

การออกแบบระบบโซล่าเซลล์อัตโนมัติผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง Design of an Automatic Solar Panel System via Internet of Things (IoT)

อริศม นิยมไทย¹ วชิรบดี วรรณไพบลย์¹ ศุภวัฒน์ คชประดิษฐ์^{1*} และ ธนเสฏฐ์ ทศศิริพัฒน์¹

¹สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

athicom9@gmail.com b6402129@g.sut.ac.th *supawat@sut.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมแผงโซล่าเซลล์อัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ PLC ควบคุมการทำงานของ Servo motor และ Stepper motor สำหรับปรับองศาและทิศทางของแผงให้เหมาะสมกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ระบบสามารถทำงานได้ทั้งในโหมดอัตโนมัติ โดยดึงข้อมูลพิกัดจากไฟล์ล่วงหน้า และโหมดควบคุมด้วยมือผ่านอินเทอร์เน็ตเฟกกราฟิกที่พัฒนาด้วย Python โดยมีการส่งข้อมูลแบบ ASCII ผ่านการสื่อสาร RS-232 ไปยัง PLC ทุก 1 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังมีการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ผ่านวงจร ADC0820 และส่งข้อมูลกลับมายัง Python เพื่อนำไปแสดงผลแบบเรียลไทม์บน Dashboard ของ Node-RED ผ่านโปรโตคอล MQTT จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถควบคุมทิศทางและติดตามประสิทธิภาพการผลิตพลังงานได้ และสะดวกต่อการตรวจสอบผ่านเทคโนโลยี IoT

คำสำคัญ: โซล่าเซลล์, ระบบควบคุมอัตโนมัติ, PLC, IoT, RS-232

Abstract

This project presents the design and development of an automatic solar panel control system to enhance solar energy harvesting efficiency. A Programmable Logic Controller (PLC) controls the operation of servo and stepper motors to adjust the panel's angle and direction according to the sun's position. The system can operate in automatic mode, retrieving coordinate data from a predefined file, or in manual mode through a graphical interface developed in Python. ASCII-formatted data are transmitted to the PLC via RS-232 every hour. In addition, the voltage generated by the solar panel is measured using an ADC0820 circuit and sent back to Python for real-time display on a Node-RED dashboard via the MQTT protocol. Test results show that the system can effectively control panel orientation and monitor energy production performance, providing convenient inspection through IoT technology.

Keywords: Solar Cell, Automatic Control System, PLC, IoT, RS-232

1. บทนำ

ในปัจจุบัน การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ และสามารถทดแทนการใช้พลังงานฟอสซิลที่ลดน้อยลงได้อย่างไร้ที่ติตาม ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ยังขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยเฉพาะทิศทางและมุมรับแสงที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดวัน หากไม่สามารถปรับแผงให้หันรับแสงได้เหมาะสม จะส่งผลให้พลังงานที่ผลิตได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Solar Tracking System) ในหลายแนวทาง โดยงานวิจัยจำนวนมากรายงานว่าสามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าระบบแผงคงที่ 20–40% [1–10] วิธีที่ใช้เซนเซอร์ตรวจวัดแสง เช่น LDR [1,4,5] มีข้อดีคือสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงจริงได้แบบเรียลไทม์ แต่ก็มีข้อจำกัด เช่น ความไวต่อสภาพอากาศ เมฆ ฝุ่น หรือควัน ซึ่งอาจทำให้การวัดคลาดเคลื่อน รวมถึงการเสื่อมสภาพของเซนเซอร์เมื่อใช้งานกลางแจ้งนาน ๆ และความจำเป็นในการสอบเทียบ (calibration) เพื่อรักษาความแม่นยำ ในขณะที่วิธีคำนวณพิกัดดวงอาทิตย์ (astronomical equations) [6,8] สามารถกำหนดทิศทางการหมุนได้อย่างถูกต้องต่อเนื่อง โดยไม่ขึ้นกับการบดบังของแสง งานวิจัย [7,9,10] จึงชี้ว่าทั้งสองแนวทางมีศักยภาพ แต่เหมาะสมกับเงื่อนไขการใช้งานที่ต่างกัน เช่น ความสะดวก ความแม่นยำ และต้นทุน นอกจากนี้ งานที่ใช้ PLC [2,3,8] ยังแสดงให้เห็นถึงความทนทาน เสถียรภาพ และความเหมาะสมในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ควบคุมอื่น ๆ ได้สะดวก และรองรับการบูรณาการกับระบบเฝ้าติดตาม เช่น SCADA และ IoT ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเอื้อต่อการพัฒนาไปสู่การจัดการพลังงานอัจฉริยะที่เน้นประสิทธิภาพและความยั่งยืนในอนาคต

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบที่ผสาน PLC เพื่อความเสถียร เข้ากับการคำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์ด้วย Python และการแสดงผลผ่าน Node-RED (MQTT) เพื่อควบคุมได้แบบเรียลไทม์ แนวทางนี้ช่วยให้การปรับทิศทางแผงมีความ แม่นยำ ไม่ถูกรบกวนจากสภาพอากาศ ขณะเดียวกันก็ ใช้งานง่าย ผ่าน IoT และสามารถต่อยอดสู่ Smart Energy System ที่ทั้งมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก

กระบวนการเริ่มต้นเมื่อโฟตอนจากแสงอาทิตย์ตกกระทบบนพื้นผิวของโซลาร์เซลล์ ซึ่งทำจากสารกึ่งตัวนำ (เช่น ซิลิคอน) โฟตอนที่มิพลังงานเพียงพอจะถ่ายเทพลังงานให้อิเล็กตรอนในโครงสร้างอะตอม ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากตำแหน่งเดิมและกลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระที่เคลื่อนที่ได้ ภายในเซลล์แสงอาทิตย์มีโครงสร้าง p-n junction ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างสารกึ่งตัวนำชนิด p-type และ n-type บริเวณรอยต่อนี้มีสนามไฟฟ้าภายในที่ทำหน้าที่แยกอิเล็กตรอนอิสระออกจากโฮล (ช่องว่างของอิเล็กตรอน) อิเล็กตรอนจะถูกดึงไปที่ฝั่ง N และโฮลไปที่ฝั่ง P การแยกประจุนี้ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้า (แรงดันไฟฟ้า) เมื่อเชื่อมต่อเซลล์เข้ากับวงจรภายนอก อิเล็กตรอนที่ถูกแยกออกมากจะไหลผ่านวงจรภายนอกทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานไฟฟ้าที่เราสามารถนำไปใช้งานได้จริง [23] สมการที่ (1) เป็นสมการพื้นฐานที่ใช้ในการประมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงให้เห็นว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะแปรผันตรงกับพื้นที่แผง ค่าความเข้มแสง และประสิทธิภาพของแผง

กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้แปรผันตรงกับความเข้มแสง

$$P = \eta \cdot A \cdot E \quad (1)$$

โดยที่

P = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (วัตต์, W)

η = ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ (ประมาณ 15–22% ขึ้นอยู่กับชนิด)

A = พื้นที่หน้าตัดของแผงโซลาร์เซลล์ (ตร.เมตร)

E = ค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ (Irradiance) ที่ตกกระทบบนแผง (หน่วย: W/m²)

2.2 Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) หรือ “โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์” คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมเครื่องจักรและกระบวนการแบบอัตโนมัติ โดยสามารถกำหนดลำดับการทำงานผ่านโปรแกรมที่ผู้ใช้สร้างขึ้น ทำหน้าที่เสมือนสมองของระบบควบคุมอุตสาหกรรม PLC มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาโรงงานสู่ระบบ Industry 4.0 ด้วยคุณสมบัติในการควบคุมที่แม่นยำ เสถียร รองรับ IoT และสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หลากหลายประเภท [11-13] ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ PLC รุ่น KV-16AT และ KV-40DT

KV-16AT เป็น Transistor PLC จากบริษัท KEYENCE ใช้ไฟเลี้ยงแบบ AC มีอินพุต/เอาต์พุตรวม 16 ช่อง ขาอินพุต 000–007 รองรับแรงดัน 24V และ 5V ส่วนขา 008–009 รองรับเฉพาะ 24V ด้านเอาต์พุต

(500–505) รองรับทั้ง Sink และ Source โดยเฉพาะขา 502 มีตัวต้านทานภายใน 1.6 k Ω เพื่อลดกระแสหรือใช้ควบคุมโหลด

KV-40DT เป็น Transistor PLC ใช้ไฟเลี้ยง DC รองรับรวม 40 ช่อง ขาอินพุต 000–007 รองรับแรงดัน 24V และ 5V ส่วนขา 008–107 รองรับเฉพาะ 24V สำหรับเอาต์พุต (500–515) รองรับทั้ง Sink และ Source เช่นกัน โดยบางขา เช่น 500–502 มีตัวต้านทาน 1.6 k Ω ภายใน เช่นเดียวกับรุ่น KV-16AT

2.3 Analog to Digital Converter (ADC0820)

Analog to Digital Converter (ADC) คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อให้ระบบดิจิทัล เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือ PLC สามารถประมวลผลข้อมูลได้ [14]

ADC0820 เป็น ADC แบบ 8 บิต ซึ่งสามารถแปลงค่าสัญญาณได้ 256 ระดับ (0–255) ตามช่วงแรงดันอ้างอิง เช่น หากแรงดันอ้างอิงอยู่ที่ 0–5V ค่าความต่างศักย์อินพุตที่ 2.5V จะถูกแปลงเป็นค่าดิจิทัลประมาณ 128 [14]

อุปกรณ์นี้ใช้เทคนิคการแปลงแบบ Flash Conversion ซึ่งเป็นวิธีที่เร็วที่สุดในบรรดา ADC โดยใช้คอมพารेเตอร์จำนวนมาก (เช่น 255 ตัวสำหรับ 8 บิต) เพื่อเปรียบเทียบแรงดันอินพุตกับแรงดันอ้างอิงทั้งหมดพร้อมกัน ทำให้สามารถแปลงสัญญาณได้อย่างรวดเร็วภายในหนึ่งรอบการทำงาน เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความเร็วสูง [14]

2.4 การสื่อสารแบบอนุกรมมาตรฐาน RS-232

RS-232 เป็นมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบอิเล็กทรอนิกส์และระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยรองรับการสื่อสารในรูปแบบ Full Duplex ซึ่งหมายถึงสามารถส่งและรับข้อมูลได้ในเวลาเดียวกันโดยไม่รบกวนกัน การสื่อสารผ่าน RS-232 จะใช้สายสัญญาณหลักทั้งหมด 3 เส้น ได้แก่ [15]:

Tx (Transmit Data) – สายสำหรับส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังอุปกรณ์ปลายทาง ทำหน้าที่เฉพาะการส่งเท่านั้น

Rx (Receive Data) – สายสำหรับรับข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นทาง ทำหน้าที่เฉพาะการรับเท่านั้น

GND (Signal Ground) – สายกราวด์ ทำหน้าที่เป็นแรงดันอ้างอิง (0V) ระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง เพื่อให้ถ่ายโอนข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

2.5 การสื่อสารด้วยโปรโตคอล MQTT

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) เป็นโปรโตคอลสำหรับการสื่อสารข้อมูลที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับระบบ Internet of Things (IoT) โดยมีจุดเด่นที่ความเบา (lightweight) และการใช้ทรัพยากรต่ำ เหมาะกับอุปกรณ์ที่มีข้อจำกัดด้านพลังงานและแบนด์วิดท์ MQTT ทำงานภายใต้สถาปัตยกรรมแบบ Broker and Clients Network โดยมีองค์ประกอบหลักดังนี้ [16]:

Broker: ทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์กลางที่รับและแจกจ่ายข้อความระหว่างอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ อุปกรณ์ทุกตัวต้องเชื่อมต่อกับ Broker เพื่อส่งหรือรับข้อมูล

Publisher: เป็นอุปกรณ์ที่สร้างและส่งข้อมูลไปยัง Broker ข้อมูลจะถูกส่งไปในรูปแบบของ "Topic" ที่กำหนด เช่น "sensor/temperature" หรือ "smartHome/light"

Subscriber: เป็นอุปกรณ์ที่สมัครรับข้อมูลจาก Topic ที่สนใจ ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ที่ต้องการรับข้อมูลอุณหภูมิ อาจสมัครรับข้อมูลจาก "sensor/temperature"

Topic: เป็น "หัวข้อ" หรือ "ช่องทางสื่อสาร" สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง Publisher และ Subscriber โดยเป็นโครงสร้างที่สามารถจัดหมวดหมู่ข้อมูลได้ เช่น /sensor/temp หรือ /device/status

2.6 การคำนวณทิศทางและตำแหน่งของดวงอาทิตย์

มุมเงย (Solar Elevation Angle, α) มุมเงยคือมุมระหว่างตำแหน่งของดวงอาทิตย์กับขอบฟ้าในแนวตั้ง ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก:

$$\alpha = \sin^{-1}(\sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \gamma) \quad (2)$$

โดยที่

δ = มุมเอียงเบนของดวงอาทิตย์ (Solar Declination)

φ = ละติจูดของพื้นที่ (Latitude)

$\gamma = 15 \times (\text{hour} - 12)$ = มุมชั่วโมง (Hour Angle) โดย hour คือ เวลาท้องถิ่น (เช่น 13.00 น. = 13)

มุมทิศ (Solar Azimuth Angle, β) มุมทิศคือมุมในแนวราบระหว่างทิศเหนือและแนวที่ทอดไปยังดวงอาทิตย์ คำนวณได้ดังนี้:

$$\beta = \cos^{-1} \left(\frac{\sin \delta \cdot \cos \varphi - \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \gamma}{\cos \alpha} \right) ; \gamma < 0^\circ \quad (3)$$

$$\beta = 360^\circ - \cos^{-1} \left(\frac{\sin \delta \cdot \cos \varphi - \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \gamma}{\cos \alpha} \right) ; \gamma \geq 0^\circ \quad (4)$$

มุมเอียงเบนของดวงอาทิตย์ (Solar Declination Angle, δ) มุมนี้บอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์เหนือหรือใต้เส้นศูนย์สูตรโลกในแต่ละวันของปี คำนวณได้จาก [18] :

$$\delta = 23.45 \cdot \sin \left(\frac{2\pi}{365} \cdot (d - 81) \right) \quad (5)$$

โดยที่ d คือ ลำดับวันที่ในปี (นับจากวันที่ 1 มกราคม) และ 81 คือ ค่าคงที่ซึ่งแทนตำแหน่งของวันวสันตวิษุวัต (ประมาณ 21 มีนาคม)

ค่าละติจูด (Latitude, φ) สำหรับพื้นที่ศึกษาคือจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีค่าละติจูดประมาณ 14.98°N ค่านี้จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณมุมเงยและมุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์ตามสมการ (2)–(5) ที่กล่าวมาก่อนหน้านี้[17]

3. ระบบการทำงาน

ระบบควบคุมโซลาร์เซลล์อัตโนมัติและแสดงผลผ่านระบบ IoT ที่พัฒนาขึ้นนี้ถูกออกแบบมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้สูงสุด โดยการทำให้แผงโซลาร์เซลล์สามารถปรับทิศทางได้ตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันอย่างแม่นยำ อาศัยการผสานเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ากับระบบควบคุมแบบอุตสาหกรรมผ่านโปรแกรม Python และอุปกรณ์ Programmable Logic Controller (PLC) โดยทั้งระบบประกอบด้วยการทำงาน 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ระบบควบคุมอัตโนมัติ ระบบควบคุมด้วยมือ และระบบปรับค่าเพื่อแสดงผล ซึ่งทุกส่วนเชื่อมโยงเข้าด้วยกันผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม RS-232 ตามรูปที่ 3.1

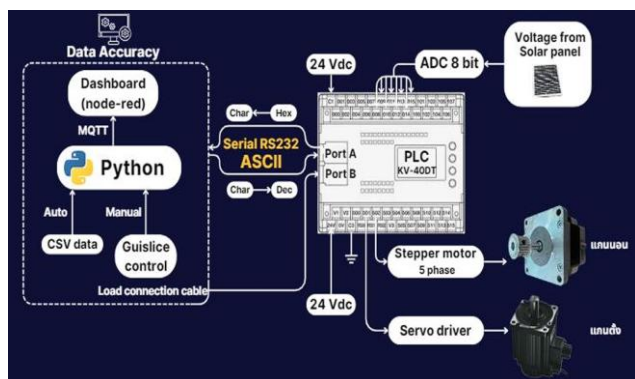
ในโหมดการทำงานอัตโนมัติ โปรแกรม Python จะทำหน้าที่อ่านข้อมูลวัน เวลา และพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ จากนั้นจะคำนวณค่ามุมเงย (Elevation Angle) และมุมอะซิมุท (Azimuth Angle) ของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลานั้น ๆ โดยอาศัยสมการเชิงดาราศาสตร์ที่เตรียมไว้ล่วงหน้า เมื่อได้ผลลัพธ์ โปรแกรมจะทำการแปลงค่าที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบรหัส ASCII แล้วส่งผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 ไปยัง PLC ทุก 1 ชั่วโมง ซึ่ง PLC จะทำหน้าที่รับค่ามุมดังกล่าวแล้วสั่งงาน Servo Motor และ Stepper Motor ให้หมุนแผงโซลาร์เซลล์ไปยังตำแหน่งที่กำหนดโดยอัตโนมัติ เพื่อให้แผงหันรับแสงได้ตรงกับทิศทางของดวงอาทิตย์มากที่สุด ช่วยเพิ่มการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากโหมดอัตโนมัติแล้ว ระบบยังมีโหมดควบคุมด้วยมือที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถสั่งงานมอเตอร์ด้วยตนเองได้ผ่านอินเทอร์เฟซกราฟิก (GUI) ที่พัฒนาด้วย Python ร่วมกับ Qt Designer โดยผู้ใช้สามารถคลิกปุ่มต่าง ๆ บนหน้าจอ เช่น "หมุนซ้าย" หรือ "หมุนขวา" เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในเวลาจริงได้ทันที เมื่อตรวจจบการคลิกของผู้ใช้ โปรแกรม Python จะส่งคำสั่งควบคุมในรูปแบบ ASCII ผ่าน RS-232 ไปยัง PLC ซึ่งจะดำเนินการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ตามคำสั่งนั้นทันที โหมดนี้เหมาะสำหรับการปรับตั้งค่าเริ่มต้น ตรวจสอบระบบ หรือควบคุมในกรณีเฉพาะที่ไม่ต้องการการทำงานอัตโนมัติ

นอกจากนี้ ระบบยังสามารถตรวจวัดและแสดงผลข้อมูลจากแผงโซลาร์เซลล์ในลักษณะเรียลไทม์ โดยใช้วงจรแปลงสัญญาณ ADC0820 เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้าแบบอนาล็อกที่ผลิตจากแผงให้เป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 8 บิต ซึ่งสามารถรับเข้าสู่ PLC ได้โดยตรง จากนั้น PLC จะแปลงค่าดิจิทัลเหล่านี้เป็นรหัส ASCII แล้วส่งกลับมายัง Python เพื่อประมวลผลต่อ โปรแกรม Python จะแปลงข้อมูลที่ได้อีกให้อยู่ในรูปแบบ JSON แล้วส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอล MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) ไปยัง Node-RED เพื่อแสดงผลผ่าน Dashboard ซึ่งผู้ใช้งานสามารถดูกราฟแรงดันไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงของพลังงานที่ผลิตได้ หรือ

สถานะของระบบ เช่น มุมที่แผงหันอยู่ในขณะนั้น ได้ผ่านเบราว์เซอร์จากอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเครือข่าย

การทำงานร่วมกันระหว่างระบบควบคุมแบบเดิม (PLC) กับเทคโนโลยีใหม่ (Python, MQTT, Node-RED) ทำให้ระบบนี้มีความยืดหยุ่นและทันสมัย รองรับทั้งการทำงานอัตโนมัติและการควบคุมด้วยมือ รวมถึงสามารถตรวจสอบและวิเคราะห์การผลิตพลังงานได้แบบเรียลไทม์ผ่านอินเทอร์เน็ต จึงเหมาะสำหรับการใช้งานในยุคที่เทคโนโลยี IoT เข้ามามีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการพลังงานอย่างยั่งยืน



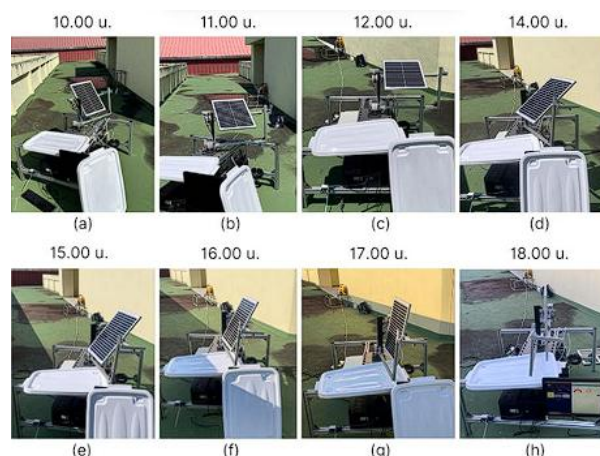
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของทั้งระบบ

4. ผลการทดสอบ

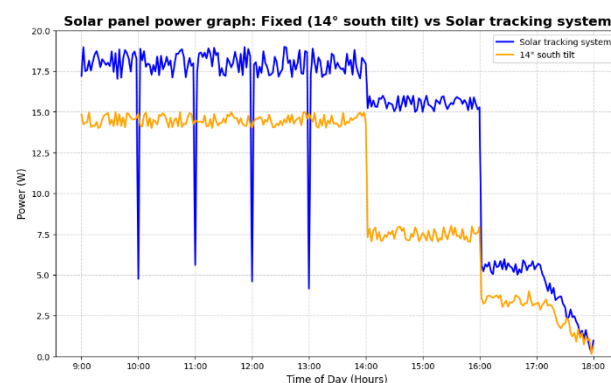
จากผลการทดลองพบว่า ระบบโซล่าเซลล์อัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตรงตามเป้าหมายที่ออกแบบไว้ โดยสามารถปรับทิศทางของแผงโซล่าเซลล์ขนาด 20 วัตต์ ให้หันเข้าหาดวงอาทิตย์ทุก ๆ 1 ชั่วโมงอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยข้อมูลตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่คำนวณล่วงหน้าด้วยโปรแกรม Python ซึ่งคำนวณมุมทิศทางของดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาอย่างแม่นยำ ข้อมูลที่ได้จะถูกส่งไปยัง PLC ผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 เพื่อควบคุมการทำงานของ Servo Motor ให้หมุนแผงตามพิกัดโดยอัตโนมัติ พร้อมทั้ง Dashboard ที่เชื่อมต่อกับโปรโตคอล MQTT สำหรับแสดงค่าที่วัดได้จากระบบ เช่น แรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้าแบบเรียลไทม์ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามสถานะของระบบและการผลิตพลังงานได้สะดวก โดยระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องในสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีการเปลี่ยนแปลงของแสงตลอดวัน

ในการประเมินประสิทธิภาพ ได้มีการเปรียบเทียบกับแผงโซล่าเซลล์แบบคงที่ที่ติดตั้งโดยหันไปทางทิศใต้เอียง 14 องศา และระบบอัตโนมัติซึ่งระบบอัตโนมัติให้กำลังไฟฟ้าสูงกว่าตลอดช่วงเวลาทดลอง โดยเฉพาะช่วงแสงแดดจัด ซึ่งผลิตได้ 17-19 วัตต์ ขณะที่ระบบคงที่ผลิตได้เพียง 14-15 วัตต์ ดังรูปที่ 4.2 และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยตลอดวัน ระบบอัตโนมัติผลิตได้เฉลี่ย 12.8 วัตต์ ส่วนระบบคงที่เฉลี่ยเพียง 9.33 วัตต์ หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 37.2% แสดงให้เห็นว่าการปรับตำแหน่งของแผงให้เหมาะสมกับดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาจะมีผลต่อปริมาณพลังงานที่ผลิตได้อย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตาม ในระหว่างการทดสอบพบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าของระบบอัตโนมัติจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงที่มีการหมุนแผงทุก ๆ 1 ชั่วโมง ซึ่งเป็นผลจาก Servo Motor ที่ไม่สามารถใช้งานร่วมกับ Encoder เพื่อวัดตำแหน่งเชิงมุมจริงได้ จึงต้องใช้วิธีการนับรอบการหมุนแทน ส่งผลให้ระหว่างที่แผงหมุน แผงจะไม่ได้รับแสงอาทิตย์เต็มที่ ทำให้พลังงานที่ผลิตลดลงในช่วง ตลอดวัน ซึ่งสามารถสังเกตได้ชัดในกราฟแสดงผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 ภาพการทดสอบการทำงานของระบบ



รูปที่ 4.2 กราฟการเปรียบเทียบการผลิตกำลังไฟฟ้าของระบบโซล่าเซลล์อัตโนมัติกับโซล่าเซลล์หันทิศใต้ 14°

5. สรุป

ระบบโซล่าเซลล์อัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ สามารถปรับทิศทางของแผงโซล่าเซลล์ขนาด 20 วัตต์ ให้หันเข้าหาดวงอาทิตย์อัตโนมัติทุก ๆ 1 ชั่วโมง โดยใช้ข้อมูลตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่คำนวณด้วยโปรแกรม Python และควบคุมการหมุนของแผงผ่าน PLC ที่เชื่อมต่อแบบ RS-232 พร้อมทั้งแสดงผลและควบคุมระบบแบบเรียลไทม์ผ่าน Dashboard ที่เชื่อมต่อกับ MQTT

จากการทดลองพบว่า ระบบอัตโนมัติสามารถผลิตพลังงานได้เฉลี่ยมากกว่าระบบแบบคงที่ถึง 37.2% โดยในช่วงที่มีแสงแดดจัด แผงแบบ

ติดตามดวงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานได้สูงถึง 19 วัตต์ ในขณะที่แบบคงที่ผลิตได้ไม่เกิน 15 วัตต์ แสดงให้เห็นถึงความสามารถของระบบในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ตาม ยังพบจุดอ่อนในช่วงเวลาที่แสงหมุนทุก ๆ 1 ชั่วโมง ซึ่งเกิดกำลังไฟฟ้าตกชั่วขณะจากการที่ Servo Motor ไม่มี Encoder วัดตำแหน่งจริง ทำให้สูญเสียพลังงานบางช่วงระหว่างการปรับทิศทาง แนะนำให้มีการปรับปรุงในอนาคตเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งผู้จัดทำขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้เป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

- [1] B. Karthik Sri Vastav, S. Nema, et al., "Automatic Solar Tracking System using DELTA PLC," International Conference on Electrical Engineering, 2017. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/316906193>
- [2] "PLC Based Solar Tracking Panel Assembly," International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), vol. 18, no. 5, pp. 247–251, 2014. [Online]. Available: <https://ijettjournal.org/assets/volume-18/number-5/IJETT-V18P247.pdf>
- [3] R. S. Pathan et al., "Active Solar Tracking System Using PLC and SCADA," International Journal of Recent Engineering Research and Development, vol. 8, no. 8, pp. 23–28, 2023. [Online]. Available: https://www.technoarete.org/common_abstract/pdf/IJERE-EE/v8/i8/Ext_01572.pdf
- [4] H. Shang and W. Shen, "Design and Implementation of a Dual-Axis Solar Tracking System," Energies, vol. 16, no. 17, p. 6330, 2023.
- [5] J. M. Wang, C. Y. Lu, and C. H. Lin, "Design and Implementation of a Sun Tracker with a Dual-Axis Solar Tracking PV System," Sensors, vol. 13, no. 3, pp. 3157–3168, 2013.
- [6] P. Sadeghi, A. Shadman, et al., "A Review and Comparative Analysis of Solar Tracking Systems," Energies, vol. 18, no. 10, p. 2553, 2025.
- [7] Amelia, H. Mulyana, and A. Susanto, "Technologies of Solar Tracking Systems: A Review," IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, vol. 830, p. 022042, 2019.
- [8] C. Gezezin, "PLC Controlled Dual-Axis Solar Tracking System Using Astronomical Equations," Journal of Engineering Research and Applied Science, vol. 11, no. 2, pp. 1451–1456, 2022.
- [9] N. Kuttybay, "Assessment of Solar Tracking Systems," Renewable Energy Focus, vol. 44, pp. 33–45, 2024.
- [10] P. Patel and R. Sharma, "Review on Solar Tracker and Comparison on Single Axis vs Dual Axis Trackers," International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering (IJREEICE), vol. 9, no. 6, pp. 12–18, 2021.
- [11] Keyence Corporation, "User's Manual: Visual KV Series – Installation", Osaka, Japan: Keyence Corp., 2012.
- [12] Keyence Corporation, "User's Manual: Visual KV Series – Support Software", Osaka, Japan: Keyence Corp., 2012.
- [13] Keyence Corporation, "User's Manual: Visual KV Series – Programming", Osaka, Japan: Keyence Corp., 2012.
- [14] Analog Devices, "ADC0820 Datasheet and Product Info," n.d. [Online]. Available: <https://www.analog.com/en/products/adc0820.html>.
- [15] Omi.co.th, "RS232," n.d. [Online]. Available: <https://www.omi.co.th/th/article/rs232>.
- [16] Thospaak.com, "What is MQTT Protocol?," n.d. [Online]. Available: https://thospaak.com/what-is-mqtt-protocol/#google_vignette.
- [17] Nakhon Ratchasima Provincial Office, "ข้อมูลทั่วไปจังหวัดนครราชสีมา," [Online]. Available: <https://www2.nakhonratchasima.go.th/content/general>
- [18] PV Education, "Declination Angle," [Online]. Available: <https://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/declination-angle>

ประวัติผู้เขียนบทความ



นายอิชิม นียมไทย

การศึกษา/คุณวุฒิ

วศ.บ. (วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์) มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีสุรนารี, 2568

นักศึกษาระดับปริญญาโท (วิศวกรรมไฟฟ้าและ

อิเล็กทรอนิกส์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2568 (กำลัง
ศึกษา)



นายวรบัติ วรรณไพบูลย์

การศึกษา/คุณวุฒิ

วศ.บ. (วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์) มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีสุรนารี, 2568



อาจารย์ ดร.สุวัฒน์ คชประดิษฐ์

ตำแหน่งปัจจุบัน: อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรม

อิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การศึกษา/คุณวุฒิ

วศ.บ. (วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์) มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีสุรนารี, 2557

วศ.ด. (วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และฟิสิกส์) มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีสุรนารี, 2563



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนแสพันธุ์ ทศศิริพัฒน์

ตำแหน่งปัจจุบัน: อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรม

อิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การศึกษา/คุณวุฒิ

วศ.บ. (วิศวกรรมโทรคมนาคม) มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีสุรนารี, 2549

วศ.ม. (วิศวกรรมโทรคมนาคม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2552

วศ.ด. (วิศวกรรมโทรคมนาคม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2556