



รายงานการวิจัย

ระบบตรวจวัดประสิทธิภาพแผงโฟลโตโวลเทอิกด้วยวิธีการ
ควบคุมแสงอาทิตย์เสมือนจริง

Photovoltaic Panel Efficiency Measurements System Using
the Virtual Sunlight Control

ธีรพงษ์ ฉิมเพชร Teerapong Chimphet
สมคิด สุทธิศักดิ์ Somkid Suttisak

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2559

ระบบตรวจวัดประสิทธิภาพแผงโฟโตโวลเทอิกด้วยวิธีการ

ควบคุมแสงอาทิตย์เสมือนจริง

ธีรพงษ์ ฉิมเพชร สมคิด สุทธิศักดิ์

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอระบบตรวจวัดประสิทธิภาพแผ่นโฟโตโวลเทอิก เพื่อช่วยในการตรวจสอบคุณสมบัติด้านไฟฟ้าสำหรับแผ่นโฟโตโวลเทอิกที่ผ่านการใช้งานหรือที่มีการประกอบใช้ใหม่ พร้อมทั้งประเมินค่าประสิทธิภาพผ่านโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ การทำงานของชุดทดสอบจะอาศัยการจำลองแสงที่มีคุณสมบัติคล้ายกับแสงธรรมชาติส่งกระทบกับแผ่นโฟโตโวลเทอิกแล้วทำการตรวจวัดค่าแรงดัน กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิด้วยเซ็นเซอร์เพื่อนำส่งข้อมูลไปวิเคราะห์บนโปรแกรมพร้อมทั้งแสดงผลที่ได้ โดยทำการทดสอบหาค่าความเข้มแสงและค่าความแม่นยำกับตัวอย่างแผ่นโฟโตโวลเทอิกมาตรฐาน 3 ตัวอย่าง ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าชุดทดสอบสามารถสร้างความเข้มแสงสำหรับใช้ทดสอบแผ่นโฟโตโวลเทอิกอยู่ในช่วง 200วัตต์ต่อตารางเมตรซึ่งเป็นไปตามค่ามาตรฐานสากล และให้ค่าความผิดพลาดในการตรวจวัดประสิทธิภาพของแผ่นโฟโตโวลเทอิกอยู่ในระดับต่ำ อีกทั้งระบบยังสามารถแสดงผลความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตรวจวัดเพื่อการตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: โฟโตโวลเทอิก ความเข้มแสง เซ็นเซอร์

Photovoltaic Panel Efficiency Measurements System Using the Virtual Sunlight Control

Teerapong Chimphet Somkid Suttisak

Abstract

This research paper presented the photovoltaic panel efficiency measurement system that use for evaluate the electrical properties of new or used photovoltaic panels based on computer. The operation of this test kit relies on the use of simulation light that is similar to the natural light shine on photovoltaic panel. Voltage, current and temperature are measured by sensors will be sent to analyze and show result on computer. The results of light intensity measurement and the precision of testing that on three standard samples of photovoltaic panel found that the test kits can be generated light for test in the range of 200 watts per square meter, which is in accordance with the international standards, and margin of error in performance measuring is low. This system also can show the relationship between voltage and current for check the status of the measurement as well.

Keywords: Photovoltaic, Light intensity, Sensors

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาระบบตรวจวัดประสิทธิภาพแผงโฟโตโวลเทอิกด้วยวิธีการควบคุมแสงอาทิตย์เสมือนจริง ให้สะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการใช้งาน ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัยครั้งนี้ และคณะผู้บริหารเจ้าหน้าที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อมูลเพื่อใช้ในการประกอบการจัดทำวิจัย

การดำเนินการวิจัยมีอาจสำเร็จล่วงไปได้หากปราศจากความร่วมมือของคณาจารย์ในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้การสนับสนุนการใช้อุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ต่างๆ ในการพัฒนา รวมถึงสถานที่ในการดำเนินการจัดทำวิจัยจนโครงการนี้สำเร็จล่วง

ท้ายนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดู ตลอดจนส่งเสริมการศึกษาและให้กำลังใจเป็นอย่างดี อีกทั้งขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา และขอขอบพระคุณเจ้าของเอกสารและงานวิจัยทุกท่าน ที่ผู้ศึกษาค้นคว้าได้นำมาอ้างอิงในการทำวิจัยจนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จล่วงไปได้ด้วยดี

ธีรพงษ์ นิมเพชร
สมคิด สุทธิศักดิ์

มกราคม 2560

สารบัญ

หน้าที่

1	บทนำ	
1.1	ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย	1
1.2	วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3	ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5	แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	3
2	ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม	
2.1	แผงโฟโตโวลเทอิก	4
2.2	การทดสอบแผงโฟโตโวลเทอิก	7
2.3	การวัดประสิทธิภาพแผงโฟโตโวลเทอิก	9
2.4	การทบทวนวรรณกรรม	10
2.5	หลักการการทำวิจัย	12
3	วิธีการดำเนินงาน	
3.1	ชุดทดสอบแผ่นโฟโตโวลเทอิก	14
3.2	ตัวตรวจวัดและวงจรไฟฟ้า	16
3.3	โปรแกรมตรวจวัดและวิเคราะห์	17
4	ผลการทดลอง	
4.1	การทดสอบหาค่าความเข้มแสง	23
4.2	การทดสอบหาค่าความแม่นยำ	23
4.3	การทดสอบหาค่าประสิทธิภาพแผ่นโฟโตโวลเทอิก	25
5	สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1	ด้านชุดทดลองต้นแบบ	27
5.2	ด้านอุปกรณ์ตรวจวัด	27
5.3	ด้านตัวประมวลผลและรับส่งข้อมูล	27
5.4	โปรแกรมวิเคราะห์ผล	28
5.5	โหลทดสอบ	28
5.6	ประสิทธิภาพในการตรวจวัด	28
5.7	เงื่อนไขตามขอบเขตงานวิจัย	29

สารบัญ

บรรณานุกรม

หน้าที่
30



สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 1 : ข้อมูลสำคัญสำหรับแหล่งกำเนิดแสง	15
ตารางที่ 2 : ข้อมูลแผ่นโฟโตโวลเทอิกที่ได้จากผู้ผลิต	24
ตารางที่ 3 : ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพ	24
ตารางที่ 4 : ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพ	24
ตารางที่ 5 : ผลการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพแผ่นโฟโตโวลเทอิก	25



สารบัญญภาพ

	หน้าที่
รูปภาพที่ 1 ระบบการรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	1
รูปภาพที่ 2 ชนิดแผงโฟโตโวลเทอิก	4
รูปภาพที่ 3 วงจรสมมูลย์ เซลล์โฟโตโวลเทอิก	5
รูปภาพที่ 4 ตัวอย่าง V-I Characteristic Curve	6
รูปภาพที่ 5 ตัวอย่าง Power Characteristic Curve	7
รูปภาพที่ 6 เครื่อง Thermal Cycling Test Chamber สำหรับการทดสอบเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของแผงโฟโตโวลเทอิก	8
รูปภาพที่ 7 เครื่อง IV curve Sun simulator solar cell test สำหรับการทดสอบเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำงาน	8
รูปภาพที่ 8 การทำงานของระบบตรวจวัดประสิทธิภาพแผงโฟโตโวลเทอิก	12
รูปภาพที่ 9 ขนาดและมิติของชุดทดสอบ	14
รูปภาพที่ 10 ชุดกำเนิดแสง	15
รูปภาพที่ 11 วงจรไฟฟ้า	16
รูปภาพที่ 12 ชุดเครื่องมือทดลองด้านไฟฟ้า	16
รูปภาพที่ 13 การทำงานของโปรแกรมตรวจวัดและวิเคราะห์ผล	18
รูปภาพที่ 14 องค์ประกอบหน้าต่างของโปรแกรม	18
รูปภาพที่ 15 หน้าต่างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสไฟฟ้า	19
รูปภาพที่ 16 การออกแบบคำสั่งในการทำงานของโปรแกรม	20
รูปภาพที่ 17 การทดสอบวัดค่าเพื่อหาความเข้มแสง	22
รูปภาพที่ 18 ผลการทดสอบหาค่าความเข้มแสง	23
รูปภาพที่ 19 แผ่นโฟโตโวลเทอิกสำหรับการทดสอบ	23
รูปภาพที่ 20 การทดลองหาค่าประสิทธิภาพแผ่นโฟโตโวลเทอิก	25
รูปภาพที่ 21 การแสดงผลการทดลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	26

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

สัญลักษณ์	ความหมาย
I	กระแสไฟฟ้าออกจากแผ่นโฟโตโวลเทอิก
I_{sc}	กระแสไฟฟ้าขณะลัดวงจร
I_L	กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากแผ่นเซลล์เมื่อได้รับแสง
I_D, I_{sh}	กระแสแต่ละส่วนของวงจรสมมูลขนาน
exp	ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล
V	แรงดันไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด
V_T	แรงดันไฟฟ้าที่แปรผันกับค่าอุณหภูมิ
V_{oc}	แรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจรแผ่นโฟโตโวลเทอิก
MPP	จุดทำงานของแผ่นโฟโตโวลเทอิกที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด
P	กำลังไฟฟ้า
η	ประสิทธิภาพ
E^{sw}	ฟลักซ์ของแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่รับแสงของแผ่นเซลล์
A_c	พื้นที่ในการรับแสงทั้งหมดของแผ่นโฟโตโวลเทอิก

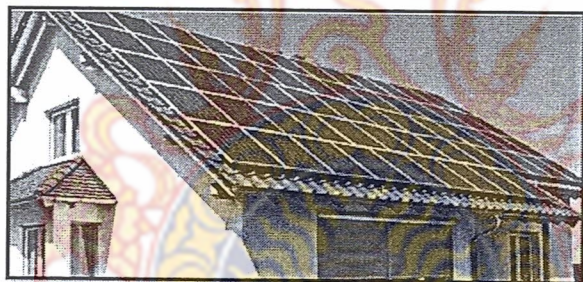


บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

ตามที่คณะรัฐมนตรี(ครม.)ได้เห็นชอบให้มีการรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา(Rooftop PV System) จุดประสงค์เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าจากแผงโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Panel) หรือที่รู้จักกันในชื่อแผงโซลาร์เซลล์ จำนวน 200 เมกะวัตต์ โดยจำแนกเป็น ประเภทบ้านอยู่อาศัย และประเภทธุรกิจ โรงงานอย่างละ 100 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถเริ่มจำหน่ายไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายในรูปแบบเชิงพาณิชย์ได้ตั้งแต่ปี 2556 และมีระยะเวลาในการดำเนิน โครงการถึง 25 ปี [1] จากข้อมูลข้างต้นทำให้ประชาชนทั่วไปหรือหน่วยงานที่มีพื้นว่างบนหลังคาของบ้านที่อยู่อาศัยหรืออาคารเริ่มมีการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์กันมากขึ้น ตัวอย่างการติดตั้งและระบบการรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แสดงดังรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1 ระบบการรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ [1]

จากการศึกษาแผงโฟโตโวลเทอิกหรือแผงโซลาร์เซลล์ที่นิยมติดตั้งกันบนหลังคาพบได้ว่าการนิยมใช้งานกัน 2 ชนิดคือ แผงโฟโตโวลเทอิกชนิดผลึกเดี่ยว(Mono Crystalline Silicon) และแผงโฟโตโวลเทอิกชนิดผลึกรวม(Poly Crystalline Silicon) โดยทางผู้ผลิตได้ระบุอายุการใช้งานของแผงโฟโตโวลเทอิกทั้งสองชนิดนี้ว่า สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่า 20 ปี และประสิทธิภาพในการทำงานจะลดลงตามการใช้งาน [2] ซึ่งองค์ประกอบหลักที่ทำให้ประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลเทอิกลดลงจนทำให้อายุการใช้งานต่ำกว่าที่ผู้ผลิตกำหนดคือ การประกอบแผงโซลาร์เซลล์ไม่มีคุณภาพ ความชื้นเข้าไปทำลายโครงสร้างของแผ่นเซลล์ ความร้อนสะสมของแผ่นเซลล์มากเกินไป เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าหากติดตั้งแผงโฟโตโวลเทอิกโดยไม่ได้รับการตรวจสอบประสิทธิภาพ ก็อาจจะส่งผลให้กำลังการผลิตในการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้รับซื้อลดลงจากกำลังการผลิตที่คาดการณ์ไว้

โครงการวิจัยนี้จึงออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดประสิทธิภาพแผงโฟโตโวลเทอิกที่ผ่านการใช้งานมาแล้วหรือมีการประกอบชิ้นใหม่เพื่อใช้งาน เพื่อใช้ในการตรวจสอบหาค่าแรงดัน กระแส กำลังไฟฟ้า และประเมินค่าประสิทธิภาพ ด้วยวิธีการควบคุมตัวแปรทางธรรมชาติเช่น อุณหภูมิ แหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์ โดยทำการสร้างแหล่งกำเนิดแสงเสมือนจริงและตัวควบคุม เพื่อให้สะดวกต่อการทดสอบและมีความแม่นยำ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- เพื่อศึกษาวิธีการตรวจวัดค่าประสิทธิภาพแผงโฟโตโวลเทอิก
- เพื่อพัฒนาความรู้ด้านการควบคุมและการวัดให้เกิดประโยชน์และใช้งานได้จริง
- เพื่อช่วยลดการนำเข้าเทคโนโลยีที่มีราคาสูงจากต่างประเทศ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- เป็นระบบตรวจวัดประสิทธิภาพแผงโฟโตโวลเทอิกที่มีขนาดไม่เกิน 120 วัตต์ต่อแผง
- มีแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เสมือนจริงที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์
- ใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมและการแสดงผลการทำงาน
- สามารถแสดงค่าประสิทธิภาพ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ของแผงโฟโตโวลเทอิกที่ใช้ในการทดสอบได้
- ค่าประสิทธิภาพจะต้องมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 5\%$ ของประสิทธิภาพแผงโฟโตโวลเทอิกมาตรฐาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

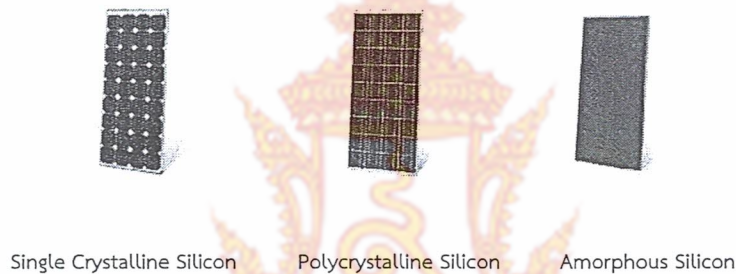
- ได้ระบบตรวจวัดประสิทธิภาพการทำงานของแผงโฟโตโวลเทอิกที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า
- ลดการนำเข้าเครื่องมือวัดและทดสอบที่มีราคาแพงจากต่างประเทศ
- สามารถพัฒนาระบบตรวจวัดดังกล่าวให้เป็นนวัตกรรมเชิงพาณิชย์ได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม

2.1 แผงโฟโตโวลเทอิก [3]

แผงโฟโตโวลเทอิกหรือที่มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำสำหรับสร้างกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสง บนวัสดุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยแผงโฟโตโวลเทอิกสามารถแบ่งแยกออกเป็น 3 ชนิดหลักๆแสดงดังรูปภาพที่ 2

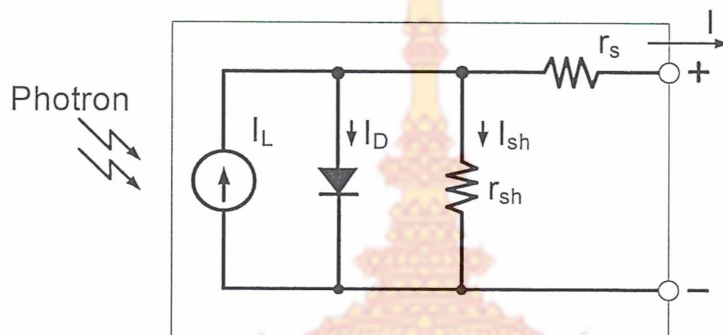


รูปภาพที่ 2 ชนิดแผงโฟโตโวลเทอิก

จะเห็นว่าแผงโฟโตโวลเทอิกหนึ่งแผงจะประกอบไปด้วยเซลล์ย่อยหลายๆเซลล์ต่อเข้าด้วยกัน โดยเซลล์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบาง ในส่วนของเซลล์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน น้ำหนักเบาและประสิทธิภาพเพียง 5-10% อีกทั้งยังมีเซลล์เซลล์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลียม อาร์เซไนด์, แคดเมียม เทลเลอไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลียม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25%

หลักการทำงานของเซลล์โฟโตโวลเทอิกเริ่มต้นจากการตกกระทบของแสงอาทิตย์ที่แผ่นเซลล์ ส่งผลให้เกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้นในสารกึ่งตัวนำ ได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองของสารกึ่งตัวนำ โดยสามารถอธิบายการทำงานด้วยวงจรมูลฐานที่แสดงดังรูปภาพที่ 3 ซึ่งจากรูปภาพที่ 3 แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบในการทำงานที่สำคัญของแผ่นเซลล์ จะประกอบไปด้วย แหล่งกำเนิดกระแสที่ต่อร่วมกับไดโอดใน

ลักษณะของวงจรมุมาน เพื่อเป็นตัวกำหนดทิศทางหรือขั้วของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ อีกทั้งแผ่นเซลล์ถูกสร้างขึ้นมาจากวัสดุกึ่งตัวนำจากธรรมชาติโดยที่วัสดุดังกล่าวจะมีค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าเป็นผลให้เกิดกำลังสูญเสียซึ่งจะเห็นได้จากค่าความต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจรมุมาน r_{sh} และ r_s



รูปภาพที่ 3 วงจรมุมานเซลล์โฟโตนิก

สามารถคำนวณหาค่ากระแส I ที่ไหลออกจากแผ่นเซลล์โฟโตนิกได้ตามกฎของ Kirchoff's current law ดังนี้

$$I = I_L - I_D - I_{sh} \quad (1)$$

โดยที่ I_L คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากแผ่นเซลล์เมื่อได้รับแสง I_D และ I_{sh} คือค่ากระแสสูญเสียที่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในแต่ละส่วนของวงจรมุมานโดยค่า I_D และ I_{sh} สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$I_D = I_0 \left[\exp\left(\frac{V + IR_s}{nV_T}\right) - 1 \right] \quad (2)$$

$$I_{sh} = \frac{(V + IR_s)}{R_{sh}} \quad (3)$$

เมื่อ n ค่าเฟคเตอร์ของไดโอด, I_0 คือค่ากระแสอิ่มตัว และ V_T คือค่าแรงดันที่ขึ้นกับอุณหภูมิคำนวณได้จาก

$$V_T = \frac{kTc}{q} \quad (4)$$

ดังนั้น สมการที่ใช้ในการคำนวณประมาณกระแสที่เกิดจากแผ่นเซลล์โฟโวลเทอิกคือ

$$I = I_L - I_o \left[\exp\left(\frac{V + IR_s}{nV_T}\right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (5)$$

จะเห็นจากสมการ ว่ามีตัวแปรสำคัญอยู่ 5 ตัวแปรและค่าคงที่เพื่อการการคำนวณ คือ

I_L คือ กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากแสงกระทบแผ่นเซลล์ (A)

I_o คือ กระแสอิ่มตัวย้อนกลับ (A)

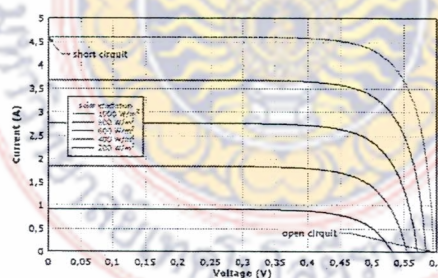
R_s คือ ค่าความต้านทานอนุกรม (Ω)

R_{sh} คือ ค่าความต้านทานขนาน (Ω)

$K = 1.381 \times 10^{-23}$ J/K

$q = 1.602 \times 10^{-19}$ C

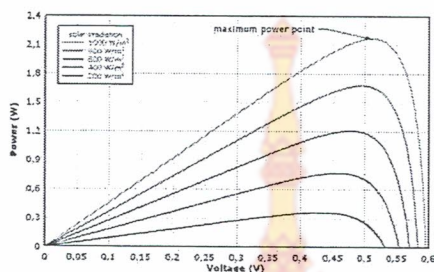
จุดทำงานของแผงโฟโวลเทอิกจะขึ้นอยู่กับโหลดและค่าความเข้มของแสงที่ตกกระทบกับแผงโฟโวลเทอิก โดยสามารถแสดงจุดทำงานในลักษณะของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า V-I Characteristic ซึ่งจะช่วยให้สามารถเห็นค่าในการทำงานสูงสุด Maximum Power Point ,MPP ของแผงโฟโวลเทอิกเป็นอย่างดี ตัวอย่าง V-I Characteristic ของแผงโฟโวลเทอิกแสดงดังรูปภาพที่ 4



รูปภาพที่ 4 ตัวอย่าง V-I Characteristic Curve

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของ V-I Characteristic Curve ที่เกิดกับแผงโฟโวลเทอิกซึ่งกราฟดังกล่าวจะแสดงให้เห็นถึง แรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจร V_{oc} กระแสขณะลัดวงจร I_{sc} กระแสไฟฟ้าสูงสุด I_{MPP} และแรงดันสูงสุด V_{MPP} ที่แผงโฟโวลเทอิกผลิตได้ อีกทั้งจะเห็นว่าค่าความเข้มของแสงที่ตกกระทบแผงโฟโวลเทอิกจะส่งผลโดยตรงกับค่าข้างต้น ในการบอกคุณสมบัติของแผงโฟโวลเทอิกอีกประการหนึ่ง คือการบอกความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าและ

แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้ Power Characteristic Curve เพื่อเป็นตัวยืนยันว่าแผงโฟโตโวลเทอิกที่นำมาใช้งานมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่าไร ตัวอย่าง Power Characteristic Curve แสดงดังรูปภาพที่ 5



รูปภาพที่ 5 ตัวอย่าง Power Characteristic Curve

จากข้อมูลข้างต้นทำให้ผู้ผลิตหรือภาคอุตสาหกรรมด้านโฟโตโวลเทอิกจะต้องมีการทดสอบคุณสมบัติข้างต้นก่อนที่จะนำเซลล์โฟโตโวลเทอิกมาวางจำหน่าย เพื่อเป็นข้อมูลทางเทคนิคสำคัญและเป็นตัวยืนยันประสิทธิภาพในการทำงานของเซลล์โฟโตโวลเทอิกแต่ละชนิด โดยผู้ผลิตจะใช้วิธีการทดสอบคือ กำหนดความเข้มแสงที่สร้างจากแหล่งกำเนิดแสงให้ตกกระทบแผ่นเซลล์พร้อมควบคุมอุณหภูมิ แล้วจึงทำการตรวจวัดค่า

2.2 การทดสอบแผงโฟโตโวลเทอิก [3]

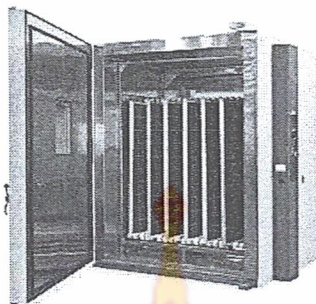
ปัจจุบันได้มีหน่วยงานสากล International Electro Committee IEC ที่เข้ามาออกมาตรฐานในการทดสอบประสิทธิภาพแผงโฟโตโวลเทอิกเพื่อใช้สำหรับการตรวจสอบประสิทธิภาพประเมินผลทางด้านความปลอดภัย อายุในการใช้งาน ซึ่งเป็นมาตรฐานชี้วัดให้ผู้สนใจนำผลการทดสอบดังกล่าว ไปใช้ในการตัดสินใจในการเลือกซื้อเลือกใช้งานแผงโฟโตโวลเทอิกโดยการกำหนดการทดสอบดังนี้

2.2.1 การทดสอบเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม

- Thermal Cycling Test คือ การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่มีผลต่อวงจรและมีผลต่อแผงโฟโตโวลเทอิก

- Humidity Freeze Test คือ การทดสอบการเปลี่ยนแปลงความชื้นและความเย็นเยือกแข็ง ในกรณี นำแผงไปใช้ในประเทศที่มีอากาศหนาว

- Damp Heat Test คือ การทดสอบการเปลี่ยนของอุณหภูมิในแต่ละวันโดยการทดสอบข้างต้นจะต้องอาศัยเครื่อง Thermal Cycling Test Chamber เป็นเครื่องมือในการทดสอบ ตัวอย่างอุปกรณ์ดังกล่าวแสดงดังรูปภาพที่ 6



รูปภาพที่ 6 เครื่อง Thermal Cycling Test Chamber สำหรับการทดสอบเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของแผงโฟโตโวลเทอิก

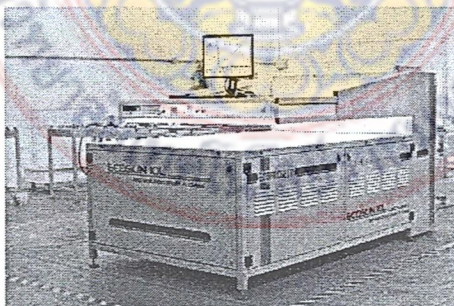
2.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลเทอิก

- Performance at Standard Condition (STC) คือ การทดสอบแผงโฟโตโวลเทอิกเมื่อได้รับแสงที่มีความเข้ม(Irradiance) เท่ากับ 1000 W/m^2 โดยกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส

- Performance at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) คือ การทดสอบแผงโฟโตโวลเทอิก เมื่อได้รับแสงที่มีความเข้ม(Irradiance) เท่ากับ 800 W/m^2 โดยกำหนดอุณหภูมิไว้ที่อุณหภูมิห้องปกติ

- Performance at Low Irradiance คือ การทดสอบแผงโฟโตโวลเทอิก เมื่อได้รับแสงที่มีความเข้ม(Irradiance) เท่ากับ 200 W/m^2 โดยกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส

โดยการทดสอบข้างต้นจะต้องอาศัยเครื่อง IV curve Sun simulator solar cell test เป็นเครื่องมือในการทดสอบ ตัวอย่างอุปกรณ์ดังกล่าวแสดงดังรูปภาพที่ 7



รูปภาพที่ 7 เครื่อง IV curve Sun simulator solar cell test สำหรับการทดสอบเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำงาน

2.2.3 การทดสอบสภาพการรับแสงกลางแจ้ง (Outdoor testing)

- Measurement of Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) เป็นการทดสอบในการวัดค่าอุณหภูมิสะสมบนพื้นผิวของเซลล์
- Outdoor Exposure Test เป็นการวัดผลการทำงานของแผงเซลล์บนพื้นที่ติดตั้ง

2.2.4 การทดสอบวัสดุ Hot-spot Endurance

- Insulation test เป็นการทดสอบความเป็นฉนวนไฟฟ้า
- UV Precondition test เป็นการทดสอบการทนต่อแสงอุลตราไวโอเล็ต
- Hot-spot Endurance Test เป็นการทดสอบหาจุดที่มีอุณหภูมิสูงบนแผงเซลล์ เพื่อดูความเสี่ยงต่างๆ

การทดสอบด้านอื่นๆ สำหรับแผงโฟโตโวลเทอิกในปัจจุบันยังมีแนวโน้มที่จะโดนบังคับใช้มาตรฐานด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC standards) สำหรับระบบผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเซลล์โฟโตโวลเทอิก เนื่องจากระบบนี้มักจะผลิตสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปรบกวนการทำงานของระบบแพร่สัญญาณ โทรทัศน์ วิทยุ โทรศัพท์ ฯลฯ หรือในบางครั้งปรากฏการณ์ฟ้าแลบฟ้าผ่า อาจเหนี่ยวนำเข้าสู่ระบบผลิตกำลังไฟฟ้า ทำให้รูปแบบของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตออกมาเกิดการเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อประกอบเซลล์โฟโตโวลเทอิกเข้าด้วยกัน จะทำให้โครงสร้างของระบบเป็นเสมือนสายอากาศขนาดใหญ่ที่สามารถรับ หรือส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั่นเอง

2.3 การวัดประสิทธิภาพแผงโฟโตโวลเทอิก [4]

การวัดประสิทธิภาพแผงโฟโตโวลเทอิกคือการวัดความสามารถของแผงโฟโตโวลเทอิกในการแปลงพลังงานแสงแดดที่ตกกระทบให้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่มีความสำคัญต่อผู้ใช้งาน ในการคำนวณค่าประสิทธิภาพของแผ่นเซลล์สามารถคำนวณได้จาก กำลังสูงสุดที่แผ่นเซลล์ผลิตได้หารด้วยฟลักซ์ของแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่รับแสงของแผ่นเซลล์ ดังสมการต่อไปนี้

$$\eta_{\max} = \frac{P_{\max}}{E^{sw}(\text{incident radiation flux}) \times A_c(\text{area of collector})} \quad (6)$$

ตัวอย่าง การคำนวณประสิทธิภาพของแผ่นเซลล์โฟโตโวลเทอิก

แผ่นเซลล์โฟโตโวลเทอิกขนาด 400W มีฟลักซ์ของแสงที่ตกกระทบแผ่นเซลล์ 1000W/m² โดยมีพื้นที่ในการรับแสงทั้งหมด 2.79m² สามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพได้ดังนี้

$$\eta_{\max} = \frac{400 \text{ W}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times 2.79 \text{ m}^2} = 0.143 \times 100\% = 14.3\%$$

การคำนวณข้างต้นจะเป็นค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่แผ่นเซลล์โฟโตโวลเทอิกสร้างได้ ทั้งนี้ทั้งนี้ ค่าประสิทธิภาพดังกล่าวจะลดลงก็ต่อเมื่อกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าลดลงจากปัจจัยภายนอกเช่น อุณหภูมิ การติดตั้งหรือการประกอบไม่เป็นตามมาตรฐาน หรือค่าฟลักซ์แสงสว่างที่ตกกระทบแผ่นเซลล์ลดลง ฯลฯ

2.4 การทบทวนวรรณกรรม

ในปี 2010 Huang, B.J. และคณะ [4] ได้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับ การวัดอุณหภูมิของแผ่นโฟโตโวลเทอิกด้วยเทคนิค การหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจรและความเข้มของแสงอาทิตย์ (solar irradiation) โดยงานวิจัยดังกล่าวได้ทำการทดลองสร้างแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เสมือนจริงที่มีค่าความเข้มของแสงอาทิตย์แบบคงที่ แล้วทำการควบคุมอุณหภูมิที่เกิดกับแผ่นโฟโตโวลเทอิกเพื่อดูพฤติกรรมของแรงดันไฟฟ้า ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิที่เกิดกับแผ่นโฟโตโวลเทอิก สามารถคำนวณได้จากค่าแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจร จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวทำให้ทราบว่าอุณหภูมิส่งผลโดยตรงกับประสิทธิภาพของแผ่นโฟโตโวลเทอิก ดังนั้นการหาประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์จึงจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม

ในปี 2012 Hadjab, M. และคณะ [4] ได้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับ การออกแบบและสร้างสมการคณิตศาสตร์สำหรับแผงโฟโตโวลเทอิก เพื่อทำการศึกษาผลตอบสนองของแผงโฟโตโวลเทอิกที่มีต่ออุณหภูมิและความเข้มแสง จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวทำให้ทราบถึงคุณลักษณะทางไฟฟ้าที่สำคัญ เช่น คุณลักษณะระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า คุณลักษณะระหว่างอุณหภูมิที่ส่งผลต่อกำลังไฟฟ้า ฯลฯ ซึ่งความรู้ข้างต้นถือเป็นประโยชน์สูงสุดสำหรับโครงการวิจัยนี้

ในปี 2012 ดร.ไกรสร อัญชลีวรพันธุ์ [3] ได้นำเสนอบทความ มาตรฐานเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์ประกอบ ตามสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ(สวทช.) โดยนำเสนอการทดสอบประสิทธิภาพตามความเข้มแสงที่ตกกระทบของแผงเซลล์ไว้ดังนี้

- Performance at Standard Condition (STC) คือ การทดสอบแผงโฟโตโวลเทอิกเมื่อได้รับความเข้มแสง (Irradiance) 1000 W/m^2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
- Performance at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) คือ การทดสอบแผงโฟโตโวลเทอิก เมื่อได้รับความเข้มแสง (Irradiance) 800 W/m^2 ที่อุณหภูมิกปกติ
- Performance at Low Irradiance คือ การทดสอบแผงโฟโตโวลเทอิกเมื่อได้รับความเข้มแสง (Irradiance) 200 W/m^2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

จากข้อมูลดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดค่ามาตรฐานของความเข้มแสง และอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลเทอิกต่อไป

ในปี 2013 Solheim Hans , J. และคณะ [5] ได้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการวัดอุณหภูมิบนแผงโฟโตโวลเทอิก โดยนำเสนอเทคนิคการวัดด้วยเทอร์โมคัปเปิลและกล่องแบบอินฟราเรด ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้ทำการทดลองจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าไปยังแผ่นโฟโตโวลเทอิกเพื่อสร้างอุณหภูมิภายใน จากนั้นทำการวัดค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเทอร์โมคัปเปิลสามารถวัดอุณหภูมิได้เป็นอย่างดี เหมาะแก่การใช้เป็นเซนเซอร์ในการป้อนกลับค่าอุณหภูมิให้กับระบบตรวจวัด

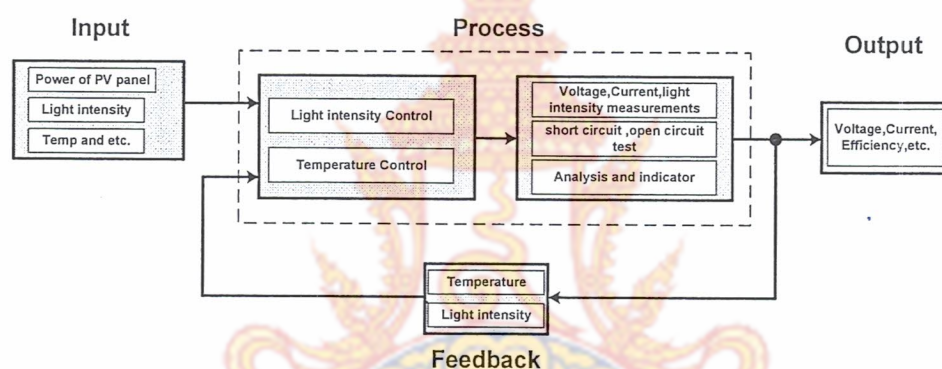
ในปี 2014 Emery, K. และคณะ[6] ได้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการหาประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลเทอิก โดยเบื้องต้นได้ทำการทดลองหาคุณลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ตอบสนองกับความยาวคลื่นของแสงอาทิตย์เพื่อนำมาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้ทำการสรุปความสัมพันธ์ในการหาประสิทธิภาพไว้ว่า ประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลเทอิกจะแปรผันโดยตรงกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และแปรผกผันกับผลคูณระหว่างความเข้มแสงและพื้นที่รับแสงทั้งหมด จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นทำให้ทราบถึงแนวทางในการประเมินประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลเทอิกได้เป็นอย่างดี

จากผลการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ใ่ว่างชัดเจน หากแต่ยังขาดความเป็นระบบที่สามารถตรวจวัดและแสดงผลภายในตัวเองได้อย่างสมบูรณ์ จากช่องว่างการทำวิจัยดังกล่าวงานวิจัย

นี้จึงได้นำเสนอระบบตรวจวัดประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลเทอิก ที่มีความสามารถในการควบคุมตัวแปรทางธรรมชาติและแสดงผลการทำงานได้อย่างแม่นยำ เหมาะแก่การใช้งานในการตรวจสอบสภาพของแผงโฟโตโวลเทอิกที่ผ่านการใช้งานมาแล้วเป็นอย่างดี

2.5 หลักการการทำวิจัย

หลักการและทฤษฎีสำหรับงานวิจัยนี้จะประกอบด้วย 4 ส่วนหลักได้แก่ ส่วนกำหนดค่าตัวแปร(Input) ส่วนกระบวนการทำงาน(Process) ส่วนแสดงผล(Output) และส่วนการป้อนกลับข้อมูล(Feedback) โดยสามารถแสดงระบบการทำงานทั้งหมดด้วยรูป ภาพที่ 8



รูปภาพที่ 8 การทำงานของระบบตรวจวัดประสิทธิภาพแผงโฟโตโวลเทอิก

การกำหนดค่าตัวแปร(Input) จะเป็นการระบุขอบเขตในการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลเทอิก เช่น พิกัดกำลัง พิกัดแรงดัน ปริมาณความเข้มแสงที่ใช้ในการทดสอบ และอุณหภูมิที่ต้องการควบคุม เป็นต้น

กระบวนการทำงาน(Process) จะเป็นส่วนทดสอบและวัดค่าตัวแปรที่ต้องการทราบ เช่น แรงดันขณะเปิดวงจร กระแสขณะลัดวงจร กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ความเข้มแสงที่ตกกระทบบนชุดทดสอบ จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ค่าที่ได้เพื่อทำการแสดงผลต่อไป

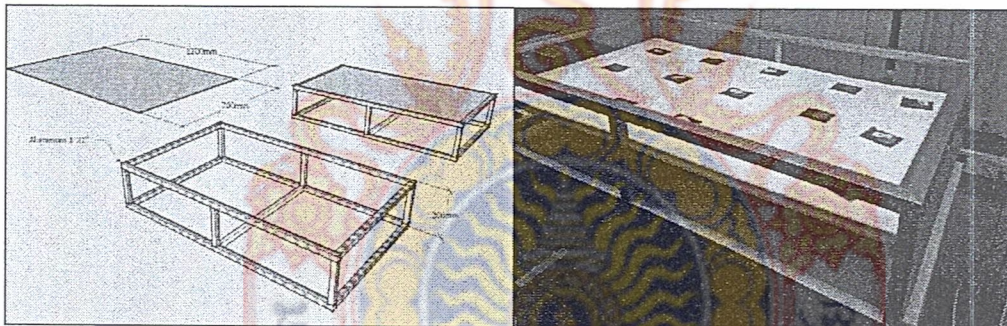
การป้อนกลับข้อมูล(Feedback) จะเป็นส่วนตรวจเช็คค่าความเข้มของแสง อุณหภูมิ ฯลฯ ที่เกิดขึ้นกับแผงโฟโตโวลเทอิกที่นำมาทดสอบด้วยเซนเซอร์ เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่กำหนด(Input)

การแสดงผล(Output) จะเป็นส่วนแสดงข้อมูลที่ต้องการทราบ โดยสามารถแสดงข้อมูลในลักษณะตัวเลข กราฟ เป็นต้น

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 ชุดทดสอบแผ่นโฟโต้โวลเทอิก

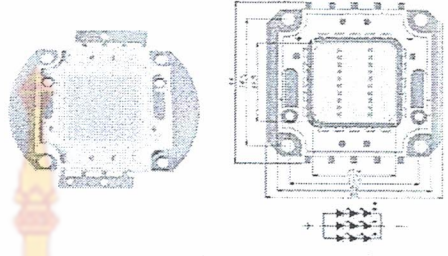
การสร้างระบบตรวจวัดประสิทธิภาพแผงโฟโต้โวลเทอิก ในขั้นต้นจำเป็นต้องทำการออกแบบโครงสร้างของชุดทดสอบ เพื่อเป็นฐานในการวางอุปกรณ์เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ แหล่งกำเนิดแสง แผ่นโฟโต้โวลเทอิกที่ใช้ทดสอบหรือวัดค่า รวมไปถึงอุปกรณ์ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งตามขอบเขตงานวิจัยได้ระบุไว้ว่า ระบบตรวจวัดจะมีความสามารถในการทดสอบแผงโฟโต้โวลเทอิกที่มีขนาดไม่เกิน 120W จากข้อกำหนดดังกล่าวจึงเป็นตัวบ่งบอกขนาดของโครงสร้างของชุดทดสอบเพื่อให้สามารถรองรับการตรวจวัดได้ตามเงื่อนไข ในการออกแบบผู้วิจัยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการออกแบบขนาดและมิติต่างๆแล้วจึงทำการขึ้นรูปโครงสร้าง มิติและขนาดของชุดทดสอบแสดงดังรูปภาพที่ 9



รูปภาพที่ 9 ขนาดและมิติของชุดทดสอบ

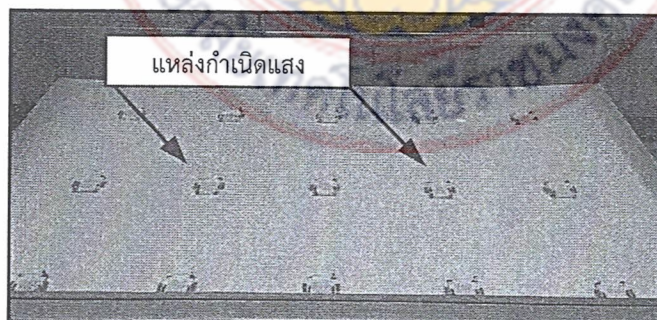
จากรูปภาพที่ 9 จะแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างหลักที่ขึ้นรูปด้วยอลูมิเนียมเพื่อลดน้ำหนักและสร้างความแข็งแรงในการรับน้ำหนักของแผงโฟโต้โวลเทอิกที่นำมาทดสอบวัดค่า จากนั้นผู้วิจัยจะทำการออกแบบแหล่งกำเนิดแสงเพื่อทำหน้าที่ในการจำลองแสงธรรมชาติโดยอาศัยการทำงานของหลอดแอลอีดีชนิด (LED Super Bright) ซึ่งจะทำการติดตั้งอยู่ภายในโครงสร้างหลัก ข้อมูลในการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลสำคัญสำหรับแหล่งกำเนิดแสง

1. High quality super LED bulbs	
2. Power: 30W	
3. Color : Warm White	
4. color temperature : 3500k	
5. Life Span Time > 50,000 hours	
6. Wave length : 400-700nm	

จากข้อมูลดังตารางที่ 1 จะแสดงให้เห็นว่าแหล่งกำเนิดแสงดังกล่าวสามารถทำให้แผ่นโฟโตโวลเทอิกสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจากการที่สร้างแสงไปตกกระทบได้ เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงที่ผู้วิจัยเลือกใช้จะมีช่วงความยาวคลื่นแสง Wave length อยู่ในช่วง 400-700 นาโนเมตร ซึ่งช่วงคลื่นแสงดังกล่าวจะเป็นช่วงคลื่นแสงเดียวกับแสงธรรมชาติที่ดวงอาทิตย์สร้างขึ้นหรือเป็นช่วงคลื่นแสงที่มนุษย์สามารถมองเห็น โดยที่แหล่งกำเนิดแสงข้างต้นอาจมีค่าอุณหภูมิของแสงต่างจากแสงธรรมชาติอยู่ประมาณเกือบสองเท่า

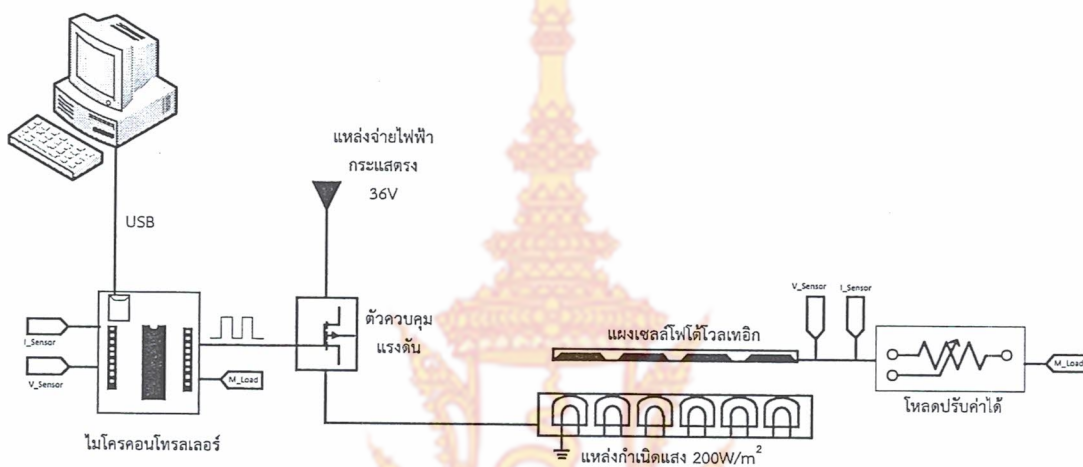
จากนั้นผู้วิจัยจึงทำการประกอบชุดกำเนิดแสงเพื่อให้มีความเข้มของแสงสว่างที่เพียงพอต่อการทดสอบแผงโฟโตโวลเทอิกและเป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบ โดยในการประกอบชุดกำเนิดแสงนั้นผู้วิจัยได้กำหนดค่าความเข้มของแสงสว่าง (Irradiance) ให้เป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบแบบ Performance at Low Irradiance คือ 200 W/m^2 และกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีข้อจำกัดบางประการหากจะทดสอบตามมาตรฐานที่สูงกว่าค่าดังกล่าว ตัวอย่างการประกอบชุดกำเนิดแสงแสดงดังรูปภาพที่ 10



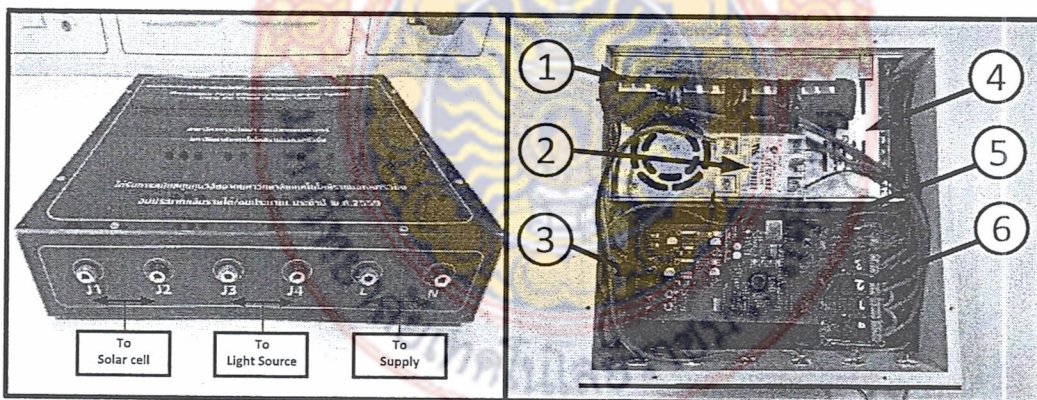
รูปภาพที่ 10 ชุดกำเนิดแสง

3.2 ตัวตรวจวัดและวงจรไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้าเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการทดลองงานวิจัย เนื่องจากการเชื่อมต่อการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดจะเป็นการเชื่อมต่อกับไฟฟ้า โดยผู้วิจัยได้ออกแบบการทำงานของวงจรไฟฟ้าไว้ดังรูปที่ภาพที่ 11 และประกอบวงจรไฟฟ้าเพื่อเป็นเครื่องมือในการทดลองแสดงดังรูปที่ 12



รูปภาพที่ 11 วงจรไฟฟ้า



รูปภาพที่ 12 ชุดเครื่องมือทดลองด้านไฟฟ้า

จากรูปภาพที่ 12 สามารถอธิบายในแต่ละภาคส่วนได้ดังนี้ ส่วนประกอบที่ 1 Resistor Variable Load เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นโหลดให้กับแผงโฟโตโวลเทอิก ซึ่งเป็นโหลดชนิดความ

ต้านทานขนาด 500 วัตต์แบบปรับค่าได้ ทนกระแส 10A ซึ่งเมื่อต้องการเพิ่มโหลดให้กับแผงโฟโวลเทอิกสามารถทำได้โดยลดขนาดค่าความต้านทานให้น้อยลง เพื่อให้กระแสในวงจรมีค่าเพิ่มขึ้น

ส่วนประกอบที่ 2 Voltage Control เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายเพื่อส่งไปแหล่งกำเนิดแสง โดยจะรับคำสั่งควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในรูปแบบสัญญาณ PWM ซึ่งแรงดันควบคุมจะอยู่ในช่วง 0-36VDC รองรับกระแสไฟฟ้าสูงสุด 10A

ส่วนประกอบที่ 3 Voltage and Current Sensor เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผ่นโฟโวลเทอิก โดยอุปกรณ์ดังกล่าวจะให้สัญญาณเอาต์พุตในลักษณะสัญญาณอนาล็อก 0-5 Vdc

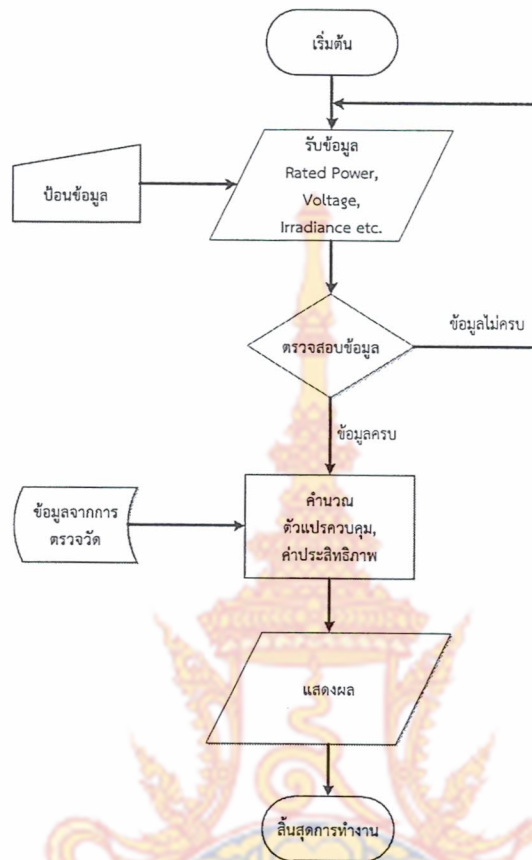
ส่วนประกอบที่ 4 DC Power Supply 36V 350w เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ตรวจวัด ตัวควบคุมและแหล่งกำเนิดแสง

ส่วนประกอบที่ 5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 เป็นตัวประมวลผลขนาด 8 บิต รองรับอินพุตแบบดิจิทัลและอนาล็อก สามารถสร้างสัญญาณ PWM และเป็นตัวประมวลผลที่ได้รับความนิยม เนื่องจากราคาถูก ติดต่อหรือเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นได้ง่าย โดยหน้าที่หลักของตัวประมวลผลนี้คือตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงโฟโวลเทอิก ส่งสัญญาณแรงดันควบคุมไปยังโหลดปรับค่าได้ และควบคุมความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสง อีกทั้งยังเป็นตัวรับส่งข้อมูลโดยตรงกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB

ส่วนประกอบที่ 6 Module Relay เป็นอุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้ารับคำสั่งโดยตรงจากตัวประมวลผล ซึ่งใช้สำหรับเป็นตัวเชื่อมต่อโหลดหรือปรับค่าความต้านทานของโหลดเป็นแบบขั้นลำดับ

3.3 โปรแกรมตรวจวัดและวิเคราะห์

เมื่อทำการออกแบบวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์การตรวจวัดเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยจะดำเนินการออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์และแสดงผลค่าที่ตรวจวัดได้ โดยทำการออกแบบโปรแกรมข้างต้นบนโปรแกรม LabVIEW 2012 ซึ่งเป็นโปรแกรมของบริษัท National Instrument โดยขั้นตอนการรับข้อมูล วิเคราะห์ผล และแสดงผล แสดงผังแผนผังโฟลว์ชาร์ตการทำงานดังรูปภาพที่ 13 ขั้นตอนการทำงานอธิบายได้ดังต่อไปนี้ เริ่มต้นโดยการเรียกใช้โปรแกรมที่ผู้วิจัยได้ออกไว้ด้วยโปรแกรม LabVIEW ซึ่งหน้าต่างโปรแกรมจะแสดงองค์ประกอบข้อมูลที่ต้องระบุของแผ่นโฟโวลเทอิกที่ใช้ในการทดสอบ และข้อมูลสำคัญที่เป็นค่ามาตรฐานสำหรับการทดสอบ องค์ประกอบหรือส่วนประกอบของโปรแกรมแสดงดังรูปภาพที่ 14



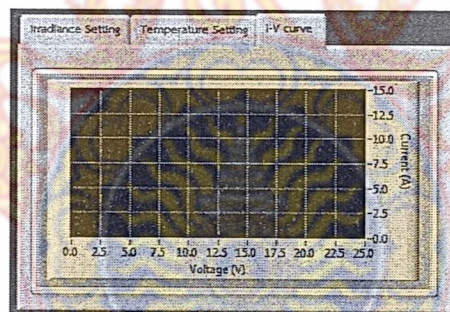
รูปภาพที่ 13 การทำงานของโปรแกรมตรวจวัดและวิเคราะห์ผล



รูปภาพที่ 14 องค์ประกอบหน้าต่างของโปรแกรม

โดยข้อมูลเบื้องต้นที่ผู้ใช้งานจะต้องระบุก่อนการทดลองได้แก่ ค่ากำลังไฟฟ้า(วัตต์) ค่าแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดดวงจร (โวลต์) ค่าแรงดันไฟฟ้าขณะใช้งานปกติ ค่ากระแสไฟฟ้าที่แผ่นโฟโตโวลเทอิกสามารถจ่ายได้(แอมป์) และค่าความเข้มของแสงสว่าง(วัตต์ต่อตารางเมตร)ซึ่งมีค่าไม่เกิน 200 w/m^2 เมื่อทำการป้อนข้อมูลจนครบถ้วนระบบจะทำการคำนวณค่าตัวแปรควบคุมซึ่งได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับชุดกำเนิดแสงสว่างเพื่อรักษาระดับค่าความเข้มของแสงสว่างให้มีค่าคงที่ตลอดการทดลอง

เมื่อสามารถคำนวณตัวแปรควบคุมได้แล้ว โปรแกรมก็จะส่งค่าตัวแปรดังกล่าวไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างเอาต์พุตไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกจนค่าความเข้มของแสงสว่างมีค่าคงที่ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการวัดค่ากลับมาเพื่อส่งต่อให้กับโปรแกรม โดยค่าที่ทำการตรวจวัดได้แก่ แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในขณะที่แผงโฟโตโวลเทอิกได้รับโหลดเพิ่มขึ้น จากนั้นจะนำค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าดังกล่าวมาพล็อตกราฟเพื่อให้ผู้ใช้งานได้เห็นค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่แผงโฟโตโวลเทอิกผลิตได้ หน้าต่างการแสดงความสัมพันธ์แรงดันและกระแสไฟฟ้าเมื่อแผงโฟโตโวลเทอิกได้รับโหลดแสดงดังภาพประกอบที่ 15

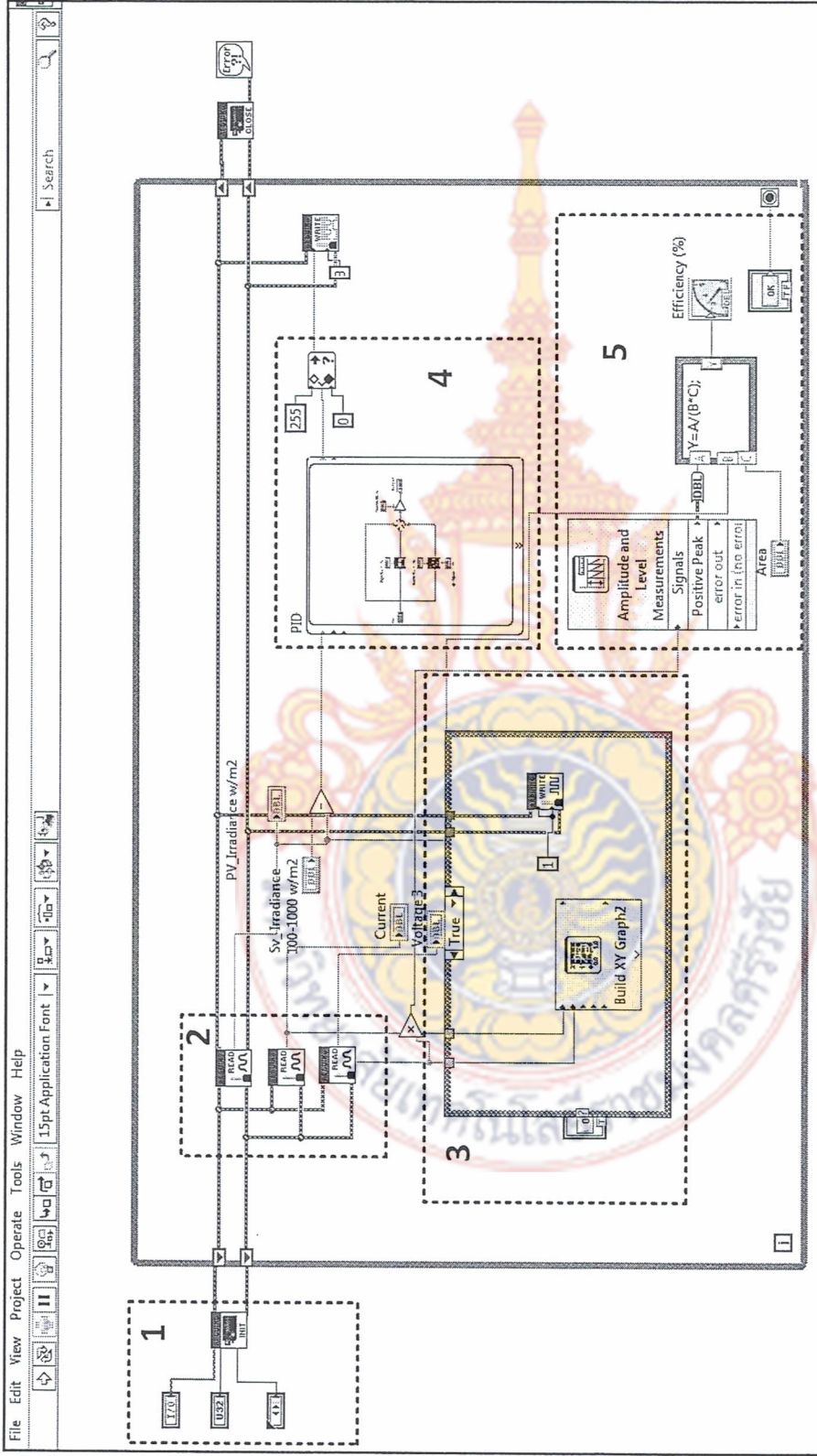


รูปภาพที่ 15 หน้าต่างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสไฟฟ้า

การออกแบบคำสั่งในการทำงาน บนโปรแกรม LabVIEW ด้วยภาษากราฟฟิก ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นลักษณะ block diagram แสดงดังรูปภาพที่ 16 โดยสามารถอธิบายการทำงานในแต่ละภาคส่วนได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นชุดคำสั่งกำหนดการเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับตัวประมวลผล Arduino R3 ซึ่งผู้ใช้งานต้องกำหนดอัตราการส่งข้อมูล ชนิดตัวประมวลผลที่เลือกใช้ และช่องสัญญาณที่ทำการเชื่อมต่อสาย

ส่วนที่ 2 คือคำสั่งสำหรับเปิดการใช้งานอนาล็อกอินพุตเพื่อรับค่าจากเซ็นเซอร์ภายนอก โดยผู้ใช้งานจะต้องระบุขาใช้งานของตัวประมวลผลที่ต่อรวมอยู่กับเซ็นเซอร์แรงดัน กระแส อุณหภูมิ เป็นต้น



รูปภาพที่ 16 การออกแบบคำสั่งในการทำงานของโปรแกรม

ส่วนที่ 3 คือชุดคำสั่งในการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผ่นโฟโต้โวลเทอิกที่กำลังทำการทดสอบ โดยชุดสิ่งนี้จะนำข้อมูลที่วัดเข้ามาไปแสดงค่าเป็นกราฟบนหน้าจอส่วนหน้าของโปรแกรม

ส่วนที่ 4 เป็นฟังก์ชันควบคุมความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสงเสมือนจริงโดยจะอาศัยฟังก์ชันควบคุมชนิดพีไอดี PID Control โดยฟังก์ชันดังกล่าวจะรับค่าความเข้มแสงจริงมาเปรียบเทียบกับค่าความต้องการจริงจากผู้ใช้งาน ผลต่างของค่าดังกล่าวข้างต้นจะเป็นตัวกำหนดเอาต์พุตไปควบคุมอุปกรณ์จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับแหล่งกำเนิดแสงในลักษณะของสัญญาณ PWM

ส่วนที่ 5 เป็นคำสั่งในการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของแผ่นโฟโต้โวลเทอิก โดยหลักการคำนวณจะอ้างอิงจากสมการที่ 6 แล้วทำการแสดงผลค่าประสิทธิภาพดังกล่าวบนหน้าจอส่วนหน้าของโปรแกรม



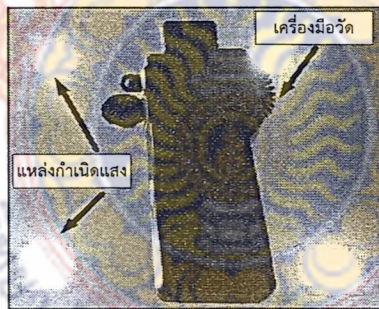
บทที่ 4

ผลการทดลอง

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการออกแบบชุดทดลองและ โปรแกรมแสดงผลเป็นที่เรียบร้อย ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการทดสอบการทำงานเพื่อหาความแม่นยำในการประเมินประสิทธิภาพของแผ่นโฟโต้โวลเทอิก โดยผู้วิจัยจะแบ่งการทดสอบออกเป็นสองชุดได้แก่ การทดสอบหาค่าความเข้มแสงที่ผลิตได้จากแหล่งกำเนิดแสง และการทดสอบหาค่าความแม่นยำในการคำนวณหาประสิทธิภาพจากแผ่นโฟโต้โวลเทอิกมาตรฐาน สามารถอธิบายในแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

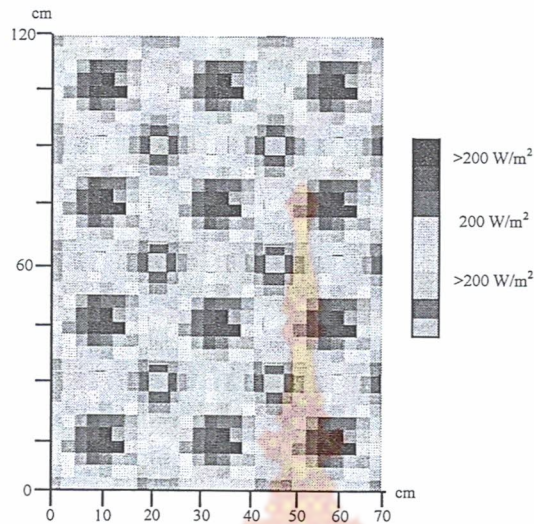
4.1 การทดสอบหาค่าความเข้มแสง

ตามมาตรฐานการทดสอบแผ่นโฟโต้โวลเทอิกได้ระบุความเข้มของแสงที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงไว้หลายมาตรฐาน โดยงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยได้ทำการเลือกมาตรฐานของความเข้มแสงสำหรับการทดสอบอยู่ในระดับ 200 W/m^2 ดังนั้นเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานจึงจำเป็นต้องทำการทดสอบหาค่าความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ โดยอาศัยการวัดความเข้มแสงแบบทางอ้อมด้วยเครื่องตรวจวัด Light meter รุ่น BK PRECISION 615 ซึ่งค่าที่ได้จากเครื่องวัดจะเป็นค่าความสว่างจากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นค่าความเข้มแสงต่อไป ตัวอย่างการติดตั้งเครื่องมือวัดค่าเพื่อหาความเข้มแสงดังรูปที่ 4



รูปภาพที่ 17 การทดสอบวัดค่าเพื่อหาความเข้มแสง

การทดสอบหาค่าความเข้มแสงที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงบนชุดทดลองการตรวจวัดประสิทธิภาพแผ่นโฟโต้โวลเทอิก โดยการวางตำแหน่งหลอดกำเนิดแสง Led Super Bright ในลักษณะเมตริก 3x5 แถวเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของชุดทดลอง ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่

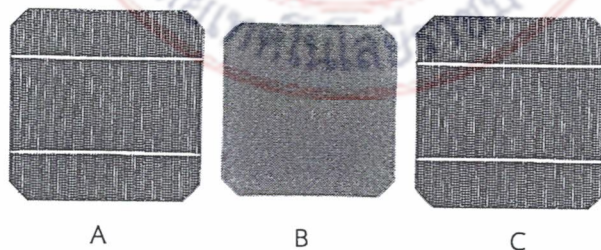


รูปภาพที่ 18 ผลการทดสอบหาค่าความเข้มแสง

จากรูปที่ 6 แสดงถึงความเข้มแสงที่สร้างได้จากแหล่งกำเนิดแสง Led Super Bright โดยจะเห็นว่าจุดกึ่งกลางของตำแหน่งติดตั้งหลอดจะให้ความเข้มแสงสูงสุดซึ่งมีค่ามากกว่า 200 W/m^2 แต่หากประมาณค่าโดยรวมทั้งพื้นที่ของชุดทดลองจะพบได้ว่า ความเข้มแสงยังอยู่ในช่วงที่เป็นค่ามาตรฐานการทดสอบ

4.2 การทดสอบหาค่าความแม่นยำ

เนื่องจากการหาค่าประสิทธิภาพของแผ่นโฟโต้โวลเทอิกต้องมีความแม่นยำและเที่ยงตรงในระดับหนึ่ง ดังนั้นการพัฒนาชุดทดลองเพื่อหาค่าดังกล่าวจะต้องสามารถให้ค่าความแม่นยำได้ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุดที่ เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของงานวิจัยขั้นนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพ โดยนำแผ่นโฟโต้โวลเทอิกที่ผ่านการทดสอบจากเครื่องมือมาตรฐานมาทดสอบกับชุดทดลองที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากเครื่องมือ แผ่นโฟโต้โวลเทอิกที่ใช้ในการทดสอบแสดงรูปที่ 19



รูปภาพที่ 19 แผ่นโฟโต้โวลเทอิกสำหรับการทดสอบ

จากรูปที่ 19 เป็นแผ่นโฟโต้โวลเทอิกมาตรฐานที่นำมาทดสอบการทำงานของชุดทดลองโดยรายละเอียดหรือข้อมูลสำคัญจากการทดลองของโรงงานผลิตแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 : ข้อมูลแผ่นโฟโต้โวลเทอิกที่ได้จากผู้ผลิต

ข้อมูลการทดสอบ ที่ 200W/m^2 , 25°C	กำลังไฟฟ้าสูงสุด (W_{max})	แรงดันไฟฟ้า สูงสุด(V_{max})	กระแสไฟฟ้า สูงสุด(I_{max})	ประสิทธิภาพ (%Eff)
แผ่น A	0.46	0.5	0.93	10.2
แผ่น B	0.44	0.6	0.73	14.04
แผ่น C	0.45	0.5	0.9	9.7

ตารางที่ 3 : ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพ

การทดสอบ ที่ $\approx 200\text{W/m}^2$, $25-27^\circ\text{C}$	กำลังไฟฟ้าที่ วัดได้(W_{max})	ประสิทธิภาพจริง (%Eff)	ประสิทธิภาพที่ วัดได้(%Eff)	ความผิดพลาด (%Err)
แผ่น A	0.4	10.2	8.6	15.6
แผ่น B	0.38	14.04	12.66	9.82
แผ่น C	0.4	9.7	8.6	11.3

จากตารางที่ 3 เป็นผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของแผ่นโฟโต้โวลเทอิกที่ได้จากชุดทดลองที่นักวิจัยได้พัฒนาขึ้น ซึ่งสังเกตได้ว่าค่าประสิทธิภาพที่วัดได้ทั้งสามตัวอย่างมีค่าต่ำกว่าประสิทธิภาพจริงทั้งหมด อาจเนื่องมาจากค่าความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสงยังมีค่าไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการปรับค่าเกนของตัวควบคุม PID เพื่อเป็นตัวชดเชยให้ชุดทดสอบมีค่าประสิทธิภาพที่สูงขึ้นผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของแผ่นโฟโต้โวลเทอิกหลังจากปรับค่าเกนแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 : ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพ

การทดสอบ ที่ $\approx 200\text{W/m}^2$, $25-27^\circ\text{C}$	กำลังไฟฟ้าที่ วัดได้(W_{max})	ประสิทธิภาพจริง (%Eff)	ประสิทธิภาพที่ วัดได้(%Eff)	ความผิดพลาด (%Err)
แผ่น A	0.44	10.2	9.8	3.92
แผ่น B	0.42	14.04	15	6.83
แผ่น C	0.42	9.7	10	3.09

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับค่าเกณฑ์ของตัวควบคุม PID จะทำให้ชุดทดลองการทดสอบหาประสิทธิภาพของแผ่นโฟโต้โวลเทอิกมีค่าความถูกต้องในการตรวจวัดสูงขึ้น

4.3 การทดสอบหาค่าประสิทธิภาพแผ่นโฟโต้โวลเทอิก

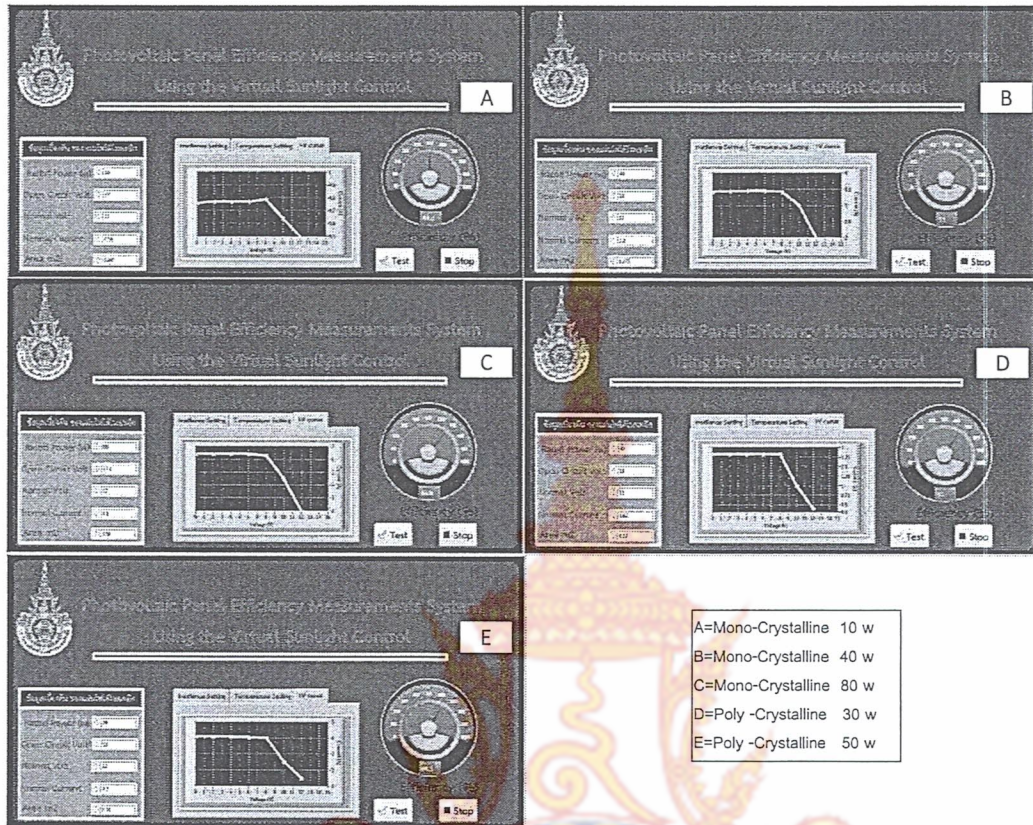
ในการทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพของแผ่นโฟโต้โวลเทอิกที่ผ่านการใช้งานหรือแผ่นใหม่เพื่อเป็นเครื่องมือในการประเมินความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยทำการติดตั้งเครื่องมือและชุดทดสอบดังรูปที่ 20 ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5 และการแสดงผลบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงดังรูปที่ 21



รูปภาพที่ 20 การทดลองหาค่าประสิทธิภาพแผ่นโฟโต้โวลเทอิก

ตารางที่ 5 : ผลการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพแผ่นโฟโต้โวลเทอิก

ตัวอย่างที่ใช้ทดลอง	พิกัดด้านไฟฟ้า	ขนาดแผ่น	อายุการใช้งาน	กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่วัดได้	ประสิทธิภาพที่ควรจะเป็น	ประสิทธิภาพที่ได้
แผ่น Mono-Crystalline 10 w	17V,0.59A	330x290x28mm	2ปี	9.5w	52.2%	49.6%
แผ่น Mono-Crystalline 40 w	18V,2.2A	550x500x25mm	ของใหม่	41.3W	72.3%	75%
แผ่น Mono-Crystalline 80 w	17.4V,4.9A	880x668x30mm	4-5ปี	77W	68.8%	66.3%
แผ่น Poly -Crystalline 30 w	18V,1.62A	540x420x25mm	8-9ปี	22W	66%	48.5%
แผ่น Poly -Crystalline 50 w	18V,2.77A	670x580x30mm	2ปี	48.9W	64.3%	62.9%



รูปภาพที่ 21 การแสดงผลการทดลองบน โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการทดสอบข้างต้นแสดงให้เห็นว่าตัวอุปกรณ์สามารถตรวจวัดประสิทธิภาพแผ่นโฟลโตโวลเทอิกได้เป็นอย่างดีโดยมีค่าความผิดพลาดเนื่องจากการวัดอยู่ในระดับต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างการทดลองที่ยังไม่ผ่านการใช้งานจะมีค่าความผิดพลาดในการตรวจวัดอยู่ในระดับ 3.7 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของโปรแกรมแสดงผลก็สามารถทำให้ผู้ใช้งานได้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผ่นโฟลโตโวลเทอิกที่นำมาทดลองได้อย่างสะดวก ซึ่งกราฟที่ได้จะเป็นการเก็บข้อมูลของแรงดันและกระแสไฟฟ้าขณะที่มีการเพิ่ม โหลดให้กับแผ่นโฟลโตโวลเทอิกจำนวนเก้าข้อมูลทดสอบ แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาแสดงให้เห็นเป็นเส้นกราฟ จากนั้นนำค่าสูงสุด Maximum ของข้อมูลข้างต้นมาคำนวณเพื่อบ่งบอกค่าประสิทธิภาพอีกครั้ง

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

ระบบตรวจวัดประสิทธิภาพแผงโฟโตโวลเทอิกด้วยวิธีการควบคุมแสงอาทิตย์เสมือนจริง เป็นงานวิจัยที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อเป็นตัวช่วยในการหาประสิทธิภาพและประเมินศักยภาพในการทำงานของแผงโฟโตโวลเทอิก โดยผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาขึ้นมาจากเทคโนโลยีภายในประเทศ เพื่อให้มีราคาที่ย่อมเยาและคุณสมบัติเทียบเท่าของต่างประเทศ ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยในแต่ละด้าน ดังนี้

5.1 ด้านชุดทดลองต้นแบบ

ชุดทดลองต้นแบบเป็นการนำโครงสร้างอลูมิเนียมประกอบเป็นรูปทรงมีคุณสมบัติที่ทนทานและสามารถรับน้ำหนักของแผ่นโฟโตโวลเทอิกได้สูงสุดถึง 30 กิโลกรัม โดยภายในจะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงเสมือนจริงจากหลอดชนิดให้ความสว่างสูงและมีช่วงความยาวคลื่นของแสงแบบธรรมชาติ ลักษณะโครงสร้างโดยรอบยังเปิดโล่งเพื่อให้สามารถระบายความร้อนจากการเปล่งแสงเพื่อยืดอายุการใช้งานของแหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์อื่นๆที่ติดตั้งอยู่รอบข้าง

คำแนะนำจากผู้วิจัย ชุดทดลองควรเลือกใช้วัสดุที่ทนความร้อนได้สูงและสามารถระบายความร้อนออกได้อย่างรวดเร็ว แหล่งกำเนิดแสงควรเลือกใช้หลอดที่ใช้พลังงานต่ำและให้ค่าความเข้มแสงที่สูงค่า UV มีค่าอยู่ในระดับต่ำ อีกทั้งควรเป็นระบบปิดเพื่อป้องกันปัจจัยอื่นๆที่มีผลกระทบต่อค่าการตรวจวัดเช่น อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม โดยรอบ ความชื้น เป็นต้น

5.2 ด้านอุปกรณ์ตรวจวัด

อุปกรณ์ตรวจวัดเป็นการออกแบบและประกอบวงจรไฟฟ้าเพื่อสร้างเป็นเครื่องมือในการเก็บผลการทดสอบ โดยประกอบด้วยตัวตรวจวัดแรงดัน ตัวตรวจวัดกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าจากแผ่นโฟโตโวลเทอิกที่นำมาทดสอบอยู่ในระดับ 0-20Vdc และตรวจวัดกระแสสูงสุดอันเนื่องมาจากการจ่ายโหลดสูงสุด 12A โดยอุปกรณ์ตรวจวัดข้างต้นจะให้เอาต์พุตเป็นชนิดอนาล็อก

คำแนะนำจากผู้วิจัย ตัวตรวจวัดชนิดเอาต์พุตอนาล็อกที่มีช่วงการวัดที่กว้างจะส่งผลให้ค่าความละเอียดในการวัดมีค่าต่ำทำให้ค่าที่ได้จากการวัดขาดความแม่นยำ เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวควรเลือกออกแบบวงจรตรวจวัดเป็นชนิดดิจิทัล

5.3 ด้านตัวประมวลผลและรับส่งข้อมูล

ตัวประมวลผลเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากตัวตรวจวัดแล้วส่งค่าไปยังคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นตัวประมวลผลที่มีขนาดเล็กและมีความสามารถอยู่ใน

ระดับสูง การรับส่งข้อมูลจะอาศัยช่องทางแบบ RS232 แล้วแปลงเป็นแบบ USB เพื่อให้ง่ายต่อการติดต่อ ซึ่งถือได้ว่าการเลือกใช้ตัวประมวลผลดังกล่าวข้างต้นเกินความคุ้มค่าทั้งด้านราคา ประสิทธิภาพการทำงานและการสื่อสารกับอุปกรณ์ชนิดอื่นๆ

5.4 โปรแกรมวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ผลจะอาศัยโปรแกรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาจากโปรแกรมสำเร็จรูป LabVIEW 2012 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องมือวัด วิเคราะห์ เก็บผล และแสดงผล ด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมและเป็นอีกหนึ่งโปรแกรมที่ได้รับความนิยม โดยจุดเด่นคือใช้ภาษากราฟฟิกในการออกแบบคำสั่งต่างๆ และสามารถแสดงผลได้อย่างสวยงาม ง่ายต่อการพัฒนาให้เป็นเครื่องมือเฉพาะด้าน โดยการทำงานจะเริ่มจากการรับค่าอินพุตทั้งภายในและภายนอกแล้วทำการคำนวณตามฟังก์ชันที่ผู้ใช้งานออกแบบไว้ จากนั้นจึงแสดงผลเป็นลักษณะของตัวเลข กราฟ หรือแถบสี เป็นต้น

คำแนะนำจากผู้วิจัย โปรแกรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นยังไม่สามารถพัฒนาให้เป็นไฟล์สำหรับการติดตั้งในอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ตัวอื่นๆ ได้ อันเนื่องมาจากมีขีดจำกัดทางด้านเครื่องมือบางตัวที่เกี่ยวข้องกับลิขสิทธิ์ของบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดแวร์ดังกล่าว ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการใช้งานควรพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ให้เป็นฉบับติดตั้งต่อไป

5.5 โหลดทดสอบ

การทำให้แผ่นโฟโต้โวลเทอิกจ่ายกระแสไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นผู้วิจัยจะอาศัยโหลดที่เป็นชนิดค่าความต้านทานปรับค่าได้ ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพที่ค่อนข้างใหญ่เนื่องจากต้องเป็นโหลดที่มีค่ากำลังไฟฟ้าสูงมีค่าความต้านทานต่ำ โดยการจ่ายโหลดสูงสุดให้กับแผ่นโฟโต้โวลเทอิกจะต้องปรับค่าความต้านทานให้มีค่าประมาณ 0 โอห์ม หรือหมายถึงลัดวงจรแผ่นโฟโต้โวลเทอิกนั่นเองจึงส่งผลให้เกิดความร้อนภายในตัวโหลดสูงมาก

คำแนะนำจากผู้วิจัย ความเลือกใช้โหลดที่มีค่าวัตต์ทางไฟฟ้าสูงๆ อาจแทนแทนโหลดค่าความต้านทานเป็นโหลดแบบหลอดฮาโลเจนก็ได้ และควรติดตั้งพัดลมระบายและควรทดสอบจ่ายโหลดแบบรวดเร็วเพื่อยืดอายุการใช้งานของโหลดและแผ่นโฟโต้โวลเทอิก

5.6 ประสิทธิภาพในการตรวจวัด

จากผลการทดลองบทที่ 4 แสดงให้เห็นว่างานวิจัยชิ้นนี้สามารถตรวจวัดประสิทธิภาพของแผ่นโฟโต้โวลเทอิกได้ในระดับดี โดยมีปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อค่าความผิดพลาดและจะต้องทำการควบคุมให้คงที่คือ ค่าความเข้มแสง และอุณหภูมิ ซึ่งปัญหาหลักของงานวิจัยชิ้นนี้คืออุณหภูมิของภายในแผ่นโฟโต้โวลเทอิกที่ไม่สามารถตรวจวัดและควบคุมได้ ซึ่งผู้วิจัยทำได้เพียงควบคุมอุณหภูมิโดยรอบๆ ให้คงที่ สาเหตุข้างต้นอาจมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการตรวจวัดอยู่ใน

ระดับสูงหากมีการจ่ายกระแสไหลดเป็นเวลานาน เนื่องจากอุณหภูมิภายในแผ่นโฟโต้โวลเทอิกจะสูงขึ้นจนทำให้ประสิทธิภาพลดลงกว่าที่ควรจะเป็น

คำแนะนำจากผู้วิจัย ควรเพิ่มตัวตรวจวัดอุณหภูมิให้ครอบคลุมพื้นที่ของแผ่นโฟโต้โวลเทอิกเพื่อควบคุมและระบายอุณหภูมิสูงที่เกิดขึ้นไม่ให้เกินค่ากำหนด

5.7 เงื่อนไขตามขอบเขตงานวิจัย

ข้อที่ 1 เป็นระบบตรวจวัดประสิทธิภาพแผงโฟโต้โวลเทอิกที่มีขนาดไม่เกิน 120 วัตต์ต่อแผง บทสรุป โครงสร้างและขนาดของชุดทดลองมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะสามารถรองรับขนาดของแผ่นโฟโต้โวลเทอิกขนาด 120 วัตต์ได้ อีกทั้งอุปกรณ์ตรวจวัดด้านไฟฟ้ายังสามารถตรวจวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าได้สูงพิกัดการทำงานไม่ต่ำกว่า 150 วัตต์

ข้อที่ 2 มีแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เสมือนจริงที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

ข้อที่ 3 ใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมและการแสดงผลการทำงาน

ข้อที่ 4 สามารถแสดงค่าประสิทธิภาพ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ของแผงโฟโต้โวลเทอิกที่ใช้ในการทดสอบได้

บทสรุป การปรับความเข้มแสง ผู้ใช้งานสามารถระบุค่าความเข้มแสงผ่านโปรแกรมที่ทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมข้างต้นจะมีหน้าที่ในการควบคุมให้เป็นไปตามคำสั่งและแสดงผลการทำงาน เช่น ประสิทธิภาพ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ผ่านหน้าจอได้

ข้อที่ 5 ค่าประสิทธิภาพจะต้องมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 5\%$ ของประสิทธิภาพแผ่นโฟโต้โวลเทอิกมาตรฐาน

บทสรุป จากตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4 แสดงให้เห็นว่าระบบตรวจวัดประสิทธิภาพแผ่นโฟโต้โวลเทอิกให้ค่าความผิดพลาดอยู่ในระดับต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นโฟโต้โวลเทอิกมาตรฐาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] มติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ครั้งที่ 2.(2556).โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา(Rooftop PV System). สืบค้นเมื่อ5 เมษายน 2558,จากเว็บไซต์: <http://www.eppo.go.th/nepc/kpc/kpc-145.html>
- [2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.(2555).เซลล์แสงอาทิตย์ Solar Cells.). สืบค้นเมื่อ5 เมษายน 2558,จากเว็บไซต์: <http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm>
- [3] ดร.ไกรสร อัญชสิทธิ์พันธ์.(2558).มาตรฐานเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์ประกอบ,สืบค้นเมื่อ5 ตุลาคม 2558,จากเว็บไซต์: www.ptec.or.th/publisher/tn222A_p059-61.pdf
- [4] B.J. Huang, P.E. Yang, Y.P. Lin , B.Y. Lin , H.J. Chen , R.C. Lai , J.S. Cheng. (2011). Solar cell junction temperature measurement of PV module. *Solar Energy*, 85, 388–392.
- [5] Moufdi H., Smail B. and Hamza A.(2012).Neural network for modeling solar panel. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY*, 1(6),9-16.
- [6] Hans J. Solheima,, Hallvard G. Fjæra, Einar A. Sorheima, and Sean Erik Foss. (2013). Measurement and simulation of hot spots in solar cells. *Energy Procedia*,38,183 -189.
- [7] M.A. Green, K. Emery, Y. Hishikawa, W. Warta, and E. Dunlop.(2014). Solar Cell Efficiency Tables (version 44). *Progress in Photovoltaics Research and applications*,22,701
- [8] C.R. Osterwald, K.A. Emery and M. Muller.(2014).Photovoltaic Module Calibration Value Versus Optical Air Mass: The Air Mass Function. *Progress in Photovoltaics Research and Applications*,22,560
- [9] Huan-Liang Tsai, Ci-Siang Tu, and Yi-Jie Su.(2008).Development of Generalized Photovoltaic Model Using MATLAB/SIMULINK. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2008 WCECS* ,22 – 24
- [10] V.K.Sethi,C.S.Rajeswari, Vinay Thapar, and Navankur Beohar(2010). Evaluating effect of insolation on pv cell Output using Matlab/Simulink. *Journal of Engineering, Science and Management Education*,1, 34-38.