

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินงานวิจัย

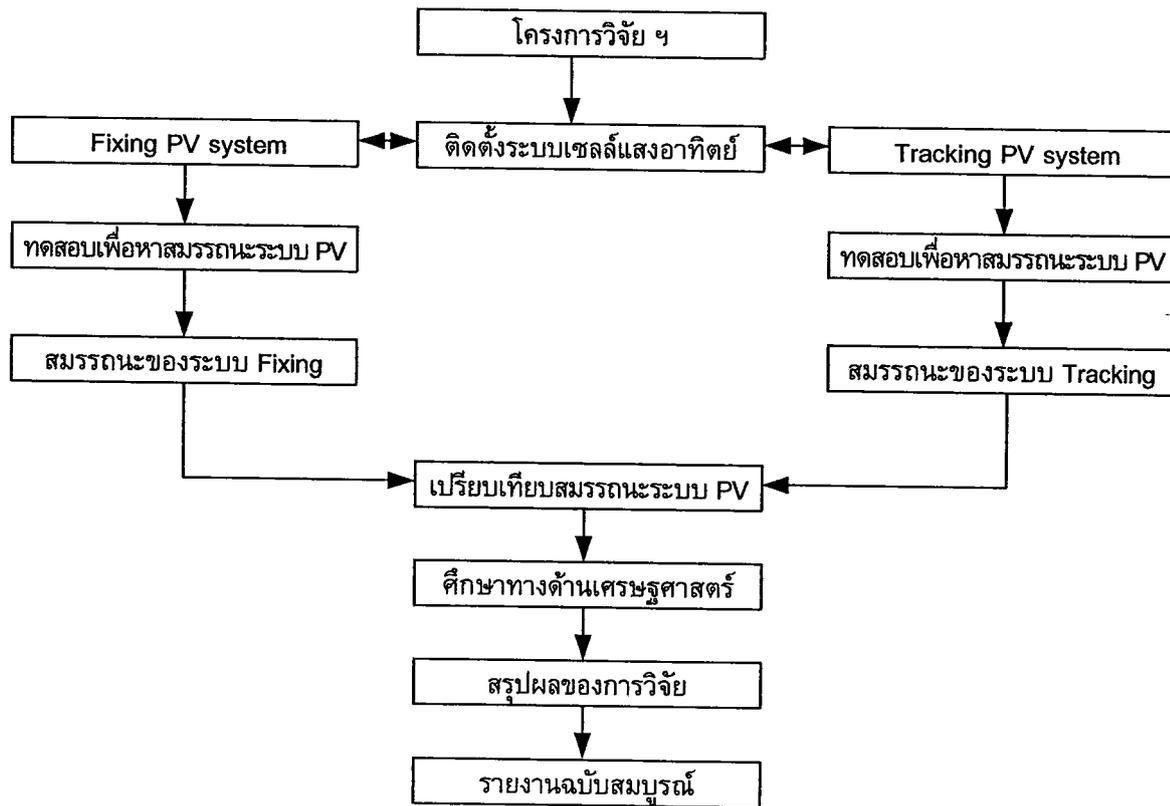
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ข้อ ประกอบด้วย 1. เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแบบยึดติดอยู่กับที่ (Fixing) และแบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ (Tracking) โดยการศึกษาหัวข้อนี้จะทำการศึกษาดูแปรที่เกี่ยวกับสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์สองแบบคือแบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์และแบบติดตั้งอยู่กับที่ 2. ศึกษาสมรรถนะทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ หัวข้อนี้จะศึกษาดูแปรทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ

#### 3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินงานวิจัยสามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่มประกอบด้วยการศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์สามระบบ ๔ จากระบบที่ติดตั้งจริง และการศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์และแบบติดตั้งอยู่กับที่โดยการ Simulation ด้วยโปรแกรม PVsyst 5.31 หลังจากนั้นทำการศึกษาสมรรถนะทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ดังกล่าวมาทั้งหมด

#### 3.2 การศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งจริง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งแบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์และแบบติดตั้งอยู่กับที่ทั้งระบบที่มีขนาดเล็กจนถึงโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่จากนั้นดำเนินการออกแบบระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์เพื่อใช้ในการทำการศึกษาวิจัย เมื่อออกแบบระบบแล้วเสร็จทำการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ชนิด 1 แกน ที่คณะวิจัยได้พัฒนาขึ้นและทำการติดตั้งระบบตรวจวัดข้อมูลเพื่อทำการบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ เมื่อได้ข้อมูลสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ครบทุกระบบ ๕ ก็ทำการประเมินสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ แล้วเปรียบเทียบสมรรถนะทั้งในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัยในหัวข้อนี้แสดงดังรูปที่ 33



รูปที่ 33 วิธีดำเนินการวิจัยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งจริง

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการศึกษาวิจัย

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการศึกษาวิจัยในโครงการวิจัยนี้ประกอบด้วย

- ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบสองแกน
- ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบหนึ่งแกน
- ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่

### 3.2.1 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบสองแกน

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบสองแกนติดตั้งอยู่ในสวนพลังงานวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นระบบที่สามารถเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ได้สองแกนประกอบด้วย เคลื่อนที่ในแนวทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก (Elevation) และเคลื่อนที่ในแนวมุมเงย (Azimuth)

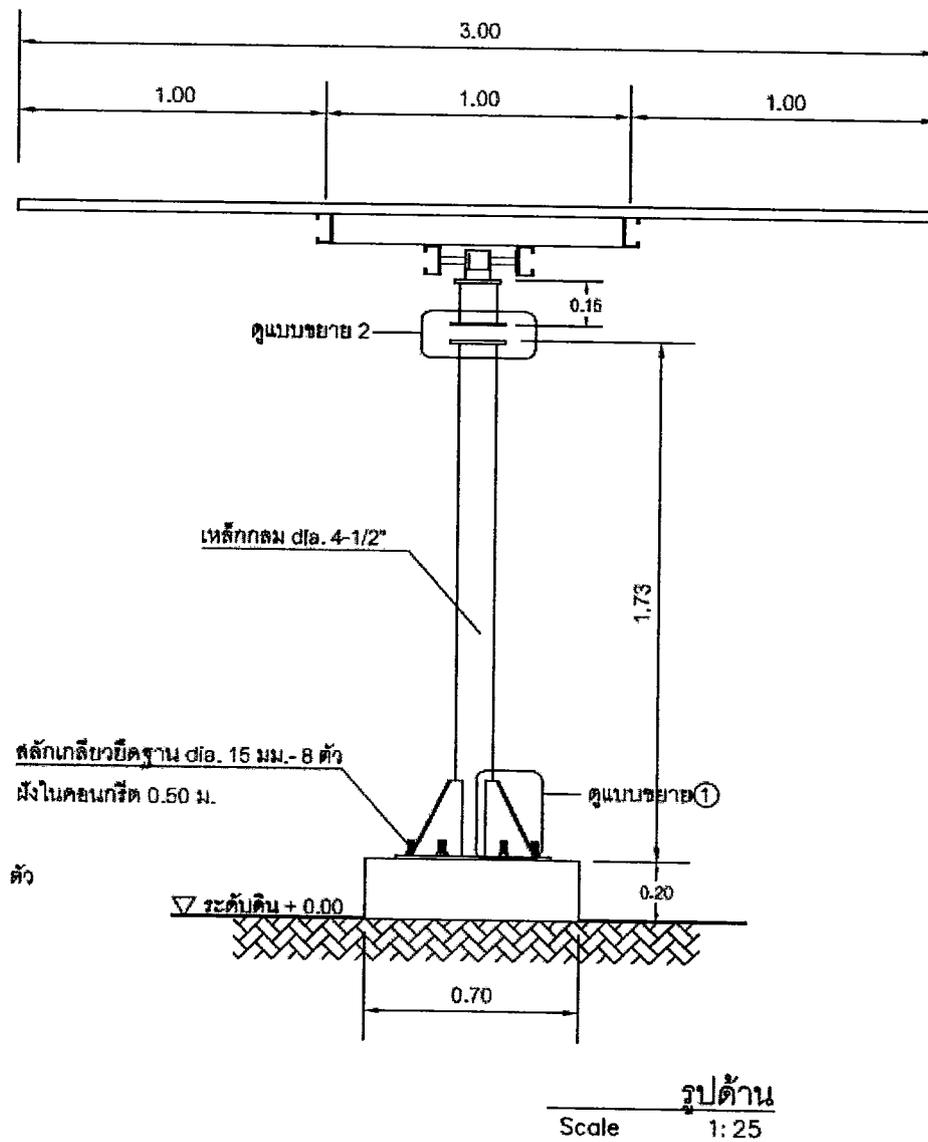


รูปที่ 34 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน

### 3.2.2 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน

คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน ที่สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในมุมเอียง 16 องศา และสามารถเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตกได้ ซึ่งมีส่วนประกอบหลักของระบบมี 4 ส่วน คือ โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

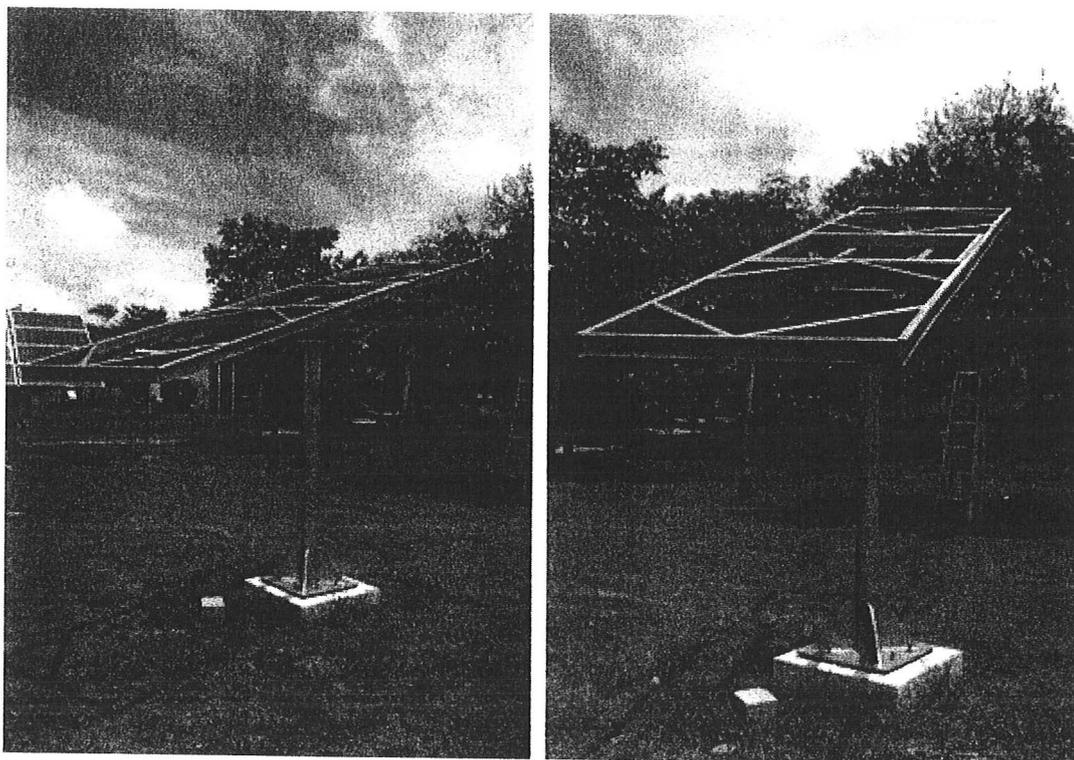
มอเตอร์ขับเคลื่อน ชุดควบคุม และแบตเตอรี่ ระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน ที่คณะวิจัยได้  
ทำการออกแบบและติดตั้ง ณ สวนพลังงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร แสดงดังรูป 35



รูปที่ 35 ระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน

### โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มอเตอร์ขับเคลื่อน และชุดควบคุมได้ โดยโครงสร้างของแผงรับรังสีอาทิตย์สามารถรับน้ำหนักได้ 1000 kg ทำจากโครงสร้างเหล็กชุบเพื่อกันสนิม และฐานรากทำจากโครงสร้างปูนเสริมเหล็กอีกทั้งยังมีการดอกเสาเข็มเพื่อเพิ่มศักยภาพในการรับน้ำหนัก



รูปที่ 36 โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

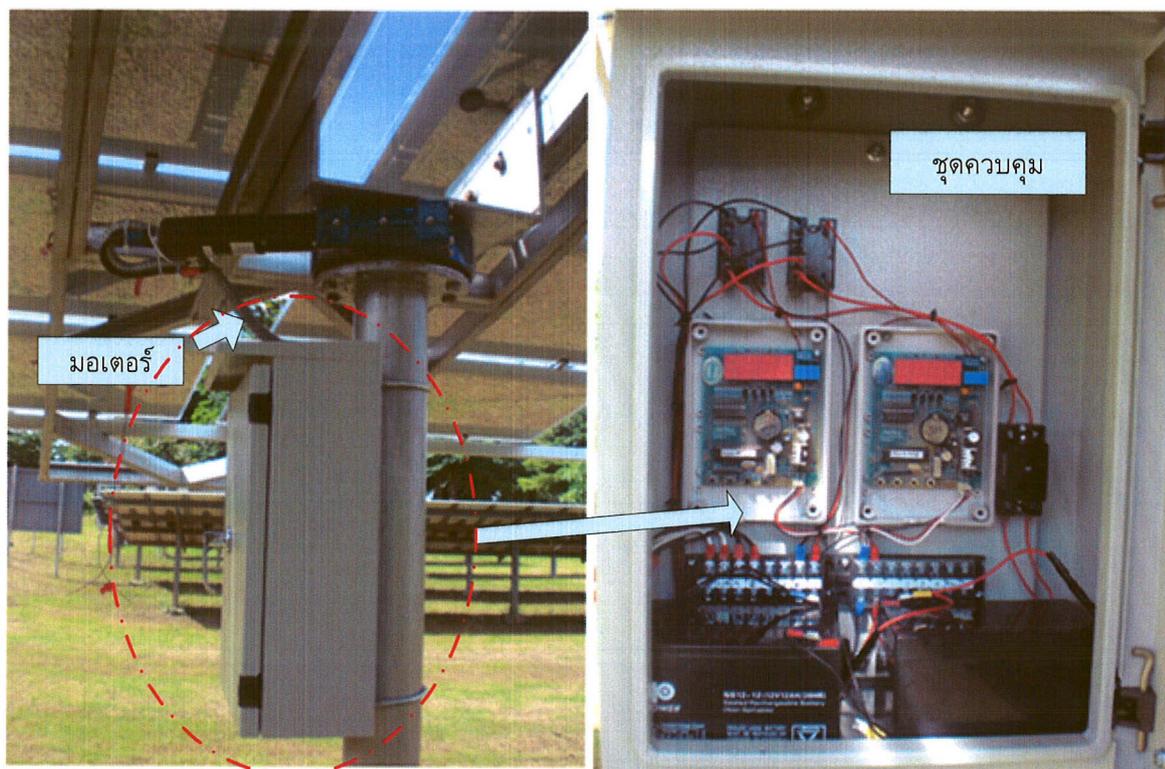
### มอเตอร์ขับเคลื่อนระบบและชุดควบคุม

มอเตอร์ขับเคลื่อนระบบมีหน้าที่เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้า 24 V ความเร็วรอบ 0.1 rpm มอเตอร์ขับเคลื่อนระบบสามารถรับน้ำหนักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 700 kg และในการขับเคลื่อนระบบจะต้องทำงานร่วมกับระบบควบคุมการเคลื่อนที่ที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น (แสดงดังรูป 37) ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน จะทำงานบนฐานเวลาสั่งให้มอเตอร์ทำงานทุก ๆ ชั่วโมง ดังนั้นจึงส่งผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ชั่วโมงละ 15 องศา และในตอนเย็นเวลา 18.00 น. ชุดควบคุมจะสั่งให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานกลับด้าน โดยจะปล่อยไฟสลับขั้วไปที่มอเตอร์ส่งผลให้มอเตอร์หมุนกลับด้านและเคลื่อนที่กลับทางเดิมคือ ไปที่จุดเริ่มต้นในตอนเช้าหันหน้าไปทิศตะวันออก เมื่อระบบเซลล์

แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ส่งผลให้สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดีตลอดทั้งวันผลที่ตามมาคือสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าแบบติดตั้งอยู่กับที่ คุณสมบัติทางด้านเทคนิคแสดงดังตารางที่ 4

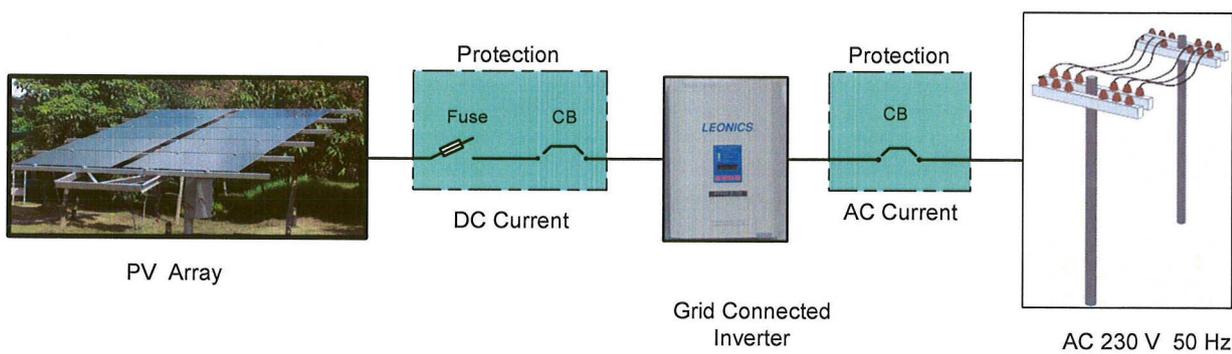
ตารางที่ 4 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของมอเตอร์ขับเคลื่อน

Ratio	234:1
Rated Output Torque	35 N.m
Intermittent Output Torque	48 N.m
Rated Output Speed	7.7 rpm
Rated voltage	24 VDC
Rated Current	< 2.8 A
Intermittent Current	< 3.5 A
Noises	< 60 dB
IP Class	IP 55
Temperature	-40 - 80



รูปที่ 37 การติดตั้งมอเตอรื ชุดขับเคลื่อน และชุดควบคุม

การเชื่อมต่อระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน เข้าระบบสายส่งไฟฟ้า แรงดันต่ำ ของมหาวิทยาลัยนเรศวร แสดงดังรูป 38



รูปที่ 38 การเชื่อมต่อระบบเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ

หลักการการทำงานของระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน ควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยชุดควบคุมที่คณะวิจัยได้พัฒนาขึ้น เป็นการควบคุมแบบฐานเวลาก็คือ ระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกนจะเคลื่อนที่ตามเวลาที่วงจรถูกควบคุมเวลากำหนด ใน 1 วัน ระบบจะเคลื่อนที่เป็นรายชั่วโมง ตั้งแต่ตอนเช้าถึงตอนเย็น จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตกเพื่อที่จะรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดีตลอดทั้งวัน และจะเคลื่อนที่กลับมายังทิศตะวันออกในเวลา 18.00 เพื่อรอรับพลังงานแสงอาทิตย์ในตอนเช้า การทำงานของระบบก็จะเป็นรอบดังที่ได้กล่าวมา จากนั้นเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าจ่ายไปที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V / 50 Hz จ่ายไปยังภาระทางไฟฟ้าภายในอาคารทดสอบและระบบไฟฟ้าของวิทยาลัยพลังงานทดแทน

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยร่วม

นอกเหนือจากระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แล้วงานวิจัยนี้ยังมีเครื่องมืออื่น ๆ ที่มีความสำคัญต่อการทำวิจัยประกอบด้วย

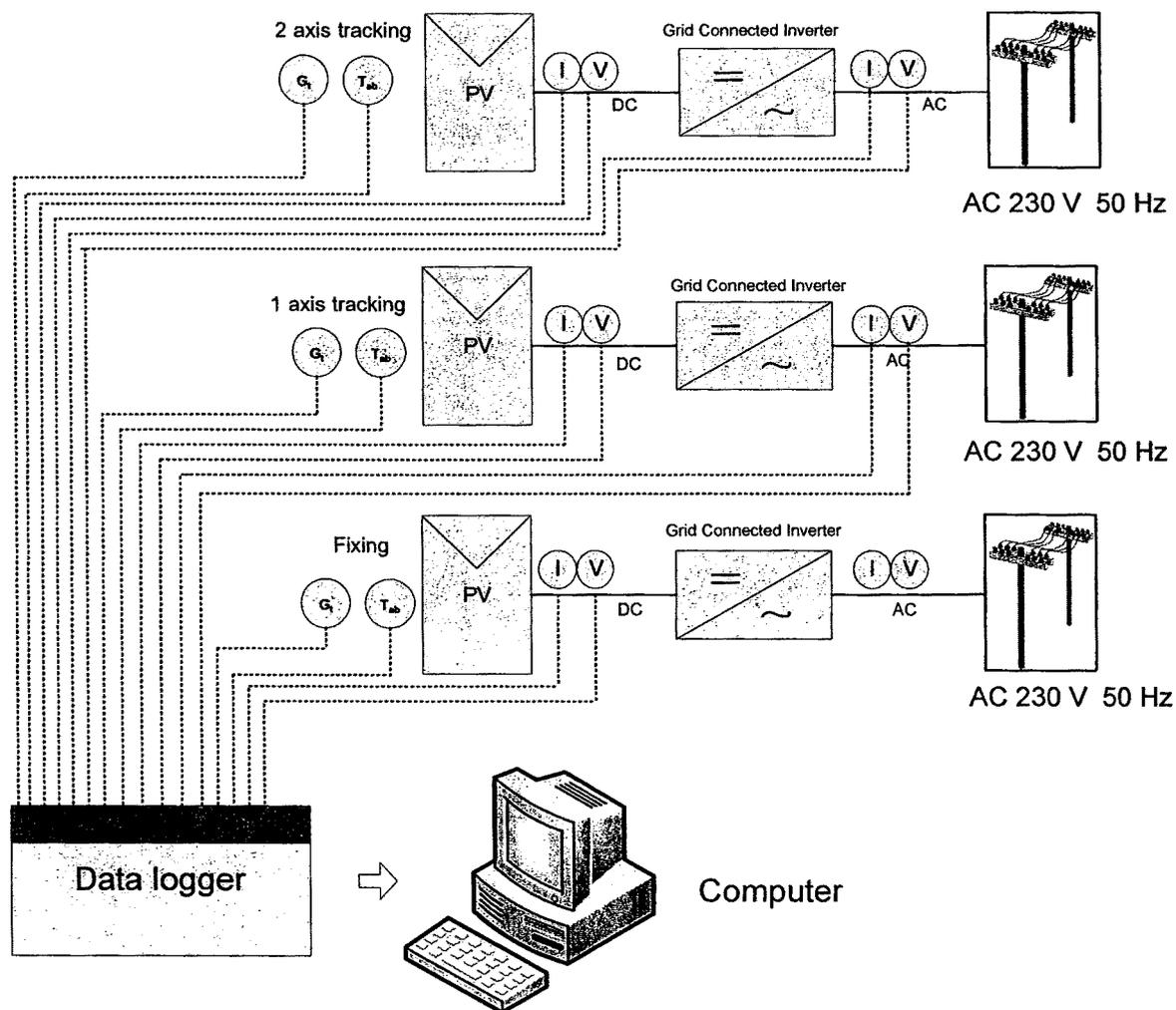
- ระบบตรวจวัดและบันทึกข้อมูล
- เซลล์อ้างอิง (Reference cell)

### 3.3 ระบบตรวจวัดและบันทึกข้อมูล

ระบบตรวจวัดและบันทึกข้อมูลทำหน้าที่ตรวจวัดค่าตัวแปรที่มีความสำคัญในการศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งระบบ ฯ ดังกล่าวมีส่วนประกอบคือ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ อุปกรณ์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า จะทำการตรวจวัดค่าทุก ๆ 5 นาที ซึ่งตัวแปรที่มีความสำคัญในการศึกษาวิจัยแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

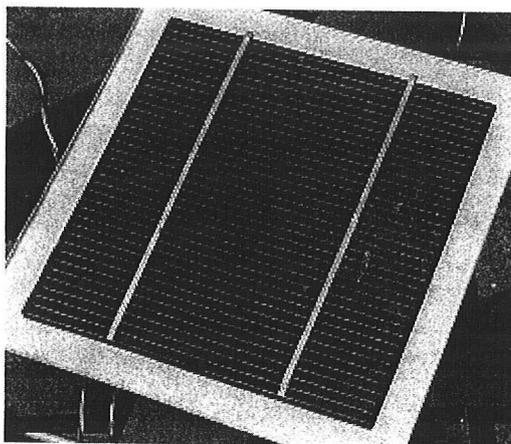
ตัวแปร	สัญลักษณ์
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่แผงเซลล์ผลิตได้	$V_{oc}$
กระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่แผงเซลล์ผลิตได้	$I_{pv}$
ความเข้มรังสีอาทิตย์ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์รวมแบบ 2 แกน	$G_{2x}$
ความเข้มรังสีอาทิตย์ของระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน	$G_{1x}$
อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบติดตั้งอยู่กับที่	$T_{m,s}$
อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบเคลื่อนที่แบบ 2 แกน	$T_{m,2x}$
อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบเคลื่อนที่แบบ 1 แกน	$T_{m,1x}$
อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบติดตั้งอยู่กับที่	$T_{m,f}$
อุณหภูมิแวดล้อม	$T_a$
แรงดันไฟฟ้าที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าผลิตได้	$V_{inv}$
กระแสไฟฟ้าที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าผลิตได้	$I_{inv}$



รูปที่ 39 ระบบตรวจวัดและบันทึกข้อมูล

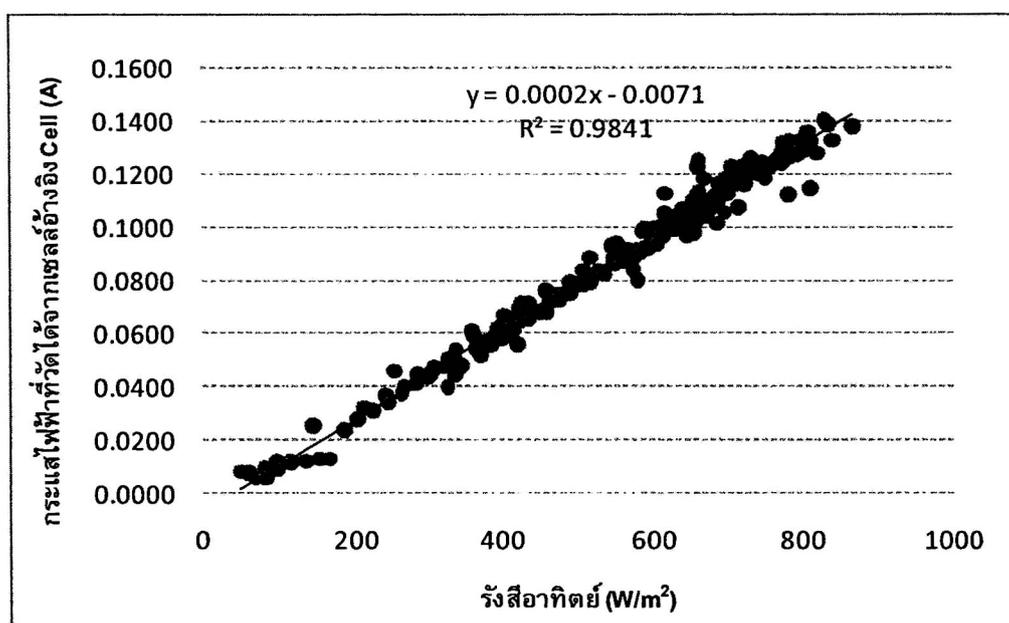
### 3.4 เซลล์อ้างอิง

เซลล์อ้างอิงเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่ผ่านการทดสอบเพื่อปรับค่าเทียบกับค่ารังสีอาทิตย์ มีหน้าที่ในการตรวจวัดค่ารังสีอาทิตย์ซึ่งในการวิจัยนี้มีเซลล์อ้างอิง 2 ตัว ติดตั้งที่ระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน และ ติดตั้งที่ระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน แสดงดังรูป 40

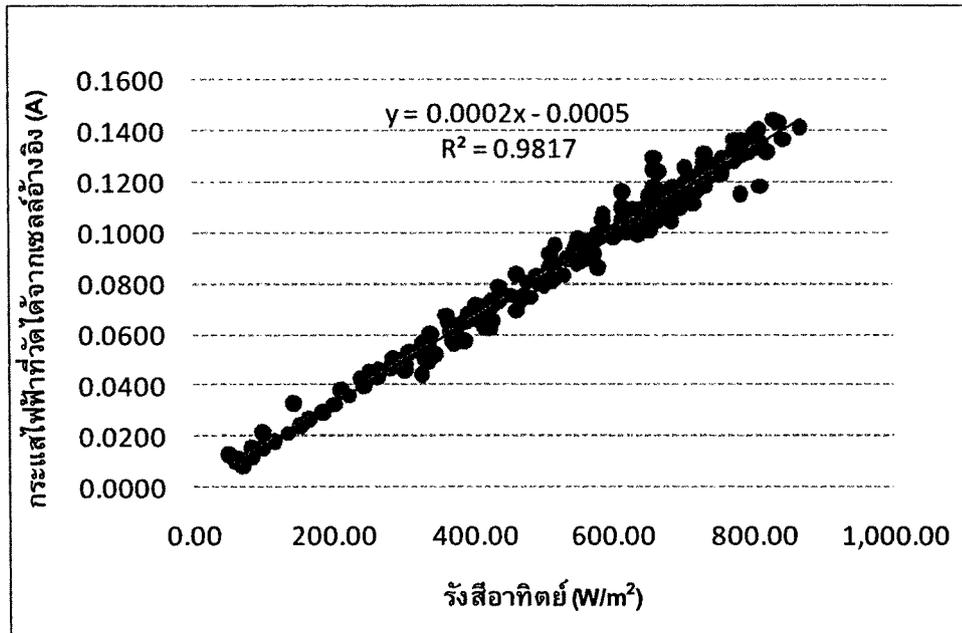


รูปที่ 40 รูปเซลล์อ้างอิง

ในการประยุกต์ใช้เซลล์อ้างอิงเพื่อปรับค่าเป็นค่ารังสีอาทิตย์จำเป็นต้องมีการวัดและเปรียบเทียบจากเครื่องวัดรังสีอาทิตย์ (Pyranometer) ผลการเปรียบเทียบค่าแสดงดังรูป 41



รูปที่ 41 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์กับกระแสไฟฟ้าของเซลล์อ้างอิงของระบบเคลื่อนที่ 1 แกน



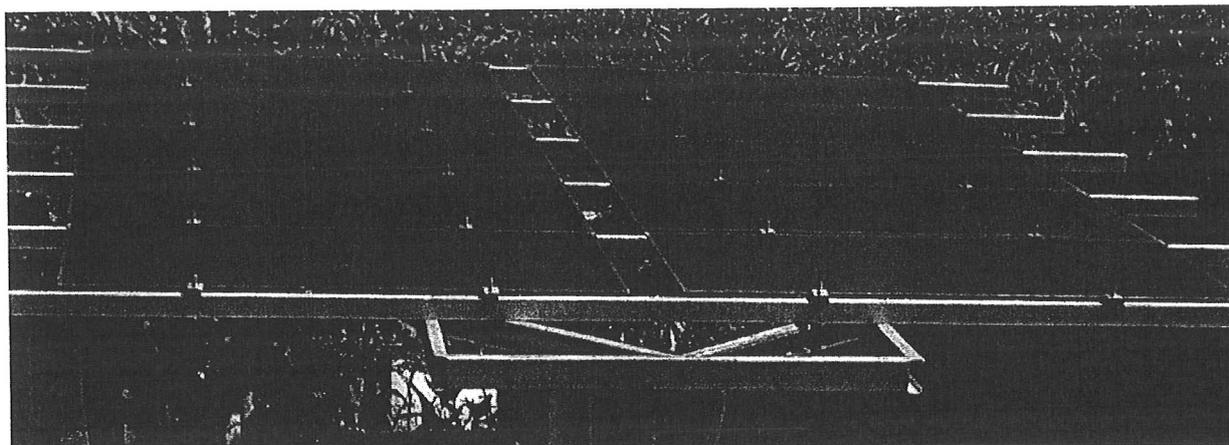
รูปที่ 42 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์กับกระแสไฟฟ้าของเซลล์อ้างอิงของระบบเคลื่อนที่ 2 แกน

### 3.5 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทำวิจัย

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอน (Amorphous Silicon) ของบริษัท บางกอกโซลาร์ จำกัด รุ่น BS 40 ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากบริษัท ดังกล่าวให้ทำงานวิจัยร่วม คุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น BS 40 แสดงดังตาราง 6

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

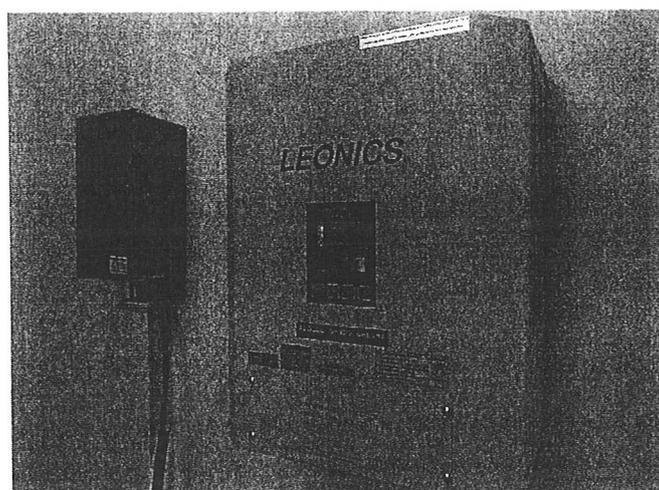
ตัวแปรทางด้านไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	ค่า
กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	40
แรงดันไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	44.8
กระแสไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	0.98
แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด	62.2
กระแสไฟฟ้าลัดวงจร	1.14
แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถทนได้	600



รูปที่ 43 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทำวิจัย

### 3.6 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งทำหน้าที่ในการแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายให้กับระบบจำหน่ายของกริดไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจากบริษัท ลีโอนิกส์ จำกัด 3 เครื่อง ติดตั้งอยู่กับ ระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน ระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน และ ระบบติดตั้งอยู่กับที่ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งแสดงดังรูปที่ 44



รูปที่ 44 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

### 3.7 ทฤษฎีการประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบ

วิธีการประเมินระบบทางเทคนิค [15]

การวิเคราะห์สมรรถนะทางเทคนิคของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งแบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน และระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน รวมทั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่ ในการประเมินครั้งนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค โดยอ้างอิงจาก International Energy Agency Photovoltaic Power Systems TASK 2 – Performance, Reliability and Analysis of Photovoltaic Systems (IEA PVPS Task 2) ซึ่งได้กำหนดให้มีการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ดังต่อไปนี้

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_A = E_A/P_0 \quad (22)$$

$Y_A$	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง (kWh/kW <sub>p</sub> )
$E_A$	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (kWh)
$P_0$	คือ	กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (W <sub>p</sub> )

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทางทฤษฎี (Reference Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_r = H_i/G_{STC} \quad (23)$$

$Y_r$	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้งในทางทฤษฎี (kWh/kW <sub>p</sub> )
$H_i$	คือ	พลังงานจากรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/m <sup>2</sup> )
$G_{STC}$	คือ	ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐานการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ $G_{STC} = 1 \text{ kW/m}^2$

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Final Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_f = E_{PV}/P_o \quad (24)$$

- $Y_f$  คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kW<sub>p</sub>)  
 $E_{PV}$  คือ พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกใช้โดยภาระทางไฟฟ้า (kWh)  
 $P_o$  คือ กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (W<sub>p</sub>)

$$E_{PV} = E_L/(1 + E_{BU}/E_A)$$

- $E_L$  คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงโดยภาระทางไฟฟ้า (kWh)  
 $E_A$  คือ พลังงานที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh)  
 $E_{BU}$  คือ พลังงานที่ผลิตได้จากระบบพลังงานเสริม ในกรณีนี้คือ 0 (KWh)

พลังงานสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Capture Losses) หาได้จากสมการ

$$L_C = Y_r - Y_A \quad (25)$$

- $L_C$  คือ พลังงานที่สูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kW<sub>p</sub>)

พลังงานสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (System Losses) หาได้จากสมการ

$$L_S = Y_A - Y_f \quad (26)$$

- $L_S$  คือ พลังงานที่สูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kW<sub>p</sub>)

สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Performance Ratio) หาได้จากสมการ

$$PR = Y_f/Y_r \quad (27)$$

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Efficiency) หาได้จากสมการ

$$\eta_A = E_A/H_i A_c \quad (28)$$

$\eta_A$  คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์  
 $A_c$  คือ พื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ( $m^2$ )

ประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Total Efficiency) หาได้จากสมการ

$$\eta_{PV} = EPV/H_i A_c \quad (29)$$

$\eta_{PV}$  คือ ประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

### 3.8 การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์

วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำภายในเรือนจากลางบางขวาง จังหวัดนนทบุรี จะพิจารณาราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของระบบ

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การทำนายปริมาณพลังงานไฟฟ้า (kWh) ที่ระบบผลิตได้ต่อปี ( $E_{PV}$ )
2. การหาค่าสมมูลรายปีของระบบฯ ตลอดช่วงอายุการใช้งานของระบบ

การประมาณราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของระบบจะพิจารณาจากราคาการลงทุนของระบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

ก. เงินลงทุนเริ่มแรก ประกอบด้วย

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์
- โครงสร้างที่ใช้ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง
- ค่าแรง และผลกำไร
- ระบบขับเคลื่อน
- อุปกรณ์ติดตั้งอื่นๆ เช่น สายไฟ สวิตช์ไฟฟ้า ฯลฯ

ข. เงินลงทุนประจำปี ได้แก่

- 1) ค่าซ่อมบำรุง
- 2) ค่าอะไหล่

ข้อมูลที่ใช้ในสมการคำนวณการหาราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของระบบประกอบด้วย

- 1) ราคาเริ่มต้นของการติดตั้งระบบฯ (Capital Cost, CC)
- 2) ค่าเดินระบบและซ่อมบำรุงประจำปี (Operation & Maintenance Cost, Com)
- 3) ต้นทุนทดแทนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Array Replacement Cost, Crm)
- 4) ต้นทุนทดแทนของระบบย่อย (Subsystem Replacement Cost, Crs)
- 5) อายุการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Array Life Time, Ym)
- 6) อายุการใช้งานของระบบย่อย (Subsystem Life Time, Ys)
- 7) ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้ตลอดทั้งปี (PV System Energy Output, Ey)

ในการคำนวณจะทำการพิจารณาในช่วงระยะเวลา Y ปี อัตราส่วนลด (Discount Rate) เท่ากับ n % อัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate) เท่ากับ i %

การวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย

การหามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทดแทนทั้งหมด ( $C_r$ ) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และระบบย่อยจากสมการ

$$C_r = C_{rm} \sum_{i=1}^{n_m} \left[ \frac{(1+i)^{y-1}}{(1+d)^{iy_m}} \right] + C_{rs} \sum_{i=1}^{n_s} \left[ \frac{(1+i)^{y-1}}{(1+d)^{iy_s}} \right] \quad (30)$$

- |          |     |  |
|----------|-----|--|
| $n_m$    | คือ | จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์  |
| $n_s$    | คือ | จำนวนระบบย่อย  |
| $C_{rm}$ | คือ | ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนทดแทน (บาท) $C_{rs}$ คือ ราคา<br>ระบบย่อยที่เปลี่ยนทดแทน (บาท) |

การหามูลค่าปัจจุบันการเดินระบบและซ่อมบำรุง

$$C_a = C_{om} \times P_a \quad (31)$$

$P_a$  คือ ค่าตัวปรับค่าเข้าสู่มูลค่าในปัจจุบันของระบบ (Present Worth Factor)

$$P_a = \frac{(1+d)^y - 1}{d(1+d)^y} \quad (32)$$

การปรับค่าเงินในอนาคตเข้าสู่ปีปัจจุบัน

$$P = F \times \frac{1}{(1+d)^y} \quad (33)$$

$P$  คือ ค่าเงินในปัจจุบัน

$F$  คือ ค่าเงินในอนาคต

$d$  คือ อัตราส่วนลด

$y$  คือ ปี

คำนวณค่าใช้จ่ายสุทธิตลอดอายุของระบบ (NPVC)

$$NPVC = \sum_{i=1}^n PVC_{om} + Cc - Cs \quad (34)$$

$Cc$  คือ ราคาเริ่มต้นของการติดตั้งระบบฯ (บาท)

$Cs$  คือ มูลค่าซากของระบบฯ (บาท)

$PV_{Com}$  คือ มูลค่าปัจจุบันการดูแลรักษาและปรับเปลี่ยนทดแทน

$n$  คือ อายุของโครงการ

การคำนวณค่าราคาผลประโยชน์สุทธิตลอดอายุของระบบ (NPVB)

$$NPVB = \sum_{y=1}^n PVB \quad (35)$$

PVB คือ ผลประโยชน์ที่ได้รับปรับเข้าสู่ปัจจุบัน

การคำนวณราคาไฟฟ้าต่อหน่วยของระบบ จากสมการ

$$COE = \frac{E_{produce}}{NPVB} \quad (36)$$

$E_{produce}$  คือ พลังงานไฟฟ้าปัจจุบันที่ระบบผลิตได้ตลอดอายุโครงการ (kWh)

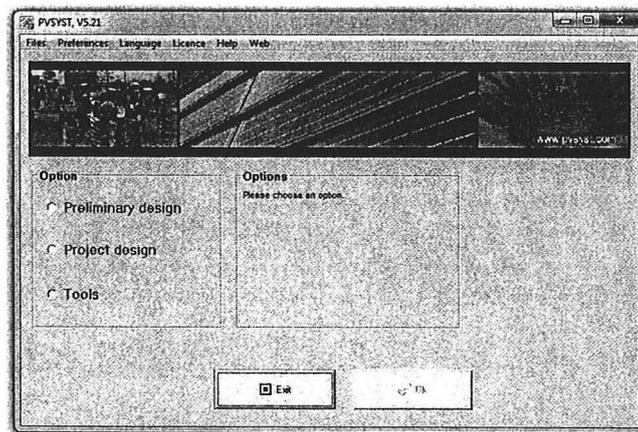
COE คือ ราคาไฟฟ้าต่อหน่วยของระบบ (บาท/kWh)

การคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: B/C Ratio)

$$B/C \text{ Ratio} = \frac{NPVB}{NPVC} \quad (37)$$

### 3.9 การศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองระบบ ฯ โดยการ Simulation ด้วยโปรแกรม PVsyst 5.31

การศึกษาในหัวข้อนี้จะทำการศึกษาโดยการ Simulation เพื่อประเมินหาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน กับระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่ โดยใช้โปรแกรม PVsyst



รูปที่ 45 โปรแกรม PVsyst 5.31