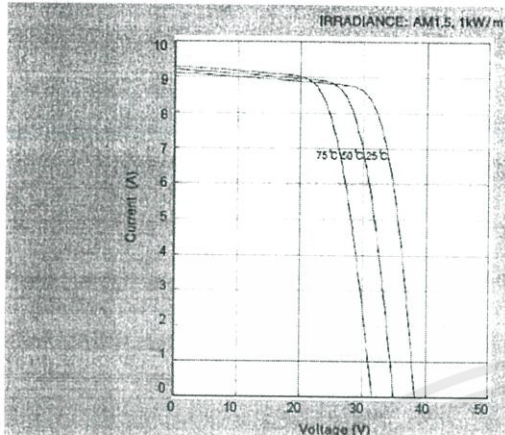
*25years limited warranty on power output: For detail, please refer to " category V" in Warranty issued by Kyocera

(Long term output warranty shall warrant if PV Module(s) exhibits power output of less than 90% of the original minimum rated power specified at the time of sale within 10 years and less than 80% within 25 years after the date of sale the Customer. The power output values shall be those measured under Kyocera's standard measurement conditions. Regarding the warranty conditions in detail, please refer to Warranty issued by Kyocera)

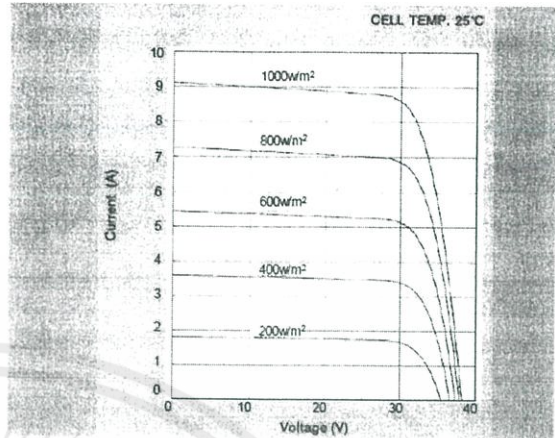
รูปที่ ข.2 คุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยี่ห้อ Kyocera รุ่น KK265P-3CD3CG
(Kyocera. NDb)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current-Voltage characteristics of Photovoltaic Module KK265P-3CD3CG at various cell temperatures at Kyocera Corporation laboratory.



Current-Voltage characteristics of Photovoltaic Module KK265P-3CD3CG at various irradiance levels at Kyocera Corporation laboratory.



Module Efficiency 16.1%

Electrical Performance under Standard Test Conditions (STC)*

Parameter	Value
Maximum Power (Pmax)	265 W (+5%, -3%)
Maximum Power Voltage (Vmpp)	31.0 V
Maximum Power Current (Impp)	8.55 A
Open Circuit Voltage (Voc)	38.3 V
Short Circuit Current (Isc)	9.26 A
Max System Voltage	1000 V
Temperature Coefficient of Voc	-1.36 x 10 ⁻¹ V/°C
Temperature Coefficient of Isc	5.43 x 10 ⁻³ A/°C

*STC: Irradiance 1000W/m², AM1.5 spectrum, module temperature 25°C

Electrical Performance at 800W/m², NOCT*, AM1.5

Maximum Power (Pmax)	191 W
Maximum Power Voltage	27.9 V
Maximum Power Current	6.85 A
Open Circuit Voltage (Voc)	35.1 V
Short Circuit Current (Isc)	7.49 A

*NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): 45°C

Cells

Number per Module	60
Cell Technology	Multi crystalline

Module Characteristics

Length x Width x Depth without Box	1662 x 990 x 46 mm
Weight	19.0 kg
Cable	(+)1200 / (-) 1200 mm

Junction Box Characteristics

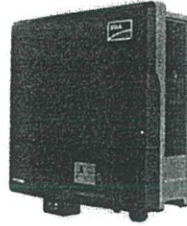
Length x Width x Depth	110 x 109 x 17 [mm]
IP Code	IP 67

Others

Reduction*	3.3 %
Limiting Reverse Current	15 A
Mechanical load (to IEC61215 ed.2)	Pressure 2400 Pa

รูปที่ ข.2 คุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยี่ห้อ Kyocera รุ่น KK265P-3CD3CG (ต่อ)
(Kyocera. NDb)

2. อินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ SMA รุ่น Sunny Tripower 25000TL-30

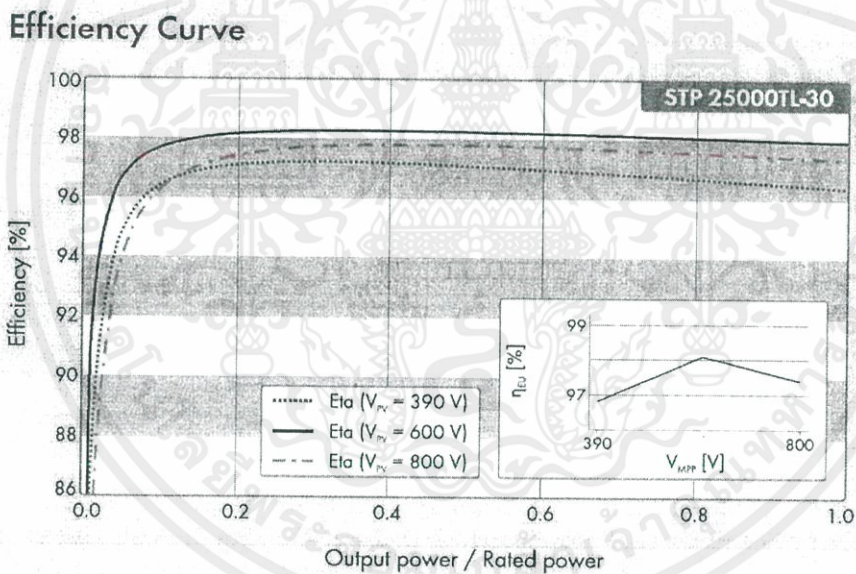


SUNNY TRIPOWER 20000TL / 25000TL

The versatile specialist for large-scale commercial plants and solar power plants

The Sunny Tripower 20000TL/25000TL is the ideal inverter for large-scale commercial and industrial plants. Not only does it deliver extraordinary high yields with an efficiency of 98.4 %, but it also offers enormous design flexibility and compatibility with many PV modules thanks to its multistring capabilities and wide input voltage range.

The future is now: the Sunny Tripower 20000TL/25000TL comes with cutting-edge grid management functions such as Integrated Plant Control*, which allows the inverter to regulate reactive power at the point of common coupling. Separate controllers are no longer needed, lowering system costs. Another new feature—reactive power provision on demand (QonDemand24/7).*



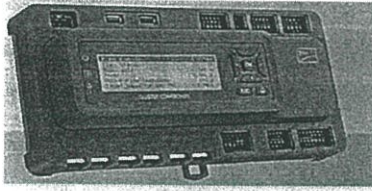
รูปที่ ข.3 คุณลักษณะของอินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ SMA รุ่น Sunny Tripower 25000TL-30

(SMA Solar Technology AG. NDa)

Technical Data	Sunny Tripower 20000TL	Sunny Tripower 25000TL
Input (DC) Input (DC)		
Max. DC power (@ $\cos \phi = 1$)	20440 W	25550 W
Max. input voltage	1000 V	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	320 V to 800 V / 600 V	390 V to 800 V / 600 V
Min. input voltage / start input voltage	150 V / 188 V	150 V / 188 V
Max. input current input A / input B	33 A / 33 A	33 A / 33 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A:3; B:3	2 / A:3; B:3
Output (AC)		
Rated power (@ 230 V, 50 Hz)	20000 W	25000 W
Max. AC apparent power	20000 VA	25000 VA
AC nominal voltage	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
Nominal AC voltage range	160 V to 280 V	160 V to 280 V
AC grid frequency / range	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz to +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz to +5 Hz
Rated power frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
Max. output current	29 A	36.2 A
Power factor at rated power	1	1
Adjustable displacement power factor	0 overexcited to 0 underexcited	0 overexcited to 0 underexcited
Feed-in phases / connection phases	3 / 3	3 / 3
Efficiency		
Max. efficiency / European Efficiency	98.4 % / 98.0 %	98.3 % / 98.1 %
Protective devices		
DC side disconnection device	•	•
Ground fault monitoring / grid monitoring	• / •	• / •
DC surge arrester (type II) can be integrated	○	○
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	• / • / -	• / • / -
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	•	•
Protection class (according to IEC 62103) / overvoltage category (according to IEC 60664-1)	I / III	I / III
General data		
Dimensions (W / H / D)	665 / 690 / 265 mm (26.2 / 27.2 / 10.4 inch)	665 / 690 / 265 mm (26.2 / 27.2 / 10.4 inch)
Weight	61 kg (134.48 lb)	61 kg (134.48 lb)
Operating temperature range	-25 °C to +60 °C (-13 °F to +140 °F)	-25 °C to +60 °C (-13 °F to +140 °F)
Noise emission (typical)	51 dB(A)	51 dB(A)
Self-consumption (at night)	1 W	1 W
Topology / cooling concept	Transformerless / Opticool	Transformerless / Opticool
Degree of protection (as per IEC 60529)	IP65	IP65
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H
Maximum permissible value for relative humidity (non-condensing)	100 %	100 %
Features		
DC connection / AC connection	SUNCUX / spring-cage terminal	SUNCUX / spring-cage terminal
Display	-	-
Interface: RS485, Speedwire/Webconnect	○ / ○	○ / ○
Multifunction relay / Power Control Module	○ / ○	○ / ○
Guarantee: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 years	● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○
Planned certificates and permits (more available on request)	AS 4777, BDEW 2008, C10/11, CE, CEI Q-16, CEI Q-21, EN 50438 ¹ , G59/3, IEC61727, IEC 62109-1/2, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PPC, RD 1699, RD 661/2007, SI4777, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, YDE-AR-N 4105, VFR 2014	
Type designation	STP 20000TL-30	STP 25000TL-30

รูปที่ ข.3 คุณลักษณะของอินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ SMA รุ่น Sunny Tripower 25000TL-30 (ต่อ)
(SMA Solar Technology AG. NDA)

3. คลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์ ยี่ห้อ SMA



Technical Data

SMA Cluster Controller

Communications

Inverter

Speedwire, 10/100 Mbit/s

Data network (LAN)

Fast Ethernet, 10/100 Mbit/s

Data interfaces

HTTP, FTP, Modbus-TCP/UDP, SMTP, Sunny Portal

Connections

Inverters/data network (LAN)

2 ports/10BASE-T or 100BASE-TX, RJ45, switched

Data storage

2 USB 2.0 high-speed ports, type A

Voltage supply/analog and digital signals

Connector/push-in spring-cage terminal

Max. number of SMA devices

Speedwire

75/25*

Maximum radio ranges

100 m (between two devices)

Speedwire/LAN

Voltage supply

Voltage supply

External power supply unit (available as an accessory)

Input voltage

18 V DC to 30 V DC

Power consumption

Typ. 12 W/max. 30 W

Ambient conditions in operation

Ambient temperature

-25 °C to +60 °C (-13 °F to +140 °F)

Relative humidity

4% to 95%, non-condensing

Elevation above MSL

0 m to 3,000 m

Display

Type

LC display, monochromatic, back-lit

Display languages

German, English

Storage

Internal

1.7 GB as ring buffer

External

USB mass storage (optional, available as an accessory)

USB interfaces

Quantity/specification/ports

2/USB 2.0 high-speed/type A

Digital inputs

Quantity

8

Use

Setpoints for active and reactive power

Analog inputs

Quantity

3 x current signal, 1 x voltage signal

Measurement range

0 mA to 20 mA or 0 V to +10 V

Use

Irradiation measurement, setpoints for active/reactive power or current/voltage measurement

Temperature measurement

Quantity/sensor type

2 / PT100 / PT1000 (two or four-cable connection)

Measurement range

-40 °C to +85 °C (-40 °F to +185 °F)

Use

Measurement of ambient and cell temperature

Digital outputs

Quantity/design

3/potential-free relay contacts

Max. load tolerance

48 V DC/30 W

Use

Error message, warning and active power limitation

Analog outputs

Number/signal current

2/4 mA to 20 mA

Use

Feedback of the active and reactive power setpoints

General data

Dimensions (W/H/D)

275/133/71 mm (10.8/5.2/2.8 inch)

Weight

0.9 kg (2.0 lb)

Installation site/degree of protection provided by enclosure

Indoors/IP20

Mounting type

Top-hat rail mounting

Status display

LC display, LEDs

Software languages, languages of the manual

German, English, Italian, Spanish, French, Dutch, Portuguese, Greek, Czech

Features

Operation

Integrated web server, display, keypad

Time

Real-time clock (RTC) with maintenance-free buffering

Advanced functions using the Sunny Portal

PV system and yield monitoring, measured value processing, performance analysis, presentation, status reports, mobile data access

Warranty

5 years

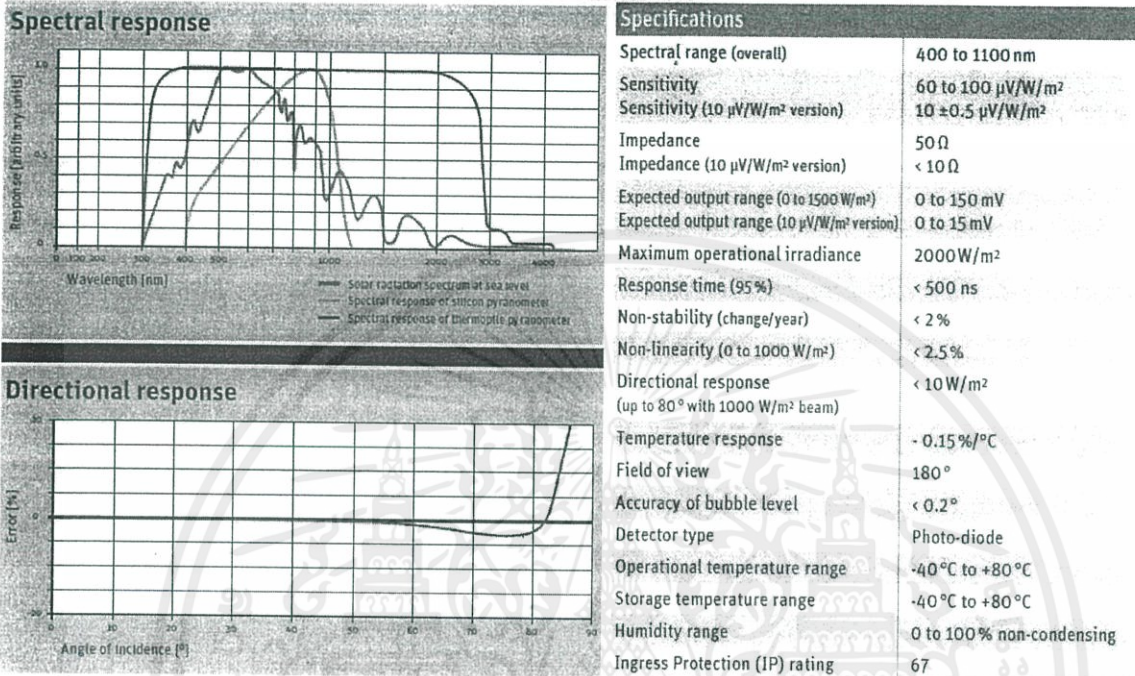
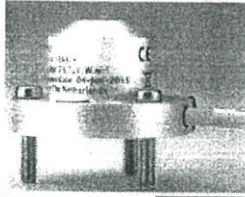
Certificates and approvals

www.SMA-Solar.com

รูปที่ ข.4 คุณสมบัติของคลัสเตอร์คอนโทรลเลอร์ ยี่ห้อ SMA (SMA Solar Technology AG. NDb)

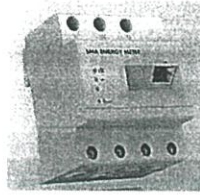
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

4. ไพรานอมิเตอร์ (Silicon Pyranometer) ยี่ห้อ Kipp and Zonen รุ่น SP Lite2



รูปที่ ข.5 คุณลักษณะของไพรานอมิเตอร์ ยี่ห้อ Kipp and Zonen รุ่น SP Lite2 (Kipp and Zonen. ND)

5. เครื่องวัดพลังงาน (SMA Energy Meter) ยี่ห้อ SMA



Technical Data

Communication

Connection to the local router
Inputs (voltage and current)

SMA Energy Meter

via Ethernet cable (10/100 Mbit/s, RJ45 plug)

Nominal voltage

230 V/400 V

Frequency

50 Hz/±5%

Nominal current / limiting current per line conductor

5 A/63 A (>63 A can be connected via external current transformers)

Start-up current

< 25 mA

Connection cross-section

10 mm² to 16 mm² ¹⁾ (for 63 A fusing)

Torque for screw terminals

2.0 Nm

Ambient Conditions in Operation

Ambient temperature

-25 °C to +40 °C

Storage temperature range

-25 °C to +70 °C

Protection class (according to IEC 62103)

II

Degree of protection (according to IEC 60529)

IP2X

Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)

5% to 90% ²⁾

Elevation above MSL

0 m to 2000 m

General Data

Dimensions (W/H/D)

70 mm/88 mm/65 mm

Top hat-rail width units

4

Weight

0.3 kg

Mounting location

Switch or meter cabinet

Mounting type

Top-hat rail mounting

Status display

2 LEDs

Self-consumption

< 3 W

Measurement accuracy, measuring cycle

1%, 1000 ms

Features

Warranty

2 years

Certificates and permits (more available upon request)

www.SMA-Solar.com

System Compatibility (as of January 2017)

The following devices can be used with the SMA Energy Meter³⁾:

SMA energy management

Sunny Home Manager

SMA PV inverter

Sunny Boy 1.5/2.5, Sunny Boy 3.0-5.0

SMA storage systems⁴⁾

Sunny Boy Storage, Sunny Boy Smart Energy, Sunny Island XXH/M

SMA communication devices

SMA Cluster Controller

Last updated: March 2017

1) Mechanical 1.5 mm² to 25 mm²

2) 95% only on up to 30 days of the year

3) With an SMA Energy Meter at the grid connection point, typical local use and PV grid feed-in can be shown

for self-consumption systems

4) SMA storage systems generally require an SMA Energy Meter or Sunny Home Manager 2.0 at the grid connection point

Type designation

EMETER-20

รูปที่ ข.6 คุณลักษณะของเครื่องวัดพลังงาน ยี่ห้อ SMA (SMA Solar Technology AG. NDC)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายสันต์เพชร รงค์สถิต
วัน เดือน ปีเกิด 26 กันยายน 2539
ที่อยู่ 85 ซอยรามคำแหง 24 แยก 6 ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ
จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10240
E-mail petch018290@gmail.com
โทรศัพท์ 065-504-1991

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2552-2557 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า
- พ.ศ. 2558-ปัจจุบัน วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์

- นักศึกษาฝึกงาน แผนกซ่อมบำรุง ฝ่ายบริการลูกค้า บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด
ระหว่างวันที่ 4 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2561
- นักศึกษาโครงการสหกิจศึกษา ตำแหน่งวิศวกรไฟฟ้า แผนกซ่อมบำรุง ฝ่ายบริการลูกค้า
บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ รูฟ จำกัด
ระหว่างวันที่ 6 สิงหาคม ถึง 23 พฤศจิกายน 2561