การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 48
The 48th Electrical Engineering Conference (EECON-48)
วันที่ 19-21 พฤศจิกายน 2568 ณ โรงแรมฟูราม่า จังหวัดเชียงใหม่

การพัฒนาระบบเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ด้วยวิธีระบายความร้อนด้วยน้ำ ควบคุมด้วยโปรแกรม LabVIEW

Development of a System to Enhance Solar cell Power Generation Efficiency Using a Water-Cooling Method Controlled by LabVIEW

วรโชติ เครือโชติ[1] นลินี หมู่หมื่นศรี[2]* และประสพสุข สร้อยทอง[3]

[1,3]สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยธาตุพนม มหาวิทยาลัยนครพนม worchot.kh39@npu.ac.th Prasubsuk@npu.ac.th
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน วิทยาลัยธาตุพนม มหาวิทยาลัยนครพนม nalinee15@npu.ac.th*

บทคัดย่อ

โซลาร์เซลล์เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่ได้รับความนิยมใช้ในปัจจุบัน สาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ลดลง คือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าโดยวิธีการระบายความร้อนด้วยน้ำ ควบคุมการทำงานใช้โปรแกรม LabVIEW แผงโซลาร์เซลล์ที่ศึกษาและทดสอบเป็นชนิดโพลีคริสตัลไลน์ กำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุด 50 WP เอียงทำมุม 15° จากแนวระดับ แบ่งการทดสอบเป็น 2 ชุด คือ แบบมีระบบระบายความร้อนและระบบปกติ

ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถลดอุณหภูมิและมีค่าประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ที่เพิ่มขึ้นอยู่ที่ 4.26 % โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิหน้าแผงโซลาร์เซลล์ที่มีการติดตั้งระบบระบายความร้อนสามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยได้ถึง 16.56 องศาเซลเซียสและสามารถแสดงผลและบันทึกค่าผ่านโปรแกรม LabVIEW ได้ ซึ่งจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์พัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ในระบบที่มีขนาดการติดตั้งที่ใหญ่ขึ้นได้

คำสำคัญ: แผงโซลาร์เซลล์ การระบายความร้อนแบบแอคทีฟ แลปวิว

Abstract

Solar cells are a widely utilized source of renewable energy in current applications. One significant factor that reduces the electricity generation efficiency of solar cells is the increase in temperature. This research presents the development of a system to enhance electricity generation efficiency through a water-cooling method, with operational control implemented using LabVIEW software. The solar panel studied and tested is a polycrystalline type with a maximum power output of 50 WP, installed at a tilt angle of 15° from the horizontal. The experimental setup was divided into two conditions: one with a cooling system and one without.

The test results demonstrated that the implemented system effectively reduced the panel temperature and increased the efficiency of the solar cell by 4.26 %. The average surface temperature of the solar panel equipped with the cooling system was reduced by up to 16.56 degrees Celsius. Data acquisition and monitoring were successfully conducted through the LabVIEW program. The outcomes of this research can be further applied and developed for use in larger-scale solar installation systems.

Keywords: Solar Panel, Active cooling, LabVIEW

1. บทนำ [1-3]

1.1 ที่มาความสำคัญ

พลังงานแสงอาทิตย์ ถือว่าเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ใช้แล้วไม่หมดไป โซลาร์เซลล์เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด แต่สำหรับการใช้งานจริงมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นประสิทธิภาพจะลดลงประมาณร้อยละ 0.4 - 0.5 สำหรับทุก 1 องศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นที่อุณหภูมิทำงานจริงของแผงโซลาร์เซลล์ซึ่งอยู่ที่ประมาณ 50–60 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลงประมาณร้อยละ 10–15 จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยจากแหล่งต่างๆ พบว่าวิธีการระบายความร้อนด้วยน้ำเป็นอีกหนึ่งวิธีที่จะทำให้อุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์ลดลง และมีค่ากำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

จากที่มาข้างต้น งานวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาการพัฒนาระบบระบายความร้อนจากแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้วิธีการพ่นน้ำลงบนผิวหน้าแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งน้ำเป็นตัวกลางที่ถือเป็นตัวระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพ ราคาถูกและมิตรกับสิ่งแวดล้อม การศึกษาครั้งนี้จะดำเนินการวัดเปรียบเทียบประสิทธิภาพ โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ควบคุมการทำงานของระบบระบายความร้อนและแสดงผล ซึ่งจะแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย 1) การทดสอบแผงโซลาร์เซลล์ที่มีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ และ 2) ระบบปกติ โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่จัดทำขึ้น ซึ่งระบบนี้มีราคาถูกและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ด้านการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในภาคส่วนต่างๆ เช่น ภาคอุตสาหกรรม หรือผู้ประกอบการรายย่อยที่มีการดำเนินการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างระบบเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโซลาร์เซลล์โดยใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อน

1.2.2 เพื่อสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิการทำงานและติดตามผลการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง [4-5]

2.1 การลดอุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพต่อการผลิตไฟฟ้า (Cooling System) แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

2.1.1 แบบ Passive cooling

เป็นระบบที่ไม่ใช้พลังงานในการลดอุณหภูมิ เป็นการลดอุณหภูมิตามธรรมชาติ เช่น ให้ไอน้ำระเหยขึ้นมาสัมผัสด้านหลังของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์และนำพาความร้อนออกไป แต่มีการออกแบบระบบในการระบายความร้อนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การติดครีบบริเวณด้านหลังแผงโซลาร์เซลล์

2.1.2 แบบ Active cooling

เป็นระบบที่มีการใช้พลังงานในการลดอุณหภูมิ ได้แก่ การใช้มอเตอร์ผลักดันแรงลม (Air active cooling) หรือปั๊มน้ำเข้าสู่ระบบระบายความร้อน

2.2 โปรแกรม LabVIEW

โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมที่ใช้รูปภาพหรือสัญลักษณ์แทนการเขียนด้วยตัวอักษร หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โปรแกรมแบบ Graphic หรือ Data Flow นี้จะมีลักษณะเหมือนการเขียนแบบ Block Diagram โปรแกรม LabVIEW อาศัยการทำงานของเครื่องวัดทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบตามความต้องการของผู้ใช้ โดยแบ่งส่วนการทำงานออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1) ส่วนรับข้อมูล (input) ทำหน้าที่เป็นส่วนรับข้อมูลจากภายนอกเข้าสู่ระบบ

2) ส่วนวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis) ทำหน้าที่หลังจากรับข้อมูลแล้วนำผ่านฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูล

3) ส่วนแสดงผล (Presentation) ทำหน้าที่แสดงผลต่อผู้ใช้งานผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์

3. วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกใช้งานโปรแกรม LabVIEW ในการควบคุมการทำงานและแสดงผล ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ส่วน ดังนี้

3.1 ส่วนแผงโซลาร์เซลล์

แผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีขนาด 50 W (W_p) จำนวน 2 แผง ดังข้อมูลตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดแผงโซลาร์เซลล์

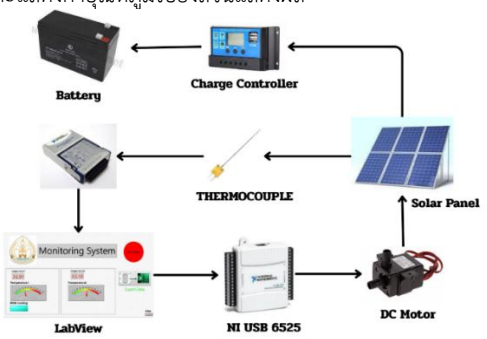
Specification	Value
Solar panels	Poly-crystalline
Open-circuit voltage (V_{OC})	20.5 V
Short-circuit current (I_{SC})	2.93 A
Rate Maximum Power (P_{max})	50 W
Temperature coefficient of P_{max}	- 0.36 %/C°

ตารางที่ 2 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

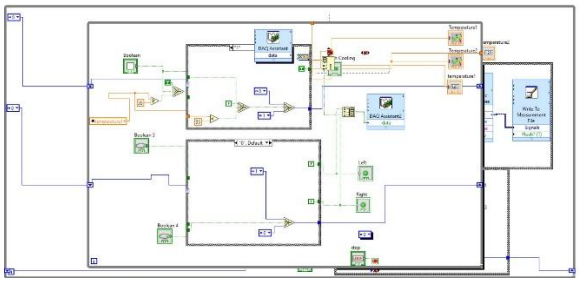
รายการอุปกรณ์	ขนาด
แผงโซลาร์เซลล์	50 W 20.5 V 2.93 A
ปั๊มน้ำ DC	DC 12 V 4.8 W
แบตเตอรี่	12 V 5 Ah
มอเตอร์ไฟฟ้า DC	24 V
โซลาร์ชาร์จเจอร์	12 V/24 V, 30 A

3.2 ส่วนระบบระบายความร้อน

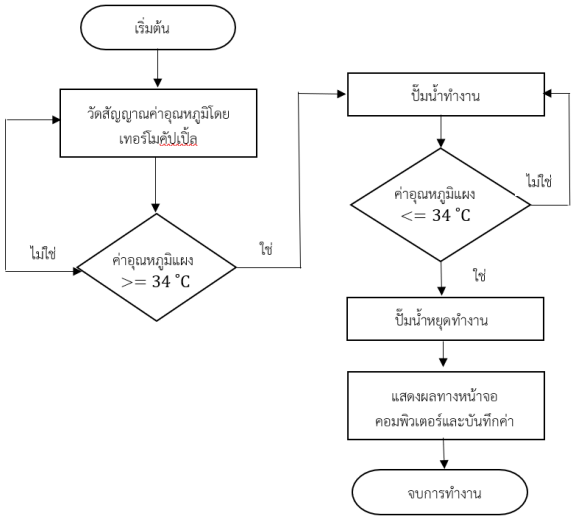
งานวิจัยนี้ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ด้วยวิธีการพ่นละอองน้ำลงบนแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งที่มุมเอียง 15 องศา โดยระบบการทำงานประกอบด้วย แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ เป็นแหล่งพลังงาน บริเวณผิวหน้าแผงโซลาร์เซลล์ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K สำหรับวัดค่าอุณหภูมิเพื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 แผง และส่งข้อมูลไปยังโปรแกรม LabVIEW เพื่อสั่งการทำงานให้ NI USB 6525 ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์สั่งงานดีซีปั๊มขนาด 12 โวลต์ ควบคุมการพ่นน้ำบริเวณหน้าแผงเพื่อลดอุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์และแสดงค่าอุณหภูมิไปยังส่วนแสดงผล



รูปที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบ



รูปที่ 2 แผนภาพบล็อกของโปรแกรม LabVIEW



รูปที่ 3 แผนผังการทำงานของโปรแกรม

3.3 วิธีการทดสอบการทำงาน

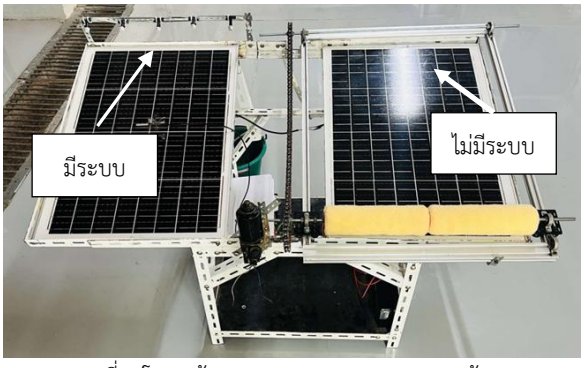
งานวิจัยในครั้งนี้ได้ออกแบบการทดสอบผลการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้น โดยจะดำเนินการทดสอบในช่วงเดือนพฤษภาคม ในพื้นที่จังหวัดนครพนม โดยแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน คือ 1. แผงโซลาร์ระบบปกติ และ แผงโซลาร์เซลล์ที่มีระบบระบายความร้อน โดยทั้ง 2 ชุด จะมีระบบควบคุมและแสดงผลการทำงานด้วยโปรแกรม LabVIEW ติดตั้งร่วมอยู่ด้วยเพื่อคอยตรวจวัดและแสดงผลค่าอุณหภูมิ การทำงานของระบบระบายความร้อนจะถูกตั้งค่าอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 34 องศาเซลเซียส ระบบจะสั่งการให้ดีซีปั๊มทำงานและหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าที่กำหนดไว้ เมื่อปั๊มน้ำทำงานพ่นน้ำลงบริเวณหน้าแผง น้ำจะไหลลงสู่รางรับน้ำและวนกลับมาใช้ใหม่ โดยทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า, ค่าอุณหภูมิ และค่ากำลังไฟฟ้า

ตารางที่ 3 รายการเครื่องมือวัด

รายการเครื่องมือวัด	หน่วยวัด
ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	V, I, P
เครื่องวัดอุณหภูมิและเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K	$^{\circ}$C

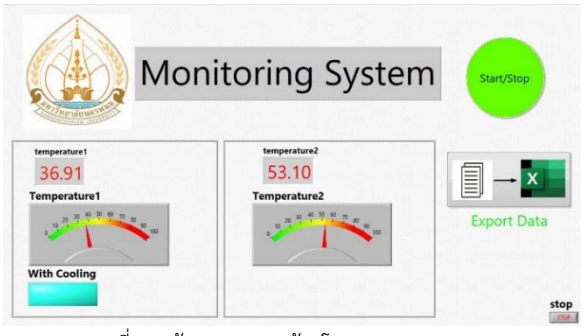
4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการสร้างระบบเพิ่มประสิทธิภาพ



รูปที่ 4 โครงสร้างชุดทดสอบระบบระบายความร้อน

4.2 ผลการออกแบบโปรแกรม

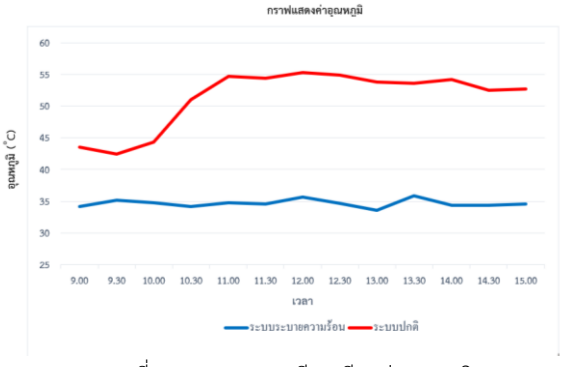


รูปที่ 5 หน้าจอแสดงผลด้วยโปรแกรม LabVIEW

จากรูปที่ 5 แสดงหน้าต่างโปรแกรมระบบเพิ่มประสิทธิภาพโซลาร์เซลล์ด้วยการระบายความร้อนด้วยน้ำควบคุมและแสดงผลการทำงานด้วยโปรแกรม LabVIEW หน้าจอจะแสดงผลประกอบด้วย ผลค่าอุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์ที่มีระบบระบายความร้อน (temperature 1) และ แผงโซลาร์เซลล์ที่ไม่มีระบบระบายความร้อน (temperature 2) โดยโปรแกรมสามารถแสดงสถานะการทำงานและเก็บผลค่าอุณหภูมิไปยังโปรแกรม Excel

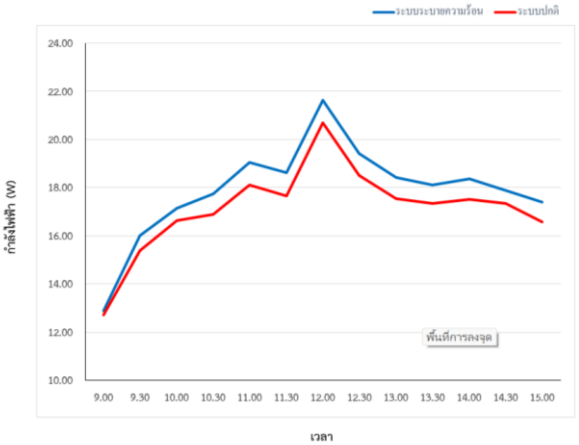
4.3 ผลการทดสอบการทำงาน

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโดยการนำชุดแผงโซลาร์เซลล์ทั้ง 2 ชุด ติดตั้งบริเวณพื้นที่โล่งรับแสงอาทิตย์ และได้ดำเนินการทดสอบการทำงานของระบบระบายความร้อนซึ่งควบคุมและแสดงผลการทำงานด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยทำการบันทึกค่า แรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า, อุณหภูมิ ผลที่ได้แสดง ดังนี้



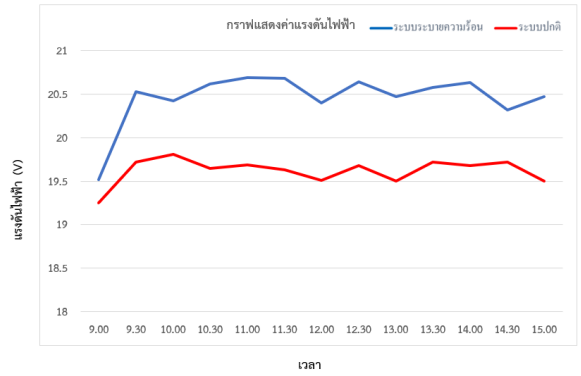
รูปที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิ

จากรูปที่ 6 เมื่อทำการทดสอบวัดผลค่าอุณหภูมิของทั้ง 2 ระบบ พบว่าแผงโซลาร์เซลล์ที่มีระบบระบายความร้อนมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 34.61 องศาเซลเซียส และ แผงโซลาร์เซลล์ระบบปกติมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 51.17 องศาเซลเซียส พบว่าระบบสามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยได้ 16.56 องศาเซลเซียส



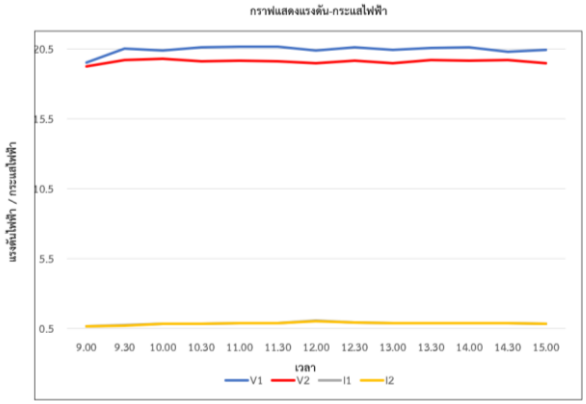
รูปที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้า

จากรูปที่ 7 เมื่อทำการทดสอบวัดผลค่ากำลังไฟฟ้าของ 2 ระบบ พบว่าแผงโซลาร์เซลล์ที่มีระบบระบายความร้อนมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 18.11 วัตต์ และ แผงโซลาร์เซลล์ระบบปกติมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 17.12 วัตต์ ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าได้ 0.99 วัตต์ซึ่งจากปัจจัยที่ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย มีค่าน้อยกว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ซึ่งอยู่ที่ 50 วัตต์ เนื่องการในการทดสอบการทำงานได้เลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ เป็นโหลดของระบบ ซึ่งมีค่ากระแสไฟฟ้าต่ำ จึงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์



รูปที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 8 เมื่อทำการทดสอบวัดผลค่าแรงดันไฟฟ้าของทั้ง 2 ระบบ พบว่าแผงโซลาร์เซลล์ที่มีระบบระบายความร้อนมีค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 20.50 โวลต์ และ แผงโซลาร์เซลล์ระบบปกติมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 19.67 โวลต์ ซึ่งพบว่าระบบสามารถเพิ่มแรงดันไฟฟ้าได้ 0.83 โวลต์



รูปที่ 9 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 9 เมื่อนำค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่วัดได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของปริมาณแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจากระบบระบายความร้อนและระบบปกติ พบว่าค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของระบบระบายความร้อนแสดงในกราฟ V1 และ I1 เมื่อนำค่าแรงดันที่แสดงผลมาหาค่าเฉลี่ย พบว่า ส่วนโซลาร์เซลล์ที่ใช้ระบบระบายความร้อนควบคุมด้วยโปรแกรม LabVIEW มีค่าแรงดันเฉลี่ยที่ 20.49 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ 0.88 แอมป์แปร์ ส่วนระบบปกติ แสดงในกราฟ V2 และ I2 มีค่าแรงดันเฉลี่ยที่ 19.67 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ 0.87 แอมป์แปร์

4.4 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพ

การระบายความร้อนแผงโซลาร์เซลล์ด้วยการระบายความร้อนด้วยน้ำควบคุมและแสดงผลการทำงานด้วยโปรแกรม LabVIEW ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ดังข้อมูลตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายการเครื่องมือวัด

รายการเครื่องมือวัด	หน่วยวัด
ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	V, I
เครื่องวัดอุณหภูมิและเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K	$^{\circ}$C

และใช้สมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ที่เพิ่มขึ้นดังสมการที่ (1)

$$\eta = \frac{(n_2 - n_1)}{n_1} \text{x } 100\ \% \quad (1)$$

เมื่อ η = ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ที่เพิ่มขึ้น (%)
n_1 = ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ระบบปกติ
n_2 = ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์มีระบบระบายความร้อน

จากสมการที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ พบว่า ค่าประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ระบบปกติ (n_1) เท่ากับ 17.12 วัตต์ และแผงโซลาร์เซลล์มีระบบระบายความร้อน (n_2) เท่ากับ 18.11 วัตต์ และมีค่าประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้นอยู่ที่ 4.26 % ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ พบว่า ในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบมีสภาพอากาศไม่ร้อนมากและมีเมฆบดบัง อีกทั้งผลของความร้อนสะสมตามระยะเวลาการใช้งานส่งผลต่อการระบายความร้อน รวมถึงการเลือกใช้มอเตอร์กระแสตรงเป็นโหลด ซึ่งมีค่ากระแสไฟฟ้าต่ำ จึงส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าโดยวิธีการระบายความร้อนด้วยน้ำควบคุมการทำงานโดยใช้โปรแกรม LabVIEW แผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้ศึกษาและทดสอบมีกำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุด 50 WP ติดตั้งเอียงทำมุม 15° จากแนวระดับ แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ชุด คือ แบบมีระบบระบายความร้อนและแบบระบบปกติ

ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถลดอุณหภูมิและมีค่าประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ที่เพิ่มขึ้นอยู่ที่ 4.26 % โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิหน้าแผงโซลาร์เซลล์ที่มีการติดตั้งระบบระบายความร้อนสามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยได้ถึง 16.56 องศาเซลเซียส ระบบสามารถแสดงผลและบันทึกค่าอุณหภูมิผ่านโปรแกรม LabVIEW ยังโปรแกรม Excel ได้ ซึ่งจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์พัฒนาต่อยอด เพื่อใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดการติดตั้งที่ใหญ่ได้ แต่อาจมีข้อจำกัดด้านงบประมาณค่าติดตั้งระบบที่เพิ่มขึ้น เช่น ระบบจัดเก็บและหมุนเวียนน้ำที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงาน รวมถึงการคำนึงถึงปัญหาด้านสิ่งสกปรกจำพวกฝุ่นและสิ่งสกปรกต่างๆ ที่สะสมในระบบ สำหรับแนวทางที่สามารถพัฒนาต่อได้ในอนาคต คือ การพัฒนาระบบเชื่อมต่อแบบ IoT เพื่อมอนิเตอร์และควบคุมการทำงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ สาขาวิชาไฟฟ้าเครื่องกลการผลิต วิทยาลัยธาตุพนม มหาวิทยาลัยนครพนม ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้และขอขอบพระคุณ สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์โปรแกรม LabVIEW สำหรับใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Sharaf, A. S. Huzayyin, and M. S. Yousef, "Performance enhancement of photovoltaic cells using phase change material (PCM) in winter," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 61, no. 6, pp. 4229–4239, 2022.

[2] วาท ซุน อรรถกร อาสนคำ ธรณิศวร์ ดีทายาท วรศิษฐ์ ตรูทัศนวินท์ และ ทะนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, “พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของสารเปลี่ยนสถานะในการควบคุมอุณหภูมิโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์,” *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, ปีที่ 25, ฉบับที่ 3, หน้า 167–177, 2018.

[3] Y. Sriudom, A. Tewata, S. Sapso, and N. Pratumchai, “การศึกษาเชิงทดสอบการใช้น้ำสำหรับระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์,” *RMUTP Research Journal Sciences and Technology*, vol. 15, no. 2, pp. 1–13, 2021.

[4] สิทธิพัฒน์ ภู่ทอง วิชาญ วิมานจันทร์ และ จันทวงษ์, “การเพิ่มประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ละอองน้ำลดอุณหภูมิเซลล์แสงอาทิตย์,” การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 2 , 2561, หน้า 867-875.

[5] นลินี หมู่หมื่นศรี และ กฤษณะ ครโสภา, “โปรแกรม LabVIEW ควบคุมระบบฟาร์มไก่บ้านอัตโนมัติที่ใช้แหล่งพลังงานโซลาร์เซลล์,” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13, 12-14 พฤษภาคม 2564, หน้า 165-168.

ชื่อ-สกุล นายวรโชติ เครือโชติ
สถานที่ทำงาน มหาวิทยาลัยนครพนม
สาขางานวิจัยที่สนใจ : การให้ความร้อน, ระบบควบคุมอัตโนมัติ

ชื่อ-สกุล นางสาวนลินี หมู่หมื่นศรี
สถานที่ทำงาน มหาวิทยาลัยนครพนม
สาขางานวิจัยที่สนใจ : ระบบควบคุมอัตโนมัติ, พลังงานแสงอาทิตย์

ชื่อ-สกุล นายประสพสุข สร้อยทอง
สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยนครพนม
สาขางานวิจัยที่สนใจ : ระบบควบคุมอัตโนมัติ