

ระบบตรวจสอบความผิดปกติระหว่างการทำงานปั้มน้ำโซลาร์เซลล์

Monitoring System for Abnormalities Detected During the Operation of Photovoltaic Water Pumps

พิสุทธิ์ แสนดีน้อย¹ ธันวา ขำทับทิม¹ ธีรศักดิ์ แหยมบุรี¹ ธนภูมิ เพื่องเพียร¹ และ นัฐพงษ์ เนินชัด^{1*}

Phisut Saendeenoi¹ Thanwa Khamthuptim¹ Thirasak Yamburi¹

Thanapoom Fuangpian¹ and Nattapong Nernchad^{1*}

¹หลักสูตรเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ ประเทศไทย 53000

¹Program in Electrical Technology, Faculty of Industrial Technology Uttaradit Rajabhat University,
Uttaradit Province, Thailand 53000

*Corresponding author E-mail: nattapong.ner@uru.ac.th

Received 15 September 2023, Accepted 27 December 2023, Published 28 December 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบความผิดปกติระหว่างการทำงานของปั้มน้ำโซลาร์เซลล์ (24V, 280W) ขั้นตอนการทดลองได้ทำการสูบน้ำจากถังทดลองหนึ่ง (Tank1) ไปยังถังทดลองสอง (Tank2) และติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับน้ำในถังทดลองที่หนึ่ง การตรวจสอบความผิดปกติในระบบได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานร่วมกับเซนเซอร์ทั้ง 3 ชนิดนั้น คือ เซนเซอร์วัดระดับน้ำ เซนเซอร์วัดกระแสและเซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้า สำหรับเงื่อนไขความผิดปกติของระบบมอเตอร์ปั้มน้ำคือ ไม่มีน้ำเหลืออยู่ในถังทดลองหนึ่งและเซนเซอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าได้อยู่ระหว่าง 1A ถึง 4A หรือเซนเซอร์วัดค่าแรงดันมีค่าน้อยกว่า 10V ผลการทดลองได้แบ่งออกเป็น 3 กรณีดังนี้ 1) ผลการวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าขณะที่ปั้มน้ำมีโหลดและไม่โหลด พบว่าเมื่อปั้มน้ำเริ่มสูบน้ำจะมีค่ากระแส 5A และมีกำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 60W 2) ผลการสังเกตวงจรไฟฟ้าเมื่อระดับน้ำถึงค่าที่กำหนด พบว่าในขณะที่ปั้มน้ำทำการสูบน้ำค่ากระแสอยู่ที่ 5.04A ค่าความเร็วรอบมอเตอร์เฉลี่ยอยู่ที่ 205RPM และเมื่อระดับน้ำเริ่มลดลงต่ำกว่าตำแหน่งเซนเซอร์วัดระดับน้ำ ระบบสามารถตรวจจับของปั้มน้ำได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ 3) ผลการสังเกตวงจรไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟน แสดงให้เห็นว่าสามารถควบคุมการทำงานของปั้มน้ำผ่านแอปพลิเคชัน RemoteXY ในสมาร์ตโฟนได้

คำสำคัญ: ปั้มน้ำโซลาร์เซลล์, ระบบตรวจสอบความผิดปกติ, เซนเซอร์วัดค่ากระแส, เซนเซอร์วัดค่าแรงดัน

ABSTRACT

The objective of this research is to design and build a system to detect abnormalities during the operation of photovoltaic water pumps (24V, 280W). The experimental procedure pumped water from one test tank (Tank 1) to a second test tank (Tank 2) and a water level sensor was installed in one test tank. Abnormality detection in the system utilized a microcontroller along with three types of sensors: a water

level sensor, current sensors, and voltage sensors. An abnormal condition for the water pump system was defined as no water left in one test tank and the current sensor reading between 1A and 4A or the voltage sensor reading less than 10V. The results of the experiment were divided into 3 cases as follows: 1) Current and voltage measurement results when the pump was loaded and unloaded. It was found that when the water pump started, there was a current value of 5A and a power of 60W. 2) The result of open circuit when the water level reached a certain value. It was found that while pumping water, the current value was 5.04A and the average motor speed was 205RPM. 3) The result of open circuit via the smartphone demonstrated that the water pump could be operated through the RemoteXY application on a smartphone.

Keywords: Photovoltaic Water Pump, Abnormality Monitoring System, Current Sensor, Voltage Sensor

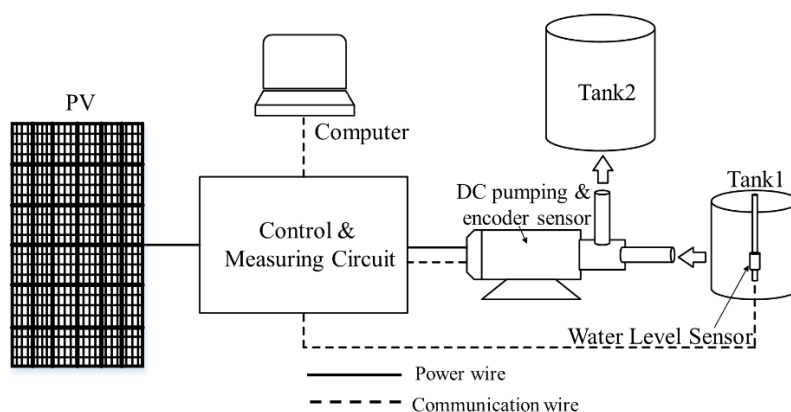
บทนำ

การประยุกต์ใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคการเกษตรกำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย (Vieira et al., 2020) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าให้กับปั๊มน้ำในการเกษตรชุมชนหรือชนบทที่เป็นพื้นที่ห่างไกล อย่างไรก็ตามยังมีความกังวลในศักยภาพของการทำงานของระบบปั๊มน้ำโซลาร์เซลล์ที่มักจะทำงานผิดปกติและนำไปสู่ค่าบำรุงรักษาที่เพิ่มขึ้น (Et-taleby, Boussetta and Benslimane, 2020) การทำงานผิดปกติของระบบปั๊มน้ำโซลาร์เซลล์อาจเกิดจากปัจจัยหลายประการ รวมถึงปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ความผิดปกติทางไฟฟ้าและความผิดปกติทางกล

เพื่อให้มั่นใจถึงประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของระบบปั๊มน้ำโซลาร์เซลล์ สิ่งสำคัญคือต้องมีระบบเพื่อตรวจสอบความผิดปกติในการทำงาน (Ahmed et al., 2023) ระบบตรวจสอบสามารถรวบรวมข้อมูลจากเซนเซอร์หลากหลายชนิดเช่น เซนเซอร์แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า (ปิณฑิต และคณะ, 2562) ดังนั้นระบบตรวจสอบความผิดปกติที่ตรวจพบระหว่างการทำงานของปั๊มน้ำโซลาร์เซลล์จึงมีความจำเป็น งานวิจัยหลายบทความเสนอวิธีการที่แตกต่างกันสำหรับการตรวจจับความผิดปกติในระบบปั๊มน้ำโซลาร์เซลล์เช่น (De Benedetti et al., 2018) นำเสนอแนวทางการเรียนรู้โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) เพื่อตรวจจับความผิดปกติในระบบโซลาร์เซลล์และสร้างการแจ้งเตือนการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ (Loureiro et al., 2016) ได้ใช้สี่ขั้นตอนในการตรวจจับและจำแนกเหตุการณ์ผิดปกติของข้อมูลการไหลจากระบบการจำหน่ายน้ำซึ่งสามารถนำไปใช้กับปั๊มน้ำโซลาร์เซลล์ (Harrou et al., 2021) เสนอวิธี Support Vector Regression (SVR) และ Gaussian Process Regression (GPR) เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบโซลาร์เซลล์ (Taghezouit et al., 2020) ได้ออกแบบวิธีการตรวจสอบโดยใช้การวิเคราะห์ Principal Component Analysis (PCA) และรูปแบบการตรวจสอบหลายตัวแปรเพื่อตรวจจับความผิดปกติในระบบโซลาร์เซลล์ (Dupont et al., 2019) เสนอวิธีการตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับโรงงานไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ที่เชื่อมต่อกับกริดนั่นคือการแรงและความเข้มแสง จะเห็นว่าวิธีที่กล่าวมาอาจจะมีประสิทธิภาพการตรวจสอบความผิดปกติที่มีสมรรถนะสูงแต่ก็ต้องมีอุปกรณ์ทำงาน (Hardware) สมรรถนะสูงด้วยเช่นกัน

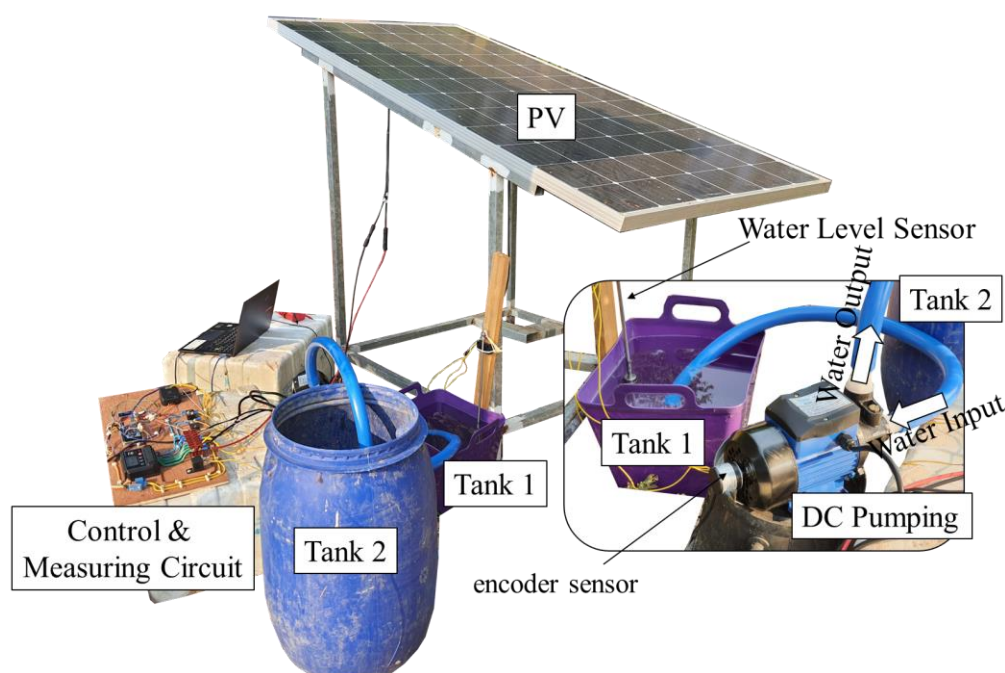
ความหมายของระบบตรวจสอบความผิดปกติระหว่างการทำงานของปั๊มน้ำโซลาร์เซลล์ของงานวิจัยนี้คือ ระบบที่มีความสามารถในการตัดหรือต่อวงจรของปั๊มน้ำจากแหล่งจ่ายพลังงาน (แผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่) เพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ปั๊มน้ำและแหล่งจ่าย

งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบ สร้างและทดสอบระบบตรวจสอบความผิดปกติระหว่างการทำงานปั้มน้ำโซลาร์เซลล์ ระบบที่นำมาทดลองคือมอเตอร์ปั้มน้ำไฟฟ้ากระแสตรง 24V ขนาด 280W โดยมีแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 350W ต่อแบบออฟกริด (Off Grid) ใช้ในการประจุแบตเตอรี่ผ่านอุปกรณ์ควบคุมการประจุไฟฟ้า ระบบควบคุมใช้อุปกรณ์อย่างง่ายแต่มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดี การทดลองได้ทำการสูบน้ำจากถังทดลองหนึ่ง (Tank1) ไปยังถังทดลองสอง (Tank2) โดยที่ถังทดลองหนึ่งมีเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำติดตั้งอยู่ หากน้ำในถังทดลองที่หนึ่งแห้งและไม่มีการตัดวงจรมอเตอร์ จะทำให้มอเตอร์อยู่ในสภาวะไม่มีโหลด ความเร็วรอบสูง ซึ่งอาจทำให้มอเตอร์ปั้มน้ำเกิดความเสียหายได้ จากนั้นได้สร้างเงื่อนไขการตรวจสอบความผิดปกติการทำงานปั้มน้ำโซลาร์เซลล์ไมโครคอนโทรลเลอร์และใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับค่าระดับน้ำ ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า ประกอบการตรวจสอบระบบและบันทึกข้อมูลผ่านคอมพิวเตอร์ แสดงการทำงานของระบบดังภาพที่ 1

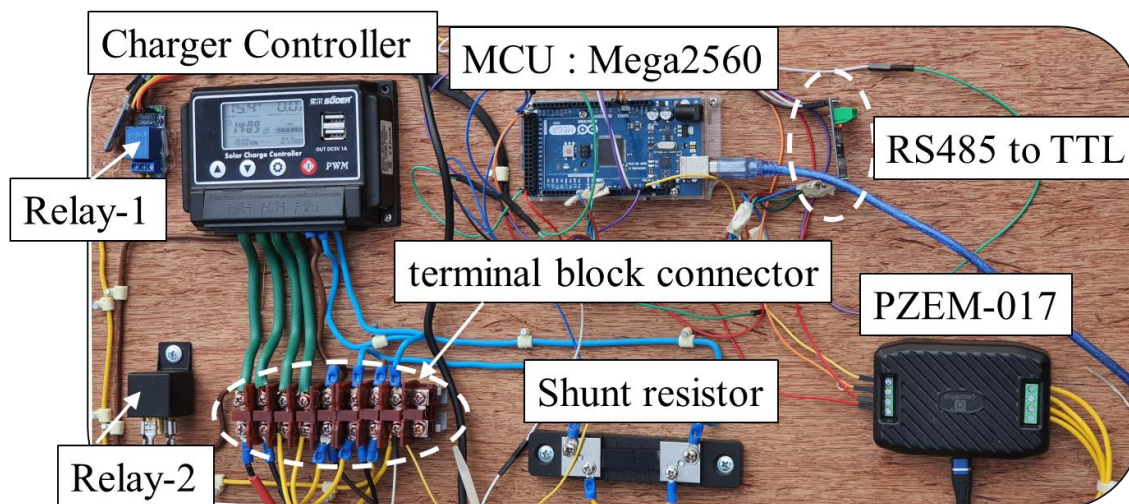


ภาพที่ 1 แผนภาพวงจรไฟฟ้าระบบตรวจสอบความผิดปกติระหว่างการทำงานปั้มน้ำโซลาร์เซลล์

1. ออกแบบและสร้างระบบปั้มน้ำโซลาร์เซลล์

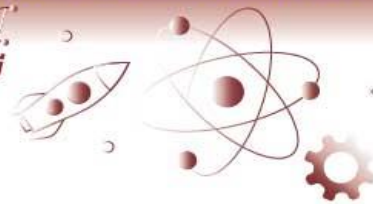


(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 (ก) ระบบการทำงานจริง (ข) วงจรวัดและควบคุมทางไฟฟ้า



1.1 การกำหนดขนาดของแผงโซลาร์เซลล์

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ปั๊มน้ำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24V ขนาด 280W รุ่น LSWQB-24 ซึ่งเป็นปั๊มน้ำขนาดเล็กใช้งานง่าย อัตราการส่งขึ้นที่สูง 25 เมตร และมีระยะดูดน้ำลึก 5 เมตร แสดงดังภาพที่ 2 ก) (DC Pumping) ดังนั้นในการกำหนดขนาดของแผงโซลาร์เซลล์สามารถคำนวณได้ดังนี้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2566)

1.1.1 กำหนดความต้องการพลังงานที่ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนประสิทธิภาพของระบบโซลาร์เซลล์ ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ชั่วโมงการทำงานของปั๊มน้ำเท่ากับชั่วโมงแสงอาทิตย์สูงสุด (Peak sun hour) อยู่ที่ 5 ชั่วโมงต่อวัน สามารถคำนวณได้ดังสมการ (1)

$$E_{need} = ((P_{load} \times hour \times day) / 1000) / \eta_{system} \quad (1)$$

เมื่อ E_{need} คือความต้องการพลังงานที่ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ (kWh) , P_{load} คือกำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำ (Watt) , η_{system} คือประสิทธิภาพของระบบโซลาร์เซลล์ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดให้มีค่า 70 เปอร์เซ็นต์ (สนธิยา, อัสนี และศักดิ์ทงศ์, 2566) ดังนั้นจากสมการ (1) จะได้

$$E_{need} = ((280 \times 5 \times 1) / 1000) / 0.7 = 2 \text{ kWh} / \text{day}$$

1.1.2 หากำลังไฟฟ้าและจำนวนของแผงโซลาร์เซลล์ที่ชั่วโมงแสงอาทิตย์สูงสุดอยู่ที่ 5 ชั่วโมงต่อวัน

$$P_{PV} = (2 \text{ kWh}) / (5h) = 400 \text{ W}$$

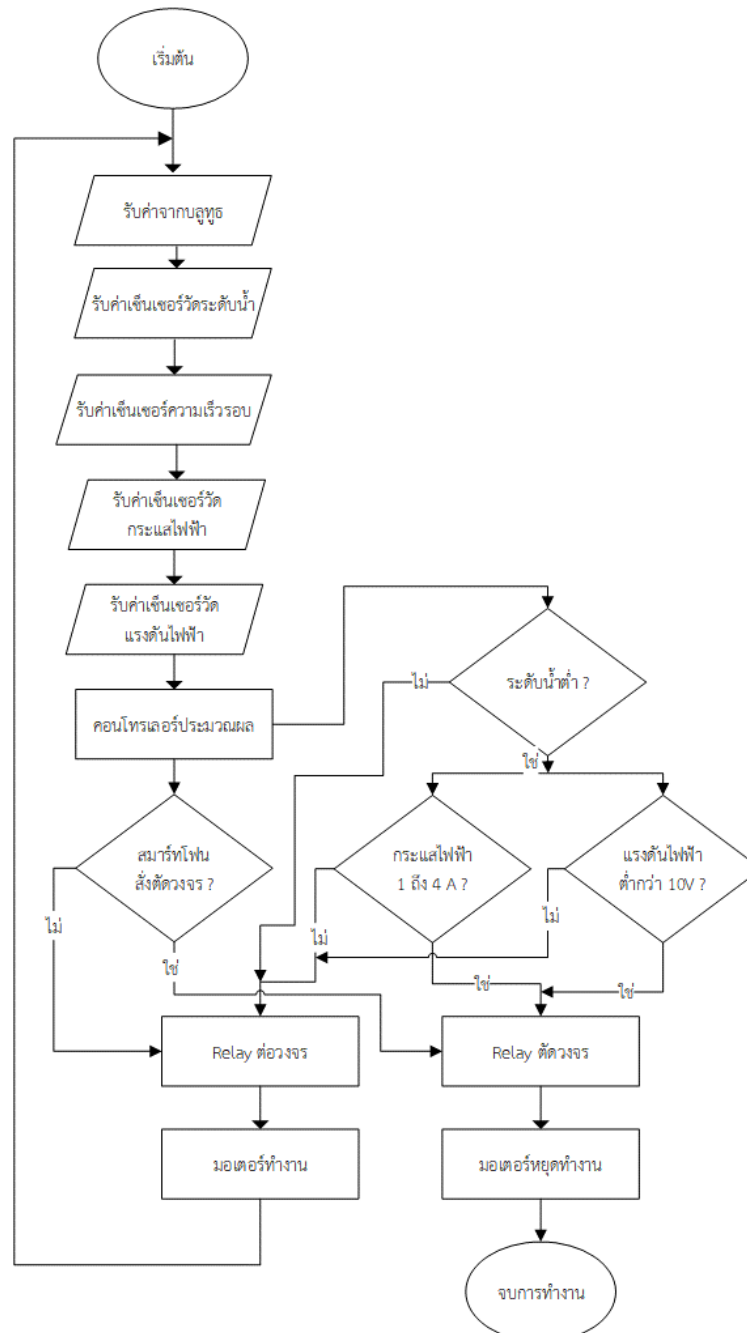
งานวิจัยนี้เลือกใช้แผงขนาด 350W แสดงดังภาพที่ 2 ก) (PV) จึงคำนวณหาจำนวนแผงโซลาร์เซลล์คือ $400W/350W = 1.14$ หรือประมาณ 1 แผง

1.2 ออกแบบระบบควบคุม

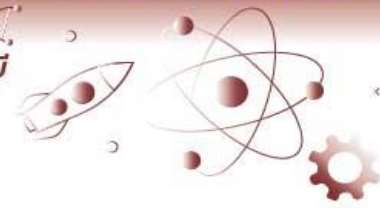
จากภาพที่ 2 ข) แสดงระบบตรวจสอบความผิดปกติระหว่างการทำงานปั๊มน้ำโซลาร์เซลล์ที่ได้สร้างขึ้นใหม่ ประกอบไปด้วย 1) อุปกรณ์ควบคุมการประจุไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ (Solar Charger) ในงานวิจัยนี้ใช้รุ่น Souer PWM 30A 12V/24V เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมการประจุไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์เข้าสู่แบตเตอรี่และจัดการแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ปั๊มน้ำ 2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ งานวิจัยนี้เลือกใช้รุ่น Arduino Mega 2560 ที่ทำหน้าที่สั่งการ ควบคุม ทำงานตามคำสั่งที่ได้บันทึกไว้ รับค่าจากเซนเซอร์มาประมวลผล 3) เซนเซอร์วัดค่าไฟฟ้ากระแสตรงรุ่น PZEM - 17 สำหรับวัดค่ากระแสและแรงดันของปั๊มน้ำ ซึ่งเซนเซอร์รุ่น PZEM - 17 จะมี Shunt Resistor เป็นตัวต้านทานที่ยอมให้กระแสมอเตอร์ปั๊มน้ำที่มีค่าสูงไหลผ่าน และจะมีเพียงกระแสระดับมิลลิแอมป์เท่านั้นที่ใช้วัดค่ากระแสของ PZEM - 17 อีกทั้งยังวัดค่าแรงดันมอเตอร์ด้วย 4) เซนเซอร์วัดระดับน้ำ (Water Level Sensor) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจกระดับน้ำในถังทดลองหนึ่ง (Tank1) โดยจะส่งค่าลอจิก (Logic) 0 เมื่อระดับน้ำลดลงถึงตำแหน่งที่เซนเซอร์ติดตั้งอยู่ 5) เซนเซอร์วัดความเร็วรอบ (รูปที่ 2 ก) (encoder sensor)) ในงานวิจัยนี้ใช้โรตารีเอนโคเดอร์ (Rotary encoder) ความละเอียด 600 ลูกคลื่นต่อรอบการหมุน 6) โมดูลแปลงสัญญาณจาก RS485 ไปเป็นสัญญาณ TTL เพื่อสื่อสารระหว่างเซนเซอร์รุ่น

PZEM - 17 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ 7) รีเลย์ (Rely - 2) ขนาด 12VDC 30A เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ตัดต่อกระแสไฟฟ้าและช่วยป้องกันมอเตอร์ปั้มน้ำไม่ให้เกิดความเสียหาย ซึ่งรีเลย์ดังกล่าวจะถูกควบคุมด้วยรีเลย์ขนาด 5VDC (Relay - 1) 8) โมดูลบลูทูธ (Bluetooth) รุ่น HC-05 ใช้งานในการสื่อสารการรับส่งคำสั่งระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับสมาร์ทโฟนรุ่น HUAWEI ระบบปฏิบัติการแอนดรอย (Android) สำหรับแอปพลิเคชันที่ใช้งานในสมาร์ทโฟนคือ RemoteXY

2. วิธีติดตั้งการทดลองและขั้นตอนการทดลอง



ภาพที่ 3 แผนภาพขั้นตอนการทำงานของระบบ



2.1 วิธีติดตั้งการทดลองแสดงดังภาพที่ 2 ก) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ระบบปั้มน้ำโซลาร์เซลล์จะถูกสูบน้ำในแนวระนาบกับพื้นจากถังทดลองหนึ่ง (Tank1) ไปยังถังทดลองสอง (Tank2) ด้วยปั้มน้ำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.1.2 ในถังทดลองหนึ่งจะติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับน้ำเพื่อตรวจสอบว่ามีน้ำอยู่หรือไม่ ซึ่งในการทดลองจะติดตั้งเซนเซอร์ในตำแหน่งครึ่งถังทดลองหนึ่งที่อยู่ในระดับเดียวกันกับปลายสายยางสูบน้ำ หากน้ำลดลงต่ำกว่าตำแหน่งเซนเซอร์จะกำหนดว่าระบบเกิดความผิดปกติ

2.1.3 เมื่อระบบเกิดความผิดปกติระบบตรวจสอบความผิดปกติระหว่างการทำงานปั้มน้ำโซลาร์เซลล์จะเริ่มทำงาน โดยมีขั้นตอนการทำงานแสดงดังภาพที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่เป็นสมองกลของระบบและรับสัญญาณขาเข้า (Input) จากเซนเซอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า หากไม่มีน้ำเหลืออยู่และวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้อยู่ระหว่าง 1A ถึง 4A จะถือว่าปั้มน้ำไม่มีไหลและกำหนดว่าระบบเกิดความผิดปกติ ขณะเดียวกันก็ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายด้วยว่ามีค่าน้อยกว่า 10V หรือไม่หากค่าแรงดันมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดจะถือว่าระบบเกิดความผิดปกติซึ่งแสดงเงื่อนไขดังตารางที่ 1 จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลเพื่อตัดสินใจในการสั่งตัดวงจรการทำงานปั้มน้ำ

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

สำหรับการทดลองในงานวิจัยนี้จะใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 12V โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์และอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ให้เต็มเสียก่อนจึงนำมาใช้งาน ในส่วนของการทดลองได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณีดังนี้

2.2.1 การทดลองขณะที่ปั้มน้ำมีไหลและไม่ไหล ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงค่ากระแสและแรงดันของปั้มน้ำในขณะที่ไม่มีไหล (มอเตอร์ยังไม่ได้สูบน้ำ) และขณะมีไหล (มอเตอร์สูบน้ำ) จากนั้นทำการบันทึกผลค่ากระแสและแรงดันเพื่อนำข้อมูลมาพิจารณาหาค่ากำลังสูงสุด (P_{max}) ของปั้มน้ำที่การใช้งานในระดับแรงดันไฟฟ้า 12V แสดงดังสมการที่ (2) เมื่อ I_{sensor} , V_{sensor} คือค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากเซนเซอร์

$$P_{max} = I_{sensor} \times V_{sensor} \quad (2)$$

2.2.2 การทดลองการสั่งตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อระดับน้ำถึงค่าที่กำหนด ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบตรวจสอบความผิดปกติระหว่างการทำงานปั้มน้ำโซลาร์เซลล์ (η) ดังสมการที่ (3) โดยการให้มอเตอร์ปั้มน้ำสูบน้ำจากถังทดลองหนึ่งไปยังถังทดลองสอง จนกระทั่งระดับน้ำในถังทดลองหนึ่งลดต่ำกว่าระดับเซนเซอร์วัดระดับน้ำ จากนั้นทำการบันทึกผลค่ากระแสและแรงดันเพื่อนำข้อมูลมาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ปั้มน้ำ (P_{out})

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{max}} \times 100 \quad (3)$$

2.2.3 การทดลองการสั่งตัดวงจรไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟน ในหัวข้อนี้ได้ทดสอบการควบคุมการเปิดปิดการทำงานของปั้มน้ำโซลาร์เซลล์ผ่านสมาร์ตโฟนที่สื่อสารกันผ่านโมดูลบลูทูธไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อตัดหรือต่อวงจร จากนั้นทำการบันทึกผลค่ากระแสและแรงดันของปั้มน้ำ

ตารางที่ 1 เงื่อนไขสำหรับความผิดปกติของระบบมอเตอร์ปั้มน้ำไฟฟ้ากระแสตรง

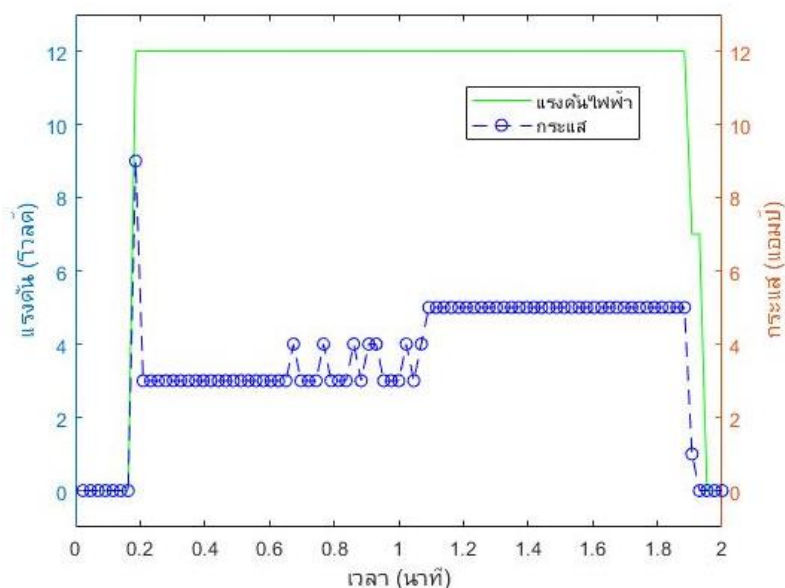
เซนเซอร์	ค่าที่กำหนด	สถานะ การตัดวงจร
เซนเซอร์วัดระดับน้ำ	Logic "0"	ตัดวงจร
เซนเซอร์วัดกระแสมอเตอร์	1 ถึง 4 Amp	ตัดวงจร
เซนเซอร์วัดแรงดันมอเตอร์	น้อยกว่า 10 Volte	ตัดวงจร

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

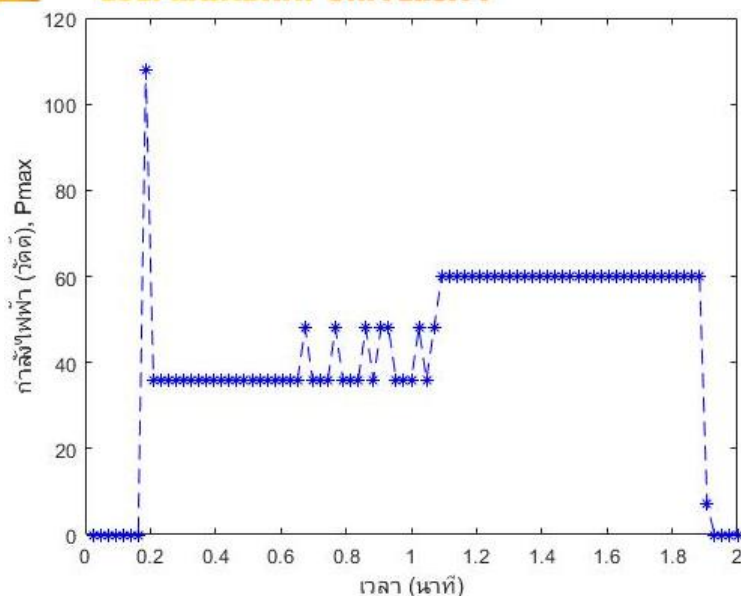
1. ผลการวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าขณะที่ปั้มน้ำมีไหลและไม่ไหล

เนื่องจากในการทดลองใช้แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 12V จึงต้องทดสอบเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของปั้มน้ำโซลาร์เซลล์จากภาพที่ 4 แสดงค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าของปั้มน้ำ นาที่ที่ 0 ถึง 0.16 มีค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าเป็นศูนย์เนื่องจากยังไม่เปิดการทำงานของปั้มน้ำ จากนั้นเริ่มเปิดการทำงานของปั้มน้ำทำให้เกิดสภาวะการดึงกระแสสูงชั่วครู่ 9A ที่เวลา 0.18 นาที่ ในเวลาเดียวกันจะเห็นได้ว่าค่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าเป็น 12 VDC และคงที่

ที่เวลา 0.2 ถึง 1.07 นาที่จะสังเกตว่าค่ากระแสไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ย 3.18A ซึ่งเป็นค่ากระแสขณะปั้มน้ำยังไม่มีน้ำ (โดยทั่วไปเมื่อเริ่มใช้งานปั้มน้ำจะใช้เวลาชั่วครู่ในการสูบน้ำเข้าหัวสูบ) เมื่อถึงนาที่ที่ 1.09 ถึง 1.88 จะเห็นว่าค่ากระแสจะสูงขึ้นนั่นคือ 5A แสดงว่าช่วงเวลานี้ปั้มน้ำเริ่มมีไหล (เริ่มสูบน้ำ) ซึ่งช่วงเวลานี้มอเตอร์ปั้มน้ำมีกำลังอยู่ที่ 60W แสดงดังภาพที่ 5



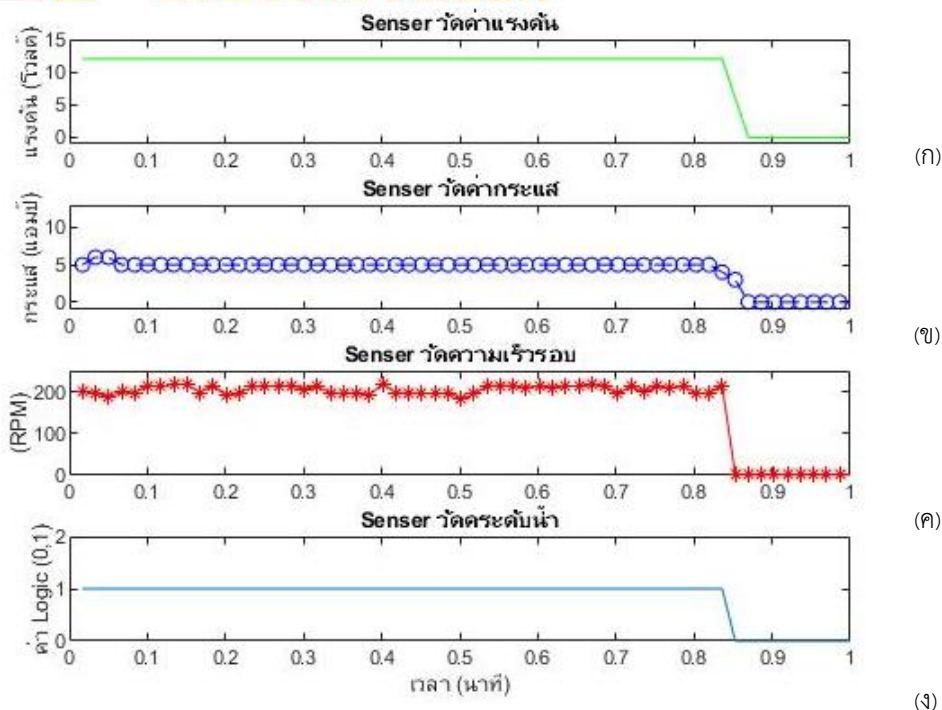
ภาพที่ 4 ค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าขณะที่ปั้มน้ำมีไหลและไม่ไหล



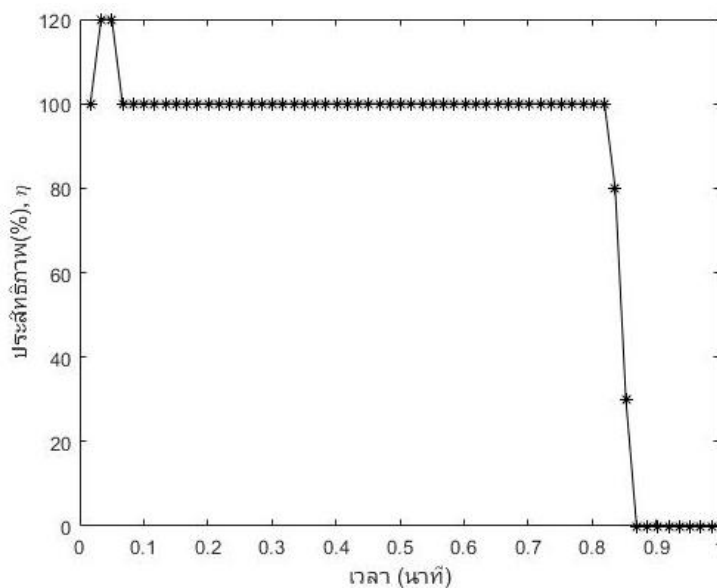
ภาพที่ 5 กำลังไฟฟ้าขณะที่ปั้มน้ำมีโหลดและไม่มีโหลด

2. ผลการสังเกตวงจรไฟฟ้าเมื่อระดับน้ำถึงค่าที่กำหนด

ปั้มน้ำทำการสูบน้ำจากถังทดลองหนึ่งไปยังถังทดลองสองในช่วงเวลา 0 ถึง 0.85 นาที่ที่มีค่าแรงดันโหลดจะมีค่าเฉลี่ย 12V ค่ากระแสโหลดอยู่ที่ 5.04A ค่าความเร็วรอบมอเตอร์เฉลี่ยอยู่ที่ 205 RPM และเซนเซอร์วัดระดับน้ำยังคงอยู่ส่งค่า 1 เนื่องจากระดับน้ำในถังทดลองหนึ่งมีค่าสูงกว่าตำแหน่งเซนเซอร์วัดระดับน้ำแสดงดังภาพที่ 6 หลังจากเวลา 0.85 นาที่ระดับน้ำเริ่มลดลงจนถึงตำแหน่งเซนเซอร์ทำให้เซนเซอร์ส่งค่า 0 ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้ระบบทำการตัดวงจรของปั้มน้ำ จึงทำให้ค่ากระแสแรงดัน ความเร็วรอบมอเตอร์มีค่าเป็นศูนย์ จะเห็นได้ว่าระบบทำงานได้เต็มประสิทธิภาพตามเงื่อนไขการตรวจสอบความผิดปกติระหว่างการทำงานปั้มน้ำโซลาร์เซลล์แสดงการหาค่าประสิทธิภาพดังภาพที่ 7



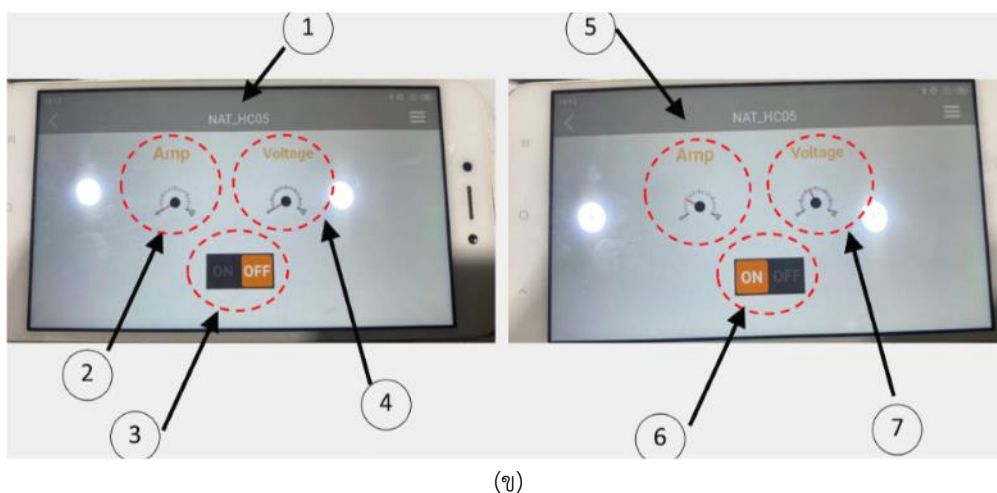
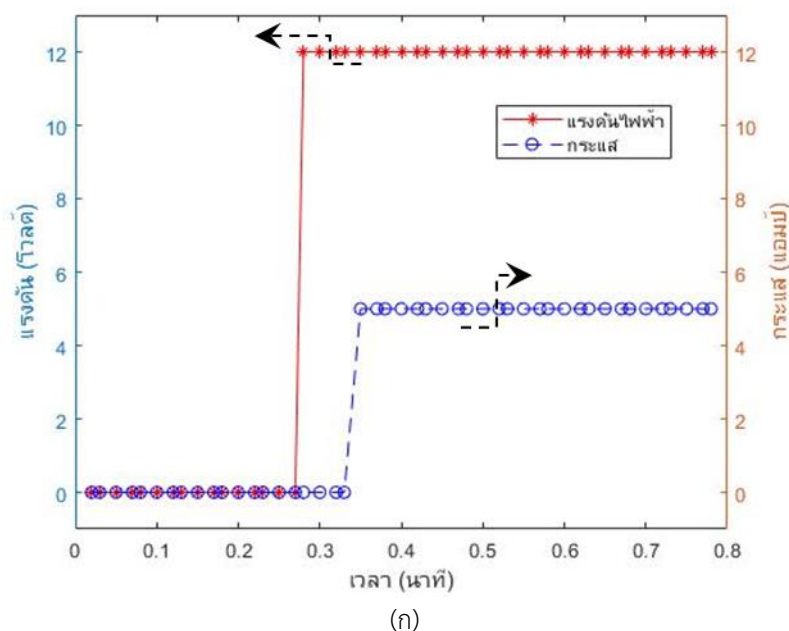
ภาพที่ 6 ค่ากระแสและแรงดันจากการตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าค่าที่กำหนด



ภาพที่ 7 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

3. ผลการสั่งตัดวงจรไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟน

ค่ากระแสและแรงดันของโหลดปั้มน้ำจะถูกส่งมาแสดงยังสมาร์ตโฟนดังภาพที่ 8 ข) นั่นคือเมื่อเปิดการสื่อสารโมดูลบลูทูธให้เชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับสมาร์ตโฟน ในชื่อ “NAT_HC05” ดังหมายเลข 1 และจะสังเกตได้ว่าบนหน้าจอสมาร์ตโฟนมีปุ่มเปิดและปิดการทำงานปั้มน้ำนั่นคือสวิตซ์ “ON-OFF” (หมายเลข 3) ซึ่งอยู่ในสถานะปิดการใช้งานของปั้มน้ำ ทำให้ค่ากระแสและแรงดันมีค่าเป็นศูนย์ดังหมายเลข 2 และ 4 หรือสังเกตได้จากภาพที่ 8 ก) ที่เวลา 0 ถึง 0.28 นาที่ จากนั้นทำการเปิดการใช้งานของปั้มน้ำโดยการกดปุ่มสวิตซ์ไปที่ “ON” ทำให้มีค่ากระแสและแรงดันปรากฏขึ้นบนหน้าจอสมาร์ตโฟนดังหมายเลข 5 และหมายเลข 7 หรือสังเกตได้จากภาพที่ 8 ก) นาที่ที่ 0.35 เป็นต้นไป



ภาพที่ 8 การสั่งตัดวงจรไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟน

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบความผิดปกติระหว่างการทำงานของปั้มน้ำโซลาร์เซลล์ขนาด 24V 350W โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 350W ร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่เพื่อประจุแบตเตอรี่ 12V และใช้แบตเตอรี่ดังกล่าวเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับปั้มน้ำโซลาร์เซลล์ สำหรับขั้นตอนการทดลองระบบปั้มน้ำโซลาร์เซลล์จะสูบน้ำจากถังทดลองหนึ่งไปยังถังทดลองสอง ซึ่งในถังทดลองหนึ่งจะติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับน้ำ ระบบตรวจสอบความผิดปกติระหว่างการทำงานของปั้มน้ำโซลาร์เซลล์จะเริ่มทำงานเมื่อไม่มีน้ำเหลืออยู่และวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้อยู่ระหว่าง 1A ถึง 4A หรือตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายว่ามีค่าน้อยกว่า 10V ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 3 กรณีได้แก่ 1) ผลการวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าขณะที่ปั้มน้ำมีไหลและไม่ไหล ค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 3.18A แสดงว่าปั้มน้ำยังไม่มีน้ำเนื่องจากปั้มน้ำจะใช้เวลาชั่วคราวในการสูบน้ำเข้าหัวสูบ ค่ากระแส 5A แสดงว่าช่วงเวลานี้ปั้มน้ำเริ่มสูบน้ำและมอเตอร์ปั้มน้ำมีกำลังอยู่ที่ 60W 2) ผลการสังเกตวงจรไฟฟ้าเมื่อระดับน้ำถึงค่าที่กำหนดในขณะที่ปั้มน้ำทำการสูบน้ำจะมีค่าแรงดันเฉลี่ย 12V ค่ากระแสไหลอยู่ที่ 5.04A ค่าความเร็วรอบมอเตอร์เฉลี่ยอยู่ที่ 205 RPM และเซนเซอร์วัดระดับน้ำจะส่งค่า 1 เมื่อระดับน้ำเริ่มลดลงต่ำกว่าตำแหน่งเซนเซอร์จะทำให้เซนเซอร์วัดระดับน้ำส่งค่า 0 ระบบจะทำการตัดวงจรของปั้มน้ำซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขการตรวจสอบความผิดปกติระหว่างการทำงานของปั้มน้ำโซลาร์เซลล์ 3) ผลการสังเกตวงจรไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟน แสดงให้เห็นว่าสามารถควบคุมการทำงานของปั้มน้ำผ่านสมาร์ตโฟนได้อย่างถูกต้อง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือทำงานวิจัยด้วยดีเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2566). **คู่มือการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ เพื่อถ่ายทอดและเผยแพร่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์**. ค้นจาก <https://webkc.dede.go.th/testmax/node/4535>.
- ปิณฑิตต์ ตรีวงศ์, ชาญวิทย์ ตั้งสิริวรกุล, จิรศักดิ์ ส่งบุญแก้ว, และเฉลิมชาติ มานพ. (2562). ระบบการเฝ้าตรวจสอบภาวะมอเตอร์ไฟฟ้าระยะไกลที่มีต้นทุนต่ำโดยใช้อาร์ดูโน. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 29(4), 585-596. doi: 10.14416/j.kmutnb.2019.10.004
- สนธยา เกษสมบัติ, อัสนี อำนวย, และศักดิ์ทนต์ วงศ์เจริญ. (2566). การวิเคราะห์รูปแบบระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 8(1), 97-111. doi: <https://doi.org/10.14456/journalindus.2023.8>
- Ahmed, Q. I., Attar, H., Amer, A., Deif, M. A., and Solyman, A. A. (2023). Development of a Hybrid Support Vector Machine with Grey Wolf Optimization Algorithm for Detection of the Solar Power Plants Anomalies. *Systems*, 11(5), 237. doi: <https://doi.org/10.3390/systems11050237>

- De Benedetti, M., Leonardi, F., Messina, F., Santoro, C., and Vasilakos, A. (2018). Anomaly detection and predictive maintenance for photovoltaic systems. **Neurocomputing**, 310, 59-68.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.05.017>
- Dupont, I. M., Carvalho, P. C., Jucá, S. C., and Neto, J. S. (2019). Novel methodology for detecting non-ideal operating conditions for grid-connected photovoltaic plants using Internet of Things architecture. **Energy Conversion and Management**, 200, 112078. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112078>
- Et-taleby, A., Boussetta, M., and Benslimane, M. (2020). Faults detection for photovoltaic field based on k-means, elbow, and average silhouette techniques through the segmentation of a thermal image. **International Journal of Photoenergy**, 2020, 1-7. doi: <https://doi.org/10.1155/2020/6617597>
- Harrou, F., Saidi, A., Sun, Y., and Khadraoui, S. (2021). Monitoring of photovoltaic systems using improved kernel-based learning schemes. **IEEE Journal of Photovoltaics**, 11(3), 806-818.
doi: 10.1109/JPHOTOV.2021.3057169
- Loureiro, D., Amado, C., Martins, A., Vitorino, D., Mamade, A., and Coelho, S. T. (2016). Water distribution systems flow monitoring and anomalous event detection: A practical approach. **Urban Water Journal**, 13(3), 242-252. doi: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.988733>
- Taghezouit, B., Harrou, F., Sun, Y., Arab, A. H., and Larbes, C. (2020). Multivariate statistical monitoring of photovoltaic plant operation. **Energy Conversion and Management**, 205, 112-317.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112317>
- Vieira, R. G., Dhinish, M., De Araújo, F. M., and Guerra, M. I. (2020). PV module fault detection using combined artificial neural network and sugeno fuzzy logic. **Electronics**, 9(12), 21-50.
doi: <https://doi.org/10.3390/electronics9122150>