

การเพิ่มประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ

Efficiency Enhancement of Solar Panels Using Water Recirculation System Automatic

ปฐิภาณ เกิดลาภ

Patiphan Kerdlap

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

Faculty of Engineering, Eastern Asia University

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ โดยการลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ ทำการทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะทางไฟฟ้าแผงโซลาร์เซลล์ที่ทำงานปกติ และแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งระบบลดอุณหภูมิ ทำการบันทึกผลการทดสอบตั้งแต่เวลา 10.00 น. - 14.00 น. พบว่าในสภาวะที่แผงโซลาร์เซลล์ทำงานปกติบริเวณหน้าแผงโซลาร์เซลล์มีอุณหภูมิสะสมที่สูงขึ้นและส่งผลกระทบต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ ร้อยละ 9.75 และจากการทดสอบสมรรถนะทางไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งระบบลดอุณหภูมิ การทำงานของระบบสามารถลดอุณหภูมิหน้าแผงโซลาร์เซลล์ได้ดี ทำให้แผงโซลาร์เซลล์ผลิตกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.47

คำสำคัญ: ระบบน้ำหมุนเวียน, การลดอุณหภูมิ, แผงโซลาร์เซลล์

Abstract

The research aims to increase the efficiency of solar panel using reducing temperature automatic recirculating water system. Comparison the electrical performance of normal operation of solar panels and solar panel installed with a cooling system. Record from 10 am - 2 pm results showed that in conditions where the solar panels work normally in front of the solar panel has the higher the temperature and affect the maximum power output of the solar panel 9.75 percent. And the electrical performance the operation of solar panel installed with a cooling system can reduce the temperature of the solar panel. Solar panel increased power generation 3.47 percent.

Keywords: circulating water system, temperature reduction, solar panels



บทนำ

แสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาดและมีอยู่ทั่วไป แต่การนำมาใช้ประโยชน์อาจยังมีข้อจำกัดบางประการ เนื่องจากแสงอาทิตย์เกิดขึ้นเฉพาะในตอนกลางวัน ตลอดวัน มีความเข้มของแสงที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและฤดูกาล แสงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์ ปริมาณแสงอาทิตย์จะมีปริมาณสูงสุดเมื่อพื้นที่ทำมุมตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ ดังนั้นหากต้องการให้พื้นที่ได้รับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดต่อวัน ก็จะต้องปรับพื้นที่รับแสงนั้น ๆ ตามการเคลื่อนที่ของแสงอาทิตย์

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นขนานที่ 6-10 องศาเหนือ จะได้รับแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี ประมาณ 4-5 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง/ตารางเมตร/วัน ซึ่งหากสามารถปรับพื้นที่รับแสงให้ติดตามแสงอาทิตย์ได้ตลอดเวลาจะสามารถรับแสงได้เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1.3-1.5 เท่า

ปัจจุบันมีการติดตั้งโซลาร์เซลล์เพื่อผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยเป็นจำนวนมาก ทั้งการติดตั้งแบบโซลาร์ฟาร์ม และการติดตั้งบนหลังคา (solar rooftop) โดยตัวแปรที่สำคัญในการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ คือความเข้มของแสงอาทิตย์ เพราะถ้าแสงที่ตกกระทบแผงโซลาร์เซลล์มีความเข้มสูง แผงโซลาร์เซลล์จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้มาก แต่จะส่งผลให้อุณหภูมิที่แผงโซลาร์เซลล์สูงขึ้นตามไปด้วย โดยทุก ๆ 1°C ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการแปลงกำลังไฟฟ้า ของแผงโซลาร์เซลล์ลดลง 0.5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ในขณะที่แผงได้รับความเข้มแสงสูงนั้น กำลังการผลิตไฟฟ้าที่ได้จากแผงจะน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่ควรจะได้จากแผงโซลาร์เซลล์ (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2015)

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ด้วยการลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์โดยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ ในขณะที่แผงโซลาร์เซลล์เกิดความร้อน

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

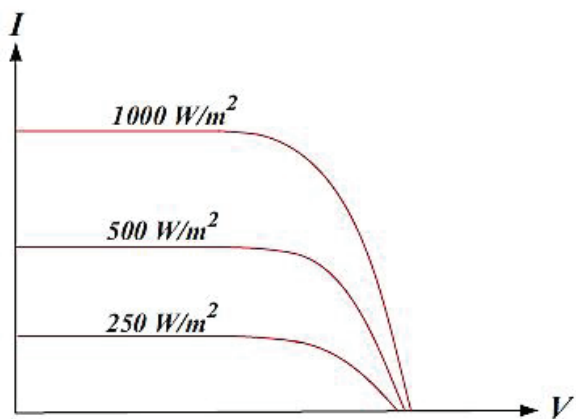
พลังงานแสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมด พลังงานที่ดวงอาทิตย์สร้างขึ้นนั้นมีค่าประมาณ 3.8×10^{23} กิโลวัตต์ แต่เนื่องจากดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากโลกถึง 93 ล้านไมล์ ทำให้พลังงานที่ส่งมายังโลกเหลือประมาณ 1.8×10^{14} กิโลวัตต์ เมื่อถูกดูดซับจากชั้นบรรยากาศของโลกจะเหลือพลังงานที่ตกลงบนพื้นโลกประมาณ 1.25×10^{14} กิโลวัตต์ หรือมีค่าประมาณ 961-1191 วัตต์ต่อตารางเมตร คิดเป็นพลังงานประมาณ 2,000-2,500 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี และหากเทียบกับการใช้พลังงานในโลกแล้วนั้นพบว่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวโลกเป็นเวลา 1 เดือนนั้นสามารถใช้เป็นพลังงานแทนเชื้อเพลิงถ่านหินได้ถึงแปดล้านล้านตัน ซึ่งเป็นปริมาณของถ่านหินที่คาดว่าจะมีเหลืออยู่ทั้งหมดบนโลก การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถจำแนกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การผลิตกระแสไฟฟ้า และการผลิตความร้อน โดยในรูปแบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องมีอุปกรณ์แปลงรังสีแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่เรียกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ หรือเซลล์โฟโตโวลตาอิก (photovoltaic cell)

โซลาร์เซลล์

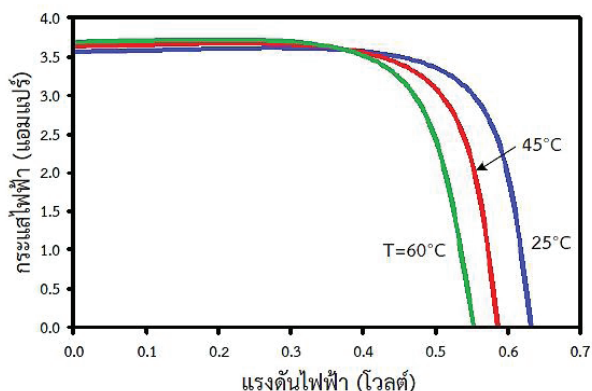
1. การทำงานของโซลาร์เซลล์เป็นกระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าขึ้นในสารกึ่งตัวนำจึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าไปใช้งานได้

2. ผลกระทบจากความเข้มรังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิ เมื่อแผงโซลาร์เซลล์ทำงานที่สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ จะได้กราฟ I-V Curve ที่มีกระแสลัดวงจรและแรงดันเปิดวงจรที่แตกต่างกัน แสดงได้ตามภาพ 1



ภาพ 1 กราฟกระแสและแรงดันที่ความเข้มแสงค่าต่าง ๆ เมื่ออุณหภูมิมีค่าคงที่

จากภาพ 1 เป็นกรณีที่อุณหภูมิคงที่แต่ความเข้มแสงมีการเปลี่ยนแปลงส่งผลให้กระแสลัดวงจรของแผงโซลาร์เซลล์มีการเปลี่ยนแปลง โดยที่ความเข้มแสงเพิ่มขึ้นกระแสลัดวงจรจะมีค่าสูงขึ้นตามสัดส่วน เมื่อความเข้มแสงคงที่แต่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้แรงดันเปิดวงจรมีการเปลี่ยนแปลงโดยที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้แรงดันเปิดวงจรมีค่าลดลง แสดงได้ตามภาพ 2



ภาพ 2 กราฟกระแสและแรงดัน ณ อุณหภูมิค่าต่าง ๆ เมื่อความเข้มแสงมีค่าคงที่

ที่มา จาก *Energy reform solar*, โดย Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2013, สืบค้นจาก <http://www.klcbright.com/solarcell-panel-mono-poly-thin-film.php>

3. กำลังการผลิตไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์เซลล์ และ อุณหภูมิ

ระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ปกติแล้วจะขึ้นอยู่กับแรงดันและกระแสไฟฟ้า ถ้าหากแรงดันหรือกระแสไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลง ก็จะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตออกมา ส่วนค่าแรงดันเปิดวงจรของเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลงแบบเชิงเส้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นตามสมการ 1 (Lorenzo, 2003)

$$V_{oc} = V_{oc}^* + (T_c - T_c^*) \frac{dV_{oc}}{dT_c} \quad (1)$$

เมื่อ T_c คือ อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์
 $\frac{dV_{oc}}{dT_c}$ คือ สัมประสิทธิ์อุณหภูมิแรงดันไฟฟ้า

สำหรับค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรของเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับค่าการฉายรังสีของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิมีผลกระทบต่อกระแสแสดงดังสมการ 2 (Gray, 2003)

$$I = I_{sc} - I_{o1} (e^{\frac{qV}{kT}} - 1) - I_{o2} (e^{\frac{qV}{2kT}} - 1) \quad (2)$$

เมื่อ I_{o1} และ I_{o2} เป็นกระแสเมื่ออิมิตัวในบริเวณประจุเป็นกลาง

q คือ ขนาดของประจุ
 k คือ ค่าคงที่ของ Boltzmann
 T คือ อุณหภูมิหน่วยเป็นเคลวิน

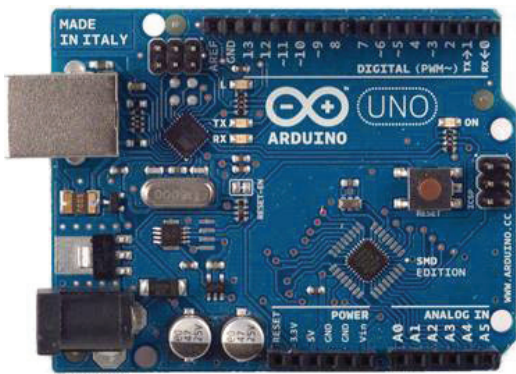
เนื่องจากสมการมีพารามิเตอร์ของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้องทั้งสองสมการ ดังนั้นถ้าหากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ก็จะส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้ใช้แผงโซลาร์เซลล์รุ่น SLP250-20

ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ชิปไอซีที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานตามที่ต้องการ ประกอบด้วย หน่วยประมวลผล หน่วยความจำชั่วคราว (RAM) หน่วยความจำถาวร (ROM) และพอร์ตอินพุตเอาต์พุต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 เป็นบอร์ดที่ได้รับความนิยม เนื่องจาก Library ต่าง ๆ ถูกพัฒนาขึ้น

มาให้ Support กับบอร์ดอื่น ๆ โดยบอร์ด Arduino Uno ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซีเป็นแบบ SMD และข้อดีคือ กรณีที่ MCU เสีย ผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย โดยในงานวิจัยฉบับนี้ใช้บอร์ด Arduino UNO R3 ดังแสดงตามภาพ 3



ภาพ 3 บอร์ด Arduino UNO R3

เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

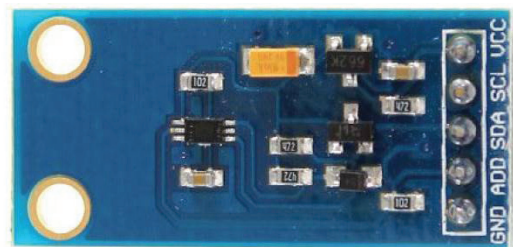
เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิมีอยู่หลายแบบ คุณลักษณะทั่วไปของ ไอซี DS18B20 Digital Thermometer เป็นไอซีดิจิทัลเทอร์โมมิเตอร์แบบโปรแกรมค่าความละเอียดและใช้การอินเตอร์เฟส แบบ 1-Wire และไม่ต้องต่ออุปกรณ์ภายนอก สามารถวัดอุณหภูมิเป็นหน่วยองศาเซลเซียสในช่วง -55°C ถึง 125°C ที่ความละเอียด 9-12 บิต และมีความแม่นยำอยู่ที่ 0.5°C ในช่วง -10°C ถึง 85°C โดยในงานวิจัยฉบับนี้ใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ รุ่น DS18B20 ดังแสดงตามภาพ 4



ภาพ 4 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ รุ่น DS18B20

เซ็นเซอร์วัดความสว่าง

สามารถวัดความเข้มแสงได้ตั้งแต่ 1-65535 lx ความละเอียด 16 บิต ใช้การเชื่อมต่อแบบ I2C ความถี่สูงสุด 400 kHz เชื่อมต่อสัญญาณโดยตรงกับไมโครคอนโทรลเลอร์ระบบไฟ 3.3V และระบบไฟ 5V ได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านวงจรปรับระดับแรงดัน มีขา ADD สำหรับเลือก Address ของบอร์ดได้ 2 ค่า ในงานวิจัยฉบับนี้ใช้เซ็นเซอร์วัดความสว่าง BH1750 Light Sensor ดังแสดงตามภาพ 5



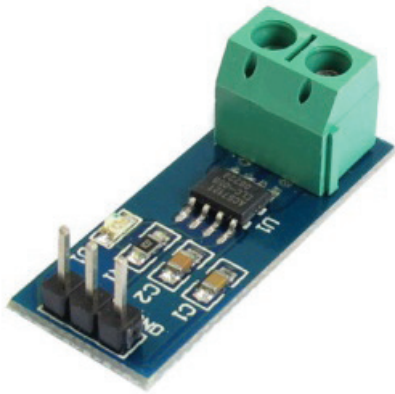
ภาพ 5 เซ็นเซอร์วัดความสว่าง BH1750 Light Sensor

เซ็นเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้า

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นไม่สามารถรับแรงดันได้เกิน 5 โวลต์ ในการออกแบบวงจรวัดแรงดันไฟฟ้าจึงเลือกใช้หลักการแบ่งแรงดัน (voltage divider) โดยที่ต้องคำนึงถึงค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานสามารถรับได้โดยที่ไม่เกิดความเสียหาย และสามารถลดทอนแรงดันไฟฟ้าจากด้านอินพุตเพื่อให้แรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตมีค่าไม่เกิน 5 โวลต์ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก

เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า

ในการวัดค่ากระแสไฟฟ้าสามารถทำได้หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า ACS712 เป็นวิธีที่ให้ค่าความเที่ยงตรงและความแม่นยำสูง โดยใช้หลักการ Hall Effect current sensor คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำทองแดงทางด้านปฐมภูมิจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ซึ่ง Hall IC จะแปลงผันเป็นแรงดันไฟฟ้า โดยสัญญาณด้านออกจะเป็นสัญญาณอนาล็อกแรงดันไฟฟ้าด้านออกจะเปลี่ยนแปลงเป็นเชิงเส้นตามสัดส่วนกับกระแสไฟฟ้าและสามารถนำแรงดันที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ป้อนให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าเซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า ACS712 ดังแสดงตามภาพ 6



ภาพ 6 เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า ACS712

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกียรติศักดิ์ พรหมจำปา, รุ่งเพชร ก่องนอก และ บุญยัง ปลั่งกลาง (Panjumba, Kongnok & Plangklang, 2017) ศึกษาผลกระทบอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ โดยทำการเก็บข้อมูลที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ประกอบด้วย อุณหภูมิโดยรอบของพื้นที่ อุณหภูมิหน้าแผง แรงดันไฟฟ้าที่ได้ กระแสไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าที่ได้ ทำการศึกษาในรอบหนึ่งเดือนพบว่า ระบบโซลาร์เซลล์จะเริ่มทำงาน เวลา 09.00 น. จนกระทั่งถึงเวลา 15.00 น. พบว่า เมื่ออุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์มีค่าสูงขึ้นทำให้พลังงานที่ได้จากโซลาร์เซลล์น้อยลงกว่าอุณหภูมิที่มีค่าต่ำ

Baskar (2014) ศึกษาการลดอุณหภูมิของโซลาร์เซลล์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ พบว่าระบบปั๊มน้ำมีผลต่อประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิและการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งผลการทดลองฉีดพ่นน้ำสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

นิคม ผึ้งคำ (Phuengkum, 2008) ศึกษาโดยใช้ท่อความร้อนที่ติดตั้งวัสดุพูนแบบตาข่ายทองแดงภายในท่อความร้อน พบว่า สามารถลดอุณหภูมิของโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยเฉลี่ยร้อยละ 9.21

สุรเชษฐ์ สีขำนาญ, ธีรพัฒน์ ชมภูคำ และสัมพันธ์ ฤทธิเดช (Sichamnan, Chompookham & Rittidech, 2016) ศึกษาเทคนิคการลดอุณหภูมิโซลาร์เซลล์ในลักษณะการระบายความร้อน พบว่าการระบายความร้อนที่ใช้ระบบหล่อเย็นด้วยน้ำหล่อเย็นที่บรรจุอยู่ในท่อทองแดงที่ติดตั้ง

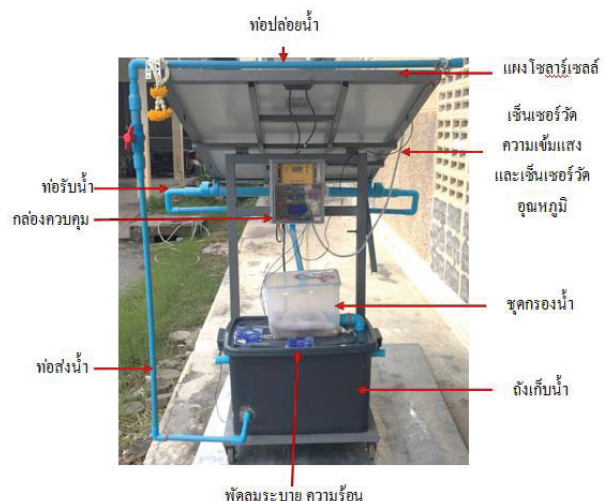
ด้านหลังโซลาร์เซลล์ ส่งผลให้สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.35

จากเหตุผลที่กล่าวมาสรุปได้ว่าตัวแปรที่สำคัญในการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์คือ อุณหภูมิ เพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลต่อประสิทธิภาพการแปลงกำลังไฟฟ้าเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดออกแบบระบบลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ขณะที่แผงโซลาร์เซลล์มีอุณหภูมิสูงโดยวิธีการระบายความร้อนหน้าแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ

วิธีดำเนินการวิจัย

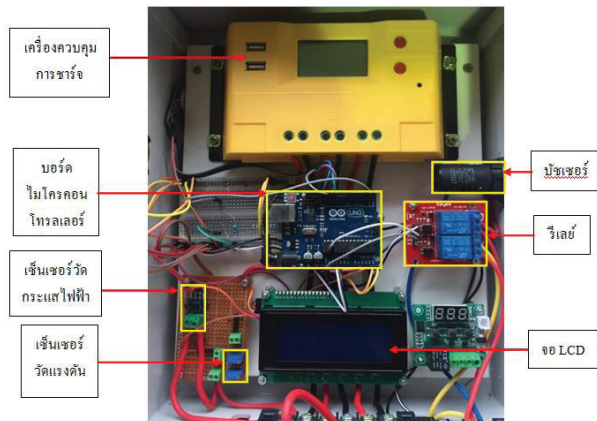
1. การออกแบบระบบการทำงานและระบบควบคุมการทำงาน

ส่วนประกอบหลักของการออกแบบระบบลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ มีการออกแบบการต่อใช้งานของอุปกรณ์ ประกอบด้วย อุปกรณ์ยึดแผงโซลาร์เซลล์ ระบบน้ำหมุนเวียน ระบบโครงสร้างระบบควบคุมการทำงานของระบบน้ำหมุนเวียน ส่วนประกอบชิ้นงาน แสดงได้ตามภาพ 7



ภาพ 7 ส่วนประกอบของชิ้นงาน

การทำงานของระบบควบคุมเกิดจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วย เซ็นเซอร์วัดแสง เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เครื่องควบคุมการชาร์จ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า เซ็นเซอร์วัดแรงดัน บัสเซอร์ รีเลย์ และจอ LCD



ภาพ 8 ส่วนประกอบภายในกล่องควบคุมการทำงาน

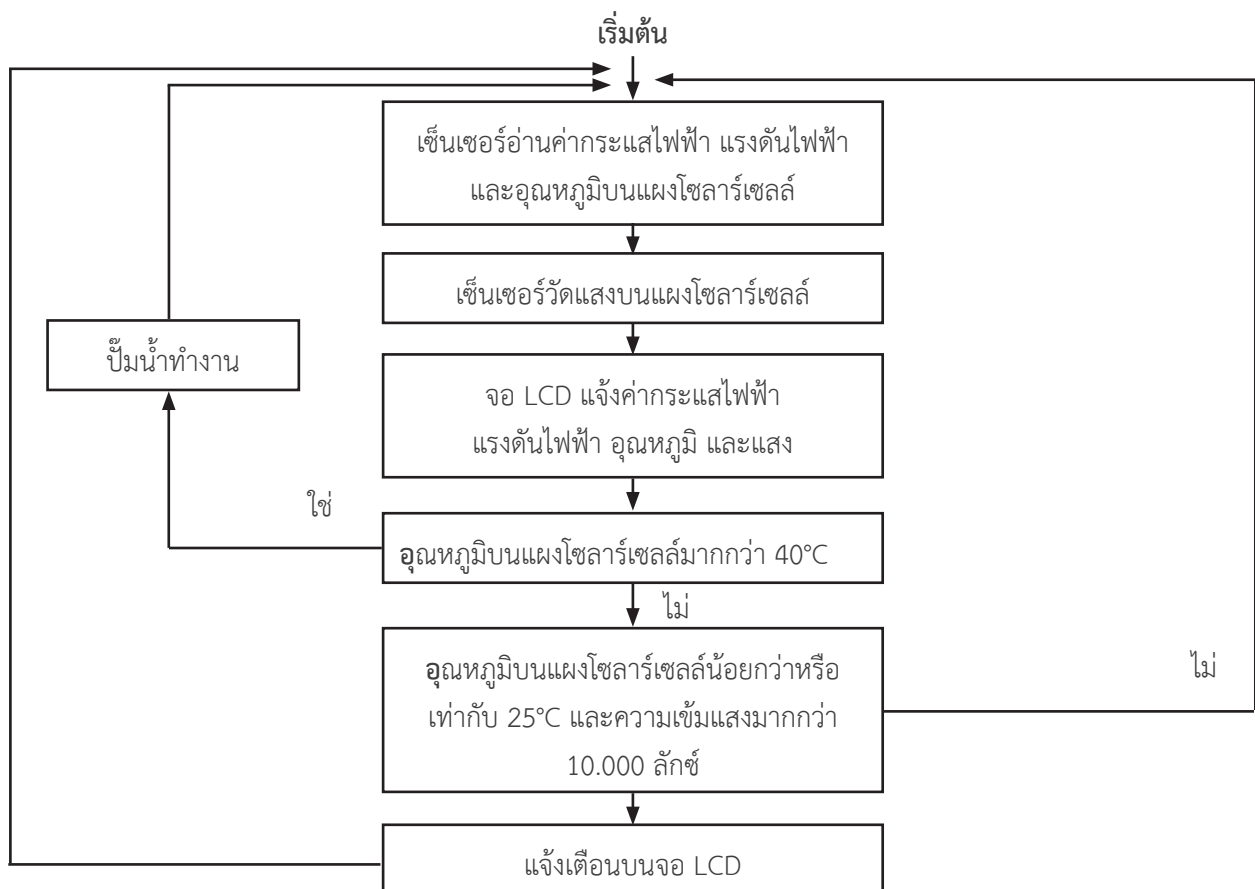
2. การทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

เงื่อนไขที่ 1 ระบบจะวิเคราะห์ว่าอุณหภูมิที่แผงโซลาร์เซลล์สูงเกิน 40°C (อุณหภูมิสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามฤดูกาล) ถ้าอุณหภูมิที่แผงโซลาร์เซลล์สูงมากกว่า 40°C ระบบจะทำการจ่ายไฟฟ้าไปยังรีเลย์เพื่อเปิดให้ปั้มน้ำขึ้นไปฉีดเป็นฟิล์มน้ำเพื่อลดอุณหภูมิที่หน้าแผงโซลาร์เซลล์ จนกระทั่งอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ลดลงเหลือประมาณ 35°C ระบบจะหยุดจ่ายไฟฟ้าให้รีเลย์สวิตช์

เงื่อนไขที่ 2 ถ้าระบบวิเคราะห์ว่าอุณหภูมิที่แผงโซลาร์เซลล์สูงไม่เกิน 25 องศา และความเข้มแสงในขณะนั้นมีมากกว่า 10,000 lx และกำลังไฟฟ้าที่ได้น้อยกว่า 50 วัตต์ นั้นแสดงว่าแผงโซลาร์เซลล์ มีปัญหาในการผลิตไฟฟ้าระบบจะจ่ายไฟฟ้าไปยังรีเลย์ที่ต่อกับ บัสเซอร์ ให้ส่งเสียงแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานมาตรวจสอบ

3. หลักการทำงานของระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ

การทำงานของอุปกรณ์ในระบบแสดงได้ตามภาพ 9



ภาพ 9 ไตอะแกรมการทำงาน

แผงโซลาร์เซลล์ ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าเลี้ยงระบบการทำงานโดยไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องควบคุมการชาร์จ

เครื่องควบคุมการชาร์จ ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ชาร์จเข้าแบตเตอรี่ โดยจะควบคุมการชาร์จไฟฟ้าให้เหมาะสมกับแบตเตอรี่ที่ใช้งาน การต่อใช้งานเครื่องควบคุมการชาร์จควรเชื่อมต่อแบตเตอรี่เข้าเครื่องควบคุมการชาร์จก่อนที่จะนำไปเชื่อมต่อกับแผงโซลาร์เซลล์เสมอ เพื่อประสิทธิภาพการในใช้งานของเครื่องควบคุมการชาร์จ และป้องกันการชำรุดวงจรภายในตัวเครื่อง

แบตเตอรี่ ทำหน้าที่เก็บไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ และเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบการทำงาน การต่อใช้งาน ควรเชื่อมต่อแบตเตอรี่เข้าเครื่องควบคุมการชาร์จ ไม่ควรเชื่อมต่อแบตเตอรี่กับแผงโซลาร์เซลล์โดยตรง ควรสังเกต ขั้วของแบตเตอรี่ให้ดีกว่าก่อนเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ประมวลผลให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด และสั่งการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 โวลต์ ให้กับเซ็นเซอร์และโมดูลต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบการทำงาน การต่อใช้งาน บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต่อกับไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันที่ ใช้งานตั้งแต่ 9-12 โวลต์ ซึ่งในระบบนี้จะต่อผ่านโมดูลบัคบูทเพื่อรักษาแรงดันไฟฟ้าก่อนเข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างสม่ำเสมอ

เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า ทำหน้าที่วัดกระแสไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ส่งไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปคำนวณหากำลังไฟฟ้าและแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD การต่อใช้งาน เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าจะใช้แหล่งจ่ายไฟจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ขาเอาต์พุตจะเชื่อมต่อเข้ากับขา Analog ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ขา Input ของเซ็นเซอร์เชื่อมต่อสายไฟขั้วบวกของแผงโซลาร์เซลล์และสายไฟขั้วบวกของโหลด

เซ็นเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้า ทำหน้าที่วัดแรงดันไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ ส่งไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าและแสดง

ผลผ่านหน้าจอ LCD การต่อใช้งาน เซ็นเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้า นำขั้วบวกขั้วลบด้าน Vinutp เชื่อมต่อกับสายไฟขั้วบวกและขั้วลบของแผงโซลาร์เซลล์

เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิด้านหน้าแผงโซลาร์เซลล์และส่งค่าไปยังบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ตามเงื่อนไขที่กำหนดและแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD การต่อใช้งาน เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิใช้แหล่งจ่ายไฟจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ขา Output จะเชื่อมต่อเข้ากับขา Digital ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เซ็นเซอร์วัดแสง ทำหน้าที่วัดความสว่างของแสงอาทิตย์และส่งค่าไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปวิเคราะห์ตามเงื่อนไขที่กำหนดและแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD การต่อใช้งาน เซ็นเซอร์วัดแสงใช้แหล่งจ่ายไฟจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ขา SCL จะเชื่อมต่อเข้ากับขา Analog A5 และขา SDA จะเชื่อมต่อเข้ากับ Analog A4

จอ LCD แสดงผล ทำหน้าที่แสดงวันที่เวลา และรับค่าจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงค่าที่เซ็นเซอร์ต่าง ๆ วัดได้ การต่อใช้งานจอ LCD แสดงผลใช้แหล่งจ่ายไฟจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ขา SCL จะเชื่อมต่อเข้ากับขา Analog A5 และขา SDA จะเชื่อมต่อเข้ากับ Analog

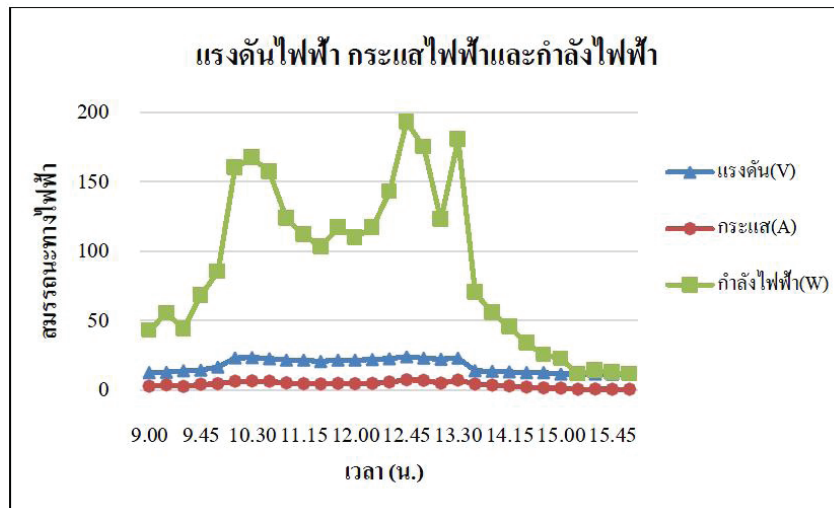
บอร์ด Relay ทำหน้าที่ รับคำสั่งจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อ เปิด-ปิด วงจร การทำงานของโหลดตามเงื่อนไขที่กำหนด การต่อการใช้งาน บอร์ด Relay ด้าน Input ใช้แหล่งจ่ายไฟจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ขา INT1, INT2 ต่อเข้ากับขา Digital ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้าน Output ช่อง COM เชื่อมต่อเข้ากับสายขั้วบวกของโหลด ช่อง NC เชื่อมต่อ กับขั้วบวกแหล่งจ่ายไฟ และสายไฟขั้วลบของโหลดเชื่อมต่อกับขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ

บัชเซอร์ ทำหน้าที่แจ้งเตือนตามเงื่อนไขที่กำหนดให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีบอร์ด Relay เป็นตัวเปิด-ปิด วงจรการทำงาน การต่อใช้งานสายไฟขั้วบวกของบัชเซอร์ เชื่อมต่อเข้ากับ ช่อง COM และสายขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟเชื่อมต่อกับช่อง NC ทางด้าน Output ของบอร์ด Relay สายขั้วลบของบัชเซอร์เชื่อมขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ

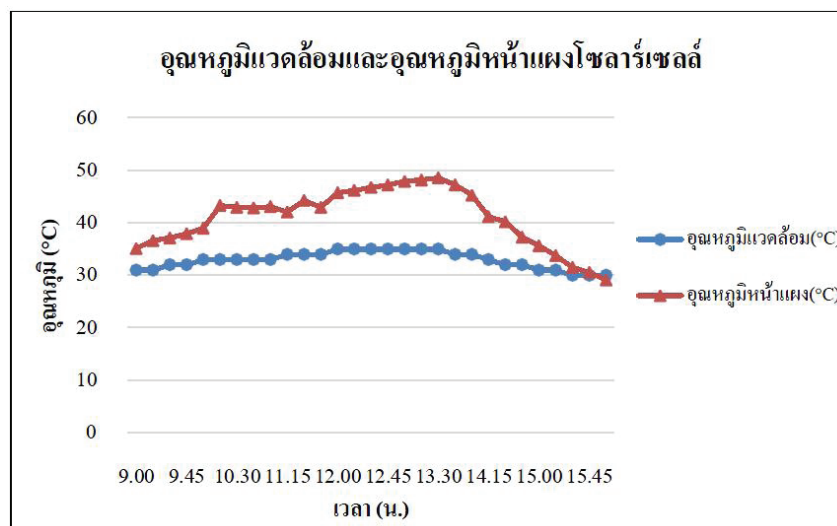
ปั๊มน้ำ ทำหน้าที่ดูดน้ำขึ้นฉีดหน้าแผงโซลาร์เซลล์ ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยมีบอร์ด Relay เป็นตัวเปิด-ปิด วงจรการทำงาน การต่อใช้งานสายไฟขั้วบวกของปั๊มน้ำ เชื่อมต่อเข้ากับ ช่อง COM และสายขั้วบวกของแหล่งจ่ายเชื่อมต่อเข้ากับช่อง NC ทางด้าน Output ของบอร์ด Relay สายขั้วลบของปั๊มน้ำเชื่อมขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ

ผลการวิจัย

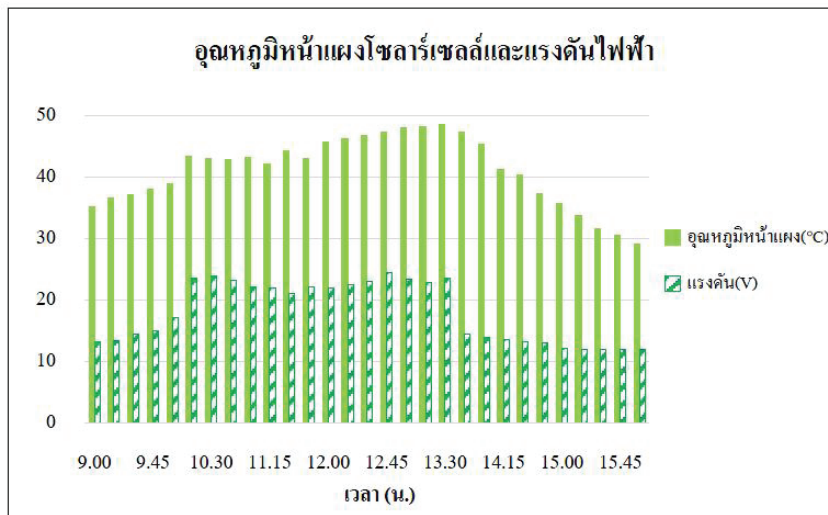
1. การทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์



ภาพ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์



ภาพ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิแวดล้อมและอุณหภูมิหน้าแผงโซลาร์เซลล์



ภาพ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิหน้าแผงโซลาร์เซลล์และแรงดันไฟฟ้า

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิแวดล้อมและอุณหภูมิหน้าแผงจะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแวดล้อมและความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์โดยตรง มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงประมาณ 43.74°C และจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิหน้าแผงโซลาร์เซลล์และแรงดันไฟฟ้า ซึ่งบางช่วง

เวลาที่อุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์สูงขึ้นทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง ส่งผลกระทบต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ถึง 9.37 เปอร์เซ็นต์ และทำให้กำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ลดลง 23.42 วัตต์

2. การทดสอบระบบลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ

ตาราง 1

การทดสอบระบบลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิหน้าแผงเฉลี่ย (°C)	ความสว่างเฉลี่ย (Lux)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	กำลังไฟฟ้าที่สูญเสีย (W)
7/6/2560	33.9	37.55	60,752.14	113.69	15.69
13/6/2560	34.40	37.97	52,312.43	103	16.22
16/6/2560	33.52	38.04	60,179.48	120.18	16.3
20/6/2560	34.72	37.68	70,266.33	125.25	15.85
24/6/2560	34.48	37.32	61,028.9	102.93	15.4
27/6/2560	34.10	36.8	56,170.24	105.58	14.76

จากตาราง 1 การทดสอบพบว่าระบบลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ สามารถลดอุณหภูมิหน้าแผงได้เป็นอย่างดีส่งผลให้อุณหภูมิแผง

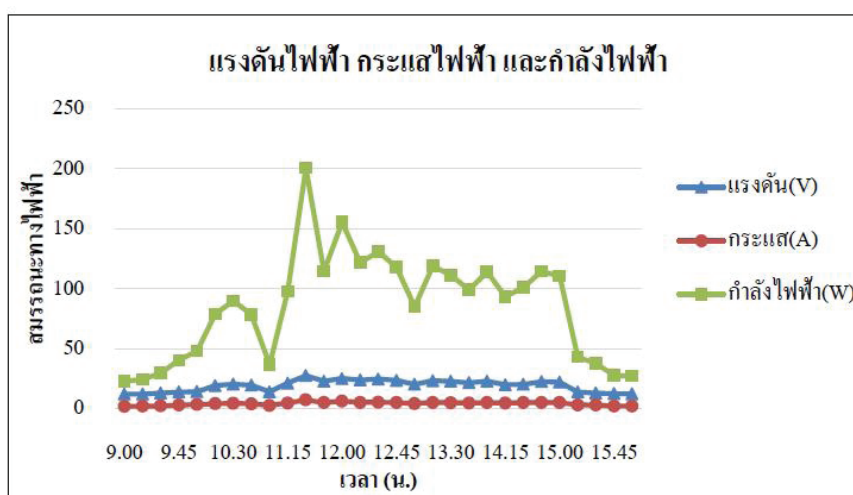
โซลาร์เซลล์ลดลง และสามารถลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าลง ซึ่งทำให้แผงโซลาร์เซลล์มีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

ตาราง 2

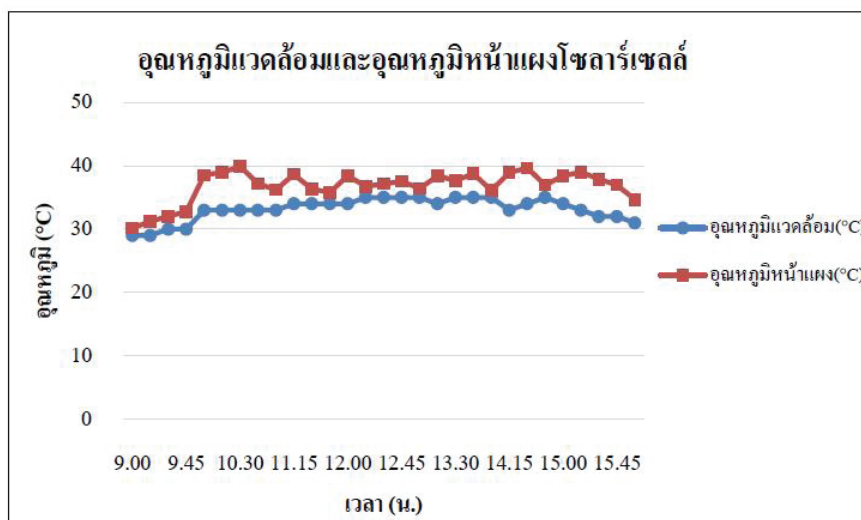
การเปรียบเทียบระหว่างกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยและกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิหน้าแผงเฉลี่ย (°C)	ความสว่างเฉลี่ย (Lux)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	กำลังไฟฟ้าที่สูญเสีย (W)
6/6/2560	33.71	43.74	52,623	110.71	23.42
*7/6/2560	33.9	37.55	60,752.14	113.69	15.69
12/6/2560	33.10	41.27	49,774.24	81.58	20.34
*13/6/2560	34.40	37.97	52,312.43	103	16.22
15/6/2560	34.05	42.34	58,330.52	117.34	21.67
*16/6/2560	33.52	38.04	60,179.48	120.18	16.3
19/6/2560	36.43	46.83	93,194.90	113.97	27.28
*20/6/2560	34.72	37.68	70,266.33	125.25	15.85
23/6/2560	34.5	45.98	48,521.52	90.24	26.22
*24/6/2560	34.48	37.32	61,028.9	102.93	15.4
26/6/2560	34.31	46.86	45,307.57	81.15	27.33
*27/6/2560	34.10	36.8	56,170.24	105.58	14.76

*วันที่ทำการทดสอบระบบลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ



ภาพ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์



ภาพ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิแวดล้อมและอุณหภูมิหน้าแผงโซลาร์เซลล์

จากข้อมูลอุณหภูมิหน้าแผงเฉลี่ยในตาราง 2 วัน ที่ทำการทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิ ของแผงโซลาร์เซลล์ และการทดสอบระบบ ลดอุณหภูมิ

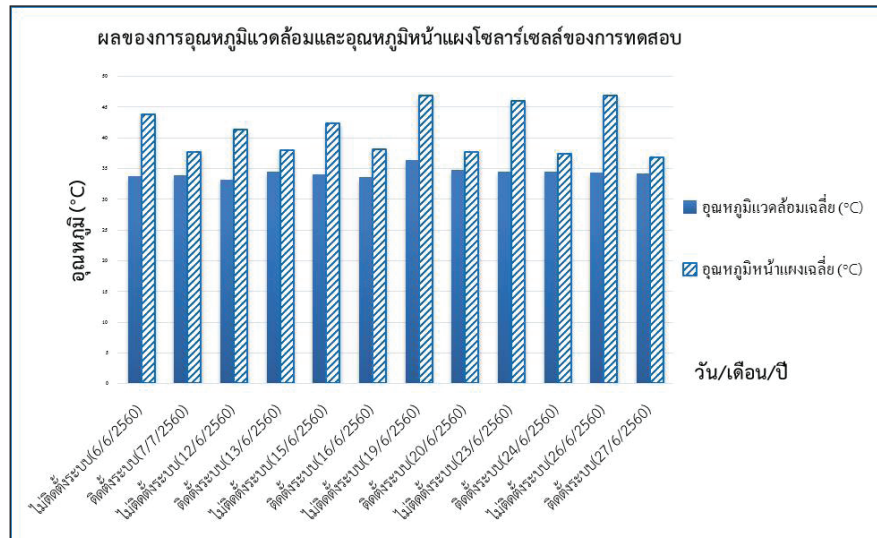
แผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ ส่งผล ต่อประสิทธิภาพการผลิตกำลังไฟฟ้า ของแผงโซลาร์เซลล์ แสดงได้ตามตาราง 3

ตาราง 3

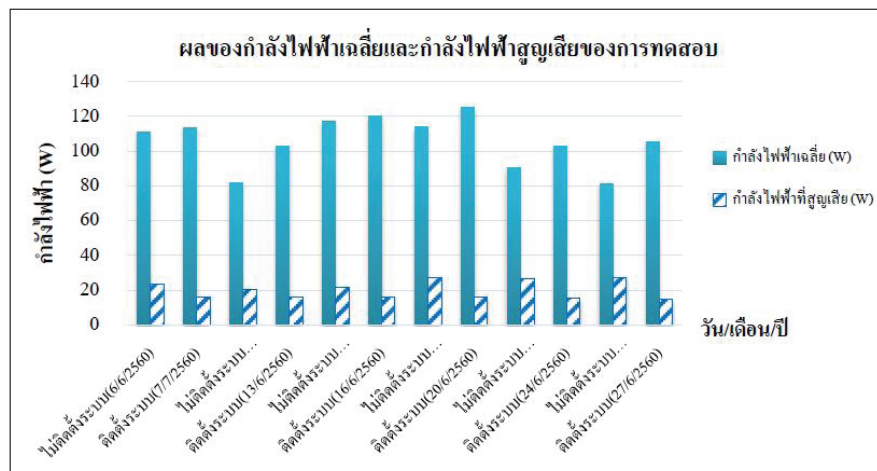
ประสิทธิภาพกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียของแผงโซลาร์เซลล์

วัน/เดือน/ปี	ประสิทธิภาพกำลังไฟฟ้าที่สูญเสีย (%)
6/6/2560	9.37
*7/6/2560	6.28
12/6/2560	8.14
*13/6/2560	6.49
15/6/2560	8.67
*16/6/2560	6.52
19/6/2560	10.92
*20/6/2560	6.34
23/6/2560	10.49
*24/6/2560	6.16
26/6/2560	10.93
*27/6/2560	5.90

*วันที่ทำการทดสอบระบบลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ



ภาพ 15 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิแวดล้อมและอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ระหว่างทดสอบระบบลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ



ภาพ 16 ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยและกำลังไฟฟ้าสูญเสีย ระหว่างการทดสอบระบบลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ

จากการทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิหน้าแผงโซลาร์เซลล์สูงขึ้นส่งผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียมากขึ้น ในขณะที่การทดสอบระบบลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ ทำให้อุณหภูมิหน้าแผงโซลาร์เซลล์ลดลง และกำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลง ประสิทธิภาพการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์เฉลี่ยเพิ่มขึ้น

การอภิปรายผล

การทำงานของระบบลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติ ช่วยควบคุมอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ให้อุณหภูมิแผงลดลงตามที่กำหนดไว้ได้ดี ซึ่งการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานได้ตามที่กำหนดเงื่อนไขในโปรแกรม การทำงานของระบบลดอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนอัตโนมัติเป็นระบบที่ใช้งานง่าย เพียงแค่ปรับค่าอุณหภูมิตามที่ต้องการ ระบบมีการแสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ผ่านหน้าจอ LCD พร้อมวันเวลา และเก็บบันทึกข้อมูลลงใน SD Card เป็น

ไฟล์ Excel เพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำไปตรวจสอบเช็คข้อมูลในคอมพิวเตอร์ได้ จากการทดสอบอุณหภูมิแผงโซลาร์เซลล์ที่สูงขึ้นมีผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ซึ่งส่งผลให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียร้อยละ 9.75 และจากการทดสอบของแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งระบบลดอุณหภูมิการทำงานของระบบสามารถลดอุณหภูมิหน้าแผงโซลาร์เซลล์ได้ดี ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียลดน้อยลง และส่งผลให้แผงโซลาร์เซลล์ผลิตกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.47

ปัจจุบันประเทศไทยมีกำลังการผลิตไฟฟ้าจากการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ทั่วประเทศประมาณ 2,651 เมกะวัตต์ (แผนAEDP 2015) ซึ่งหากมีการติดตั้งระบบลดอุณหภูมิจะส่งผลให้แผงโซลาร์เซลล์ผลิตกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.4 แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศโดยเฉลี่ยของประเทศในแต่ละปี โดยหากติดตั้งระบบลดอุณหภูมิกับแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 1 เมกะวัตต์ จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนการติดตั้งเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณร้อยละ 7.53



References

- Baskar, D. (2014). Efficiency improvement on photovoltaic water pump system by automatic water spraying over photovoltaic cells. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 19(8), 1127-1131.
- Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2013). *Energy reform solar*. Retrieved from http://www.cssckmutt.in.th/cssc/cssc_training/doc/Designer_CH1toCH5.pdf
- Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2015). *Alternative energy development plan 2015-2036*. Retrieved from http://www.dede.go.th/download/files/AEDP2015_Final_version.pdf (in Thai)
- Gray, J. L. (2003). The physics of the Solar Cell. In Luque, A., & Hegedus, S. (Eds.), *Handbook of photovoltaic science and engineering*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Lorenzo, E. (2003). Energy collected and delivered by PV modules. In Luque, A., & Hegedus, S. (Eds.), *Handbook of photovoltaic science and engineering*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Panjumpa, K., Kongnok, R., & Plangklang B. (2017). Study of temperature effect on a PV power plant. *Electrical Engineering Network Journal*, 1(1), 32-35. (in Thai)
- Phuengkum, N. (2008). *Increasing performance of solar cell panels by cooling system*. Master of Science (Physic) Thesis, Prince of Songkla University. (in Thai)
- Sichamnan, S., Chompookham, T., & Rittidech, S. (2016). Efficiency enhancement of solar panels using copper mesh wick heat pipe. *UBU Engineering Journal*, 9(1), 11-22. (in Thai)

