

ระบบล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

Microcontroller-based solar panel cleaning system

ประภาพรรณ เคลือบวันรัตน์

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ กรุงเทพฯ 10160

*ติดต่อ: prapapank@sau.ac.th , 0819038759

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอต้นแบบระบบล้างทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งมีคุณค่าทางวิชาการและเศรษฐกิจทางด้านพลังงานสะอาด ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Nano 3.0 เลือกระบบการทำงานได้ 2 ระบบ คือ ระบบควบคุมอัตโนมัติ และระบบควบคุมด้วยตนเอง โดยรับอินพุตจากสวิตช์ปุ่มกดเลือกระบบการทำงาน และเลือกระดับในการล้างคราบเบา ปานกลาง คราบหนัก ประมวลผลและส่งสัญญาณเอาต์พุตสั่งการทำงานโมดูลไดรเวอร์มอเตอร์ BTS7960 43A ควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ ความเร็วรอบ 110 รอบต่อนาที สำหรับเคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลัง และหมุนแปร่งซัด และส่งสัญญาณเอาต์พุตแบบ PWM ให้กับโมดูล Isolation MOSFET PWM ตัวที่ 1 ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ตัวที่ 1 ควบคุมการฉีดน้ำ และโมดูล Isolation MOSFET PWM ตัวที่ 2 ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง 5 โวลต์ ตัวที่ 2 ควบคุมการฉีดน้ำยาทำความสะอาด แสดงสถานะการทำงานของเครื่องล้างทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ออกทางหน้าจอ LCD

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบใช้งานระบบล้างทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ พบว่าสามารถล้างทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ที่มีความกว้าง 90 เซนติเมตร ฉีดน้ำและน้ำยาทำความสะอาด ใช้แรงขุ่นขัดทำความสะอาดผิวหน้าของแผงโซลาร์เซลล์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สะอาด รวดเร็ว ลดแรงงานคน และเพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน เป็นประโยชน์ต่อผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

คำหลัก: โซลาร์เซลล์, ไมโครคอนโทรลเลอร์, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

Abstract

This article presents a prototype solar panel cleaning system, which has academic and economic value in the field of clean energy. It is controlled by an Arduino Nano 3.0 microcontroller and offers two operating modes: automatic and manual. Input is received from push-button switches to select the operating mode and cleaning level (light, medium, heavy stains). The system processes and sends output signals to control a BTS7960 43A motor driver module, controlling a 24-volt DC motor at 110 rpm for forward, backward, and brush rotation. PWM output signals are also sent to two isolation MOSFET modules: one controls a 5-volt DC motor for water spraying, and the other controls a 5-volt DC motor for

cleaning solution application. The operating status of the solar panel cleaning system is displayed on an LCD screen.

Testing results showed that the solar panel cleaning system can clean a 90-centimeter-wide solar panel using water and cleaning solution spray and a soft-bristled brush for scrubbing. Efficient, clean, fast, reduces manual labor, and increases workplace safety, benefiting solar power generation.

Keywords: Solar cell, microcontroller, dc motor

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีนโยบายด้านพลังงานสะอาดเพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมีความเป็นกลางทางคาร์บอน การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จัดเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมช่วยลดการใช้พลังงานจากถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ฟอสซิล ที่เป็นสาเหตุของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซเรือนกระจก เทคโนโลยีด้านโซลาร์เซลล์ก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ราคาแผงโซลาร์เซลล์ลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนทางกับราคาค่าไฟฟ้าที่สูงขึ้น ภาครัฐจึงมีนโยบายสนับสนุนให้มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยติดตั้งบนหลังคา หรือที่เรียกว่า โซลาร์รูฟท็อป (Solar rooftop) เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้า โดยสามารถผลิตไฟฟ้าใช้ภายในโรงงานโดยไม่ต้องขออนุญาตตามกฎหมายว่าด้วย พ.ร.บ. โรงงาน พ.ศ.2535 กำหนดยกเว้นให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ทุกกำลังการผลิต ไม่เข้าข่ายเป็นโรงงาน และไม่ต้องขออนุญาตตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน [1] ส่งผลให้การผลิตไฟฟ้าบนหลังคา หรือ โซลาร์รูฟท็อปได้รับความนิยมทั้งในภาคอุตสาหกรรม และที่อยู่อาศัย จุดประสงค์เพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เอง ผลิตเหลือใช้สามารถส่งขายคืนให้กับหน่วยงานภาครัฐ เช่น การไฟฟ้าได้ เป็นการลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าในตอนกลางวันหรือในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ ลดภาระรายจ่ายจากค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายในแต่ละเดือน และเพิ่ม

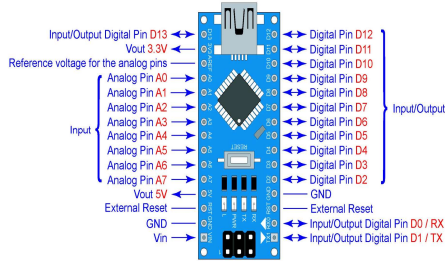
รายได้จากการขายไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้าบนหลังคาต้องทำการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ไว้บนหลังคา ซึ่งเป็นพื้นที่สูงเมื่อใช้งานไปได้ระยะหนึ่งต้องมีการทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์เพื่อให้ผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ[2,3] แต่การล้างทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ทำได้ยากเนื่องจากต้องปีนขึ้นไปบนหลังคาเพื่อล้างทำความสะอาด ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายกับผู้ปฏิบัติงานได้ จึงได้ออกแบบและสร้างระบบต้นแบบสำหรับการล้างแผงโซลาร์เซลล์เพื่อลดอันตรายที่เกิดจากการทำงานบนพื้นที่สูง ลดการใช้แรงงานคน และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน นานो 3.0 [4,5]

ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน นานो 3.0 เป็นบอร์ดที่มีขนาดเล็กกะทัดรัด โดยออกแบบย่อส่วนมาจากอาดูโน Uno R3 มีฟังก์ชันและความสามารถเหมือน Uno R3 ใช้ ATmega328P-AU เป็นชิปประมวลผล เปลี่ยนหัวเสียบข้อต่อ DC Power เป็นการต่อขา Vin แทน และส่วนหัวเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เป็นแบบ Mini USB หรือ Type C ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง อาดูโน นานो 3.0 เป็นไอซีหลักมีขาอินพุตและเอาต์พุตแบบดิจิตอล จำนวน 14 ขา สามารถใช้เป็นขาเอาต์พุต PWM จำนวน 6 ขา และมีขาแบบอนาล็อก จำนวน 8 ขา มีขั้วต่อ ICSP แรงดันไฟฟ้าที่ทำงาน 5 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน นานो 3.0 สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรม Arduino

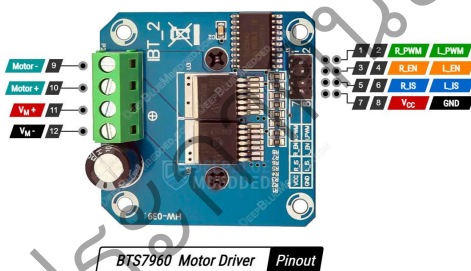
IDE ได้ทุกเวอร์ชัน Flash Memory ขนาด 32 กิโลไบต์
ถูกจองด้วยโปรแกรม bootloader เป็นจำนวน 0.5 กิโล
ไบต์ SRAM 2 กิโลไบต์ และ EEPROM 1 กิโลไบต์



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบ Arduino Nano 3.0 [5]

2.2 ชุดควบคุมมอเตอร์ BTS7960 43A [6]

ชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง BTS7960 43A ใช้ชิป BTS7960 ระดับแรงดันดิจิทัลคอนโทรล 3.3-5 โวลต์ สามารถควบคุมการหมุนของมอเตอร์ในทิศทางหมุนซ้าย หมุนขวาและหยุด ชุดควบคุมมอเตอร์ BTS7960 43A จ่ายกระแสไฟฟ้าสูงสุด 43 แอมแปร์ ให้กับมอเตอร์ กำลังขับสูงระบบ full H-bridge PWM มีวงจรป้องกันกระแสเกิน ชั่งแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้มอเตอร์ 5.5-27 โวลต์ ความถี่ที่ใช้ในการควบคุม 25 กิโลเฮิร์ตซ์ แสดงบอร์ดและขาชุดควบคุมมอเตอร์ BTS7960 43A แบบ full H-bridge แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า BTS7960 43A [7]

2.3 โมดูลขับสัญญาณแบบ PWM [7]

บอร์ดโมดูลขับสัญญาณแบบ PWM (Isolation MOSFET PWM) รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน เพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์ ที่ช่วงแรงดัน 5-36 โวลต์ กระแสแบบต่อเนื่องสูง 15 แอมแปร์ แรงดันดิจิทัล

คอนโทรล 3.3-5 โวลต์ สัญญาณ PWM ที่ความถี่ 0-20 กิโลเฮิร์ตซ์ เพื่อควบคุมปั๊มฉีดน้ำ และควบคุมปั๊มฉีดน้ำยา ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โมดูลขับสัญญาณแบบ PWM

2.4 ปั๊มน้ำไดอะแฟรม (Diaphragm Pump) [6]

ปั๊มน้ำไดอะแฟรมเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ ใช้แผ่นยางไดอะแฟรมยืดหยุ่นเป็นตัวสูบและอัดของเหลว ทนทานต่อสารเคมี หลักการทำงานโดยรับคำสั่งจากโมดูลขับสัญญาณแบบ PWM มอเตอร์จะดันแผ่นไดอะแฟรมให้ยุบตัว(แรงดันเข้า) เกิดแรงดูดน้ำเข้าปั๊ม จากนั้นมอเตอร์จะดันแผ่นไดอะแฟรมอีกฝั่ง(แรงดันออก)อัดหรือดันน้ำออก ปั๊มน้ำไดอะแฟรม ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ปั๊มน้ำไดอะแฟรม

2.5 ลิ้มิตสวิตช์ ME8104 [8]

ลิ้มิตสวิตช์ ME8104 คือ ลิ้มิตสวิตช์แบบลูกกลิ้ง และก้านโยก(Roller limit switch) ก้านติดหัวลูกกลิ้ง ชนิดกันน้ำ(IP64) แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ทนกระแสไฟฟ้าได้ไม่เกิน 5 แอมป์เปร์ ทำหน้าที่จำกัดระยะ หรือตรวจสอบตำแหน่งวัตถุ เมื่อลูกกลิ้งถูกวัตถุกด ก้านโยกจะดันหน้าสัมผัสสปริงให้เปลี่ยนสถานะ หน้าสัมผัสจาก NO เป็น NC ในทางกลับกันก็จะเปลี่ยนสถานะหน้าสัมผัสจาก NC เป็น NO



รูปที่ 5 ลิ้มิตสวิตช์ ME8104 ชนิดกันน้ำ

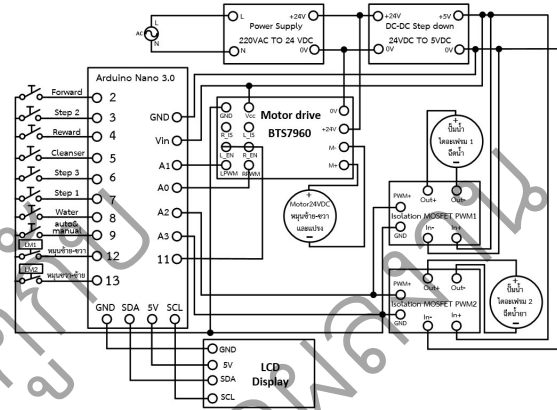
3. การออกแบบและหลักการทำงาน

กรอบแนวคิดในการออกแบบการล้างแผงโซลาร์เซลล์ เซลล์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จุดประสงค์เพื่อทำความสะอาดผิวหน้าของแผงโซลาร์เซลล์ ให้สะอาด ด้วยการฉีดน้ำ ฉีดน้ำยาทำความสะอาดและใช้แปรงขนนุ่มทำความสะอาดผิวหน้าของแผงโซลาร์เซลล์ จึงออกแบบและสร้างเครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์ ที่สามารถเคลื่อนที่เดินหน้า-ถอยหลัง ตามแนวยาวของแผง และหมุนแปรงขัดขณะเคลื่อนที่ได้ สามารถเลือกระบบการล้างแผงโซลาร์เซลล์ 2 ระบบ คือ ระบบอัตโนมัติที่สามารถเลือกระดับการล้างคราบสกปรกของแผงโซลาร์เซลล์ได้ 3 ระดับ คือ ระดับ 1 ล้างคราบเบา ระดับ 2 ล้างคราบปานกลาง ระดับ 3 ล้างคราบหนัก และระบบการควบคุมการล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยตนเอง

3.1 การควบคุมการทำงาน

สวิตช์เชิงเพาเวอร์สวิตช์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ จ่ายให้วงจรลดระดับแรงดันกระแสตรงเพื่อลดแรงดัน 24 โวลต์ให้เป็น 5 โวลต์ เพื่อจ่ายไปให้อาduino Nano 3.0 เพื่อประมวลผลและส่งสัญญาณเอาต์พุตสั่งการทำงานชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์ BTS7960 43A ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ เคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลังตามแนวยาวของแผง พร้อมกับหมุนแปรงขัดขณะเคลื่อนที่ และส่งสัญญาณเอาต์พุตแบบ PWM ให้กับ ไมโคร Isolation MOSFET PWM ตัวที่ 1 ควบคุมปั้มน้ำไดอะเฟรม ตัวที่ 1 เพื่อฉีดน้ำ และไมโคร Isolation MOSFET PWM ตัวที่ 2 ควบคุมปั้มน้ำไดอะ

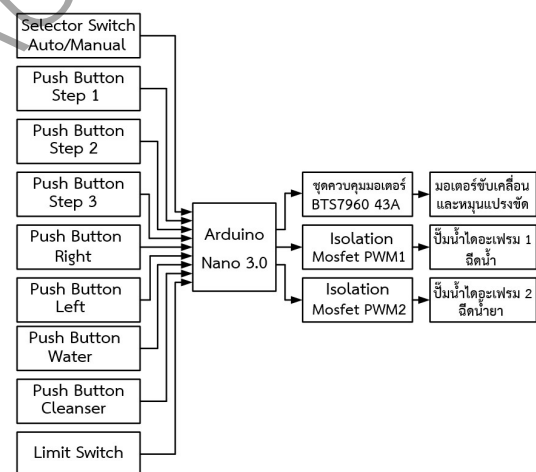
เฟรม ตัวที่ 2 เพื่อฉีดน้ำยาทำความสะอาด แสดงสถานะการทำงานของระบบล้างแผงโซลาร์เซลล์ออกจากหน้าจอแอลซีดี แสดงวงจรการทำงาน ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 วงจรควบคุมการทำงานของระบบล้างแผงโซลาร์เซลล์

3.2 หลักการทำงาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์อาduino Nano 3.0 รับค่าจากซีเล็คเตอร์สวิตช์ เลือกระบบการล้างแบบอัตโนมัติหรือระบบการล้างที่ควบคุมด้วยตนเอง ประมวลผลสั่งการทำงานชุดควบคุมมอเตอร์ BTS7960 เพื่อควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์สำหรับการเคลื่อนที่เดินหน้า-ถอยหลังและหมุนแปรงขัด และสั่งการทำงานของ Isolation MOSFET PWM เพื่อสั่งให้ปั้มน้ำไดอะเฟรมฉีดน้ำและน้ำยา ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ขั้นตอนการล้างแผงโซลาร์เซลล์

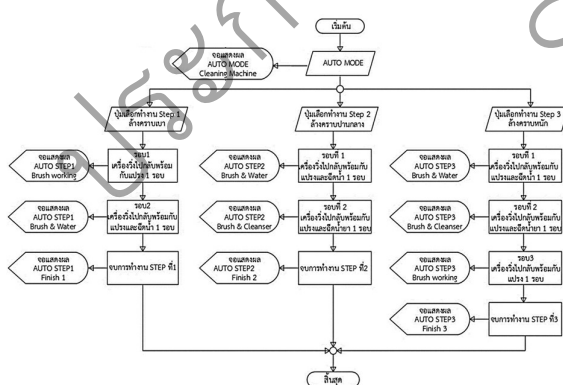
3.3 ระบบการล้างแบบอัตโนมัติ

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับค่าจากสวิตช์ปุ่มกด (push button) และเลือกระดับในล้างได้ 3 ระดับ คือ ระดับ 1 ล้างคราบเบา ระดับ 2 ล้างคราบปานกลาง ระดับ 3 ล้างคราบหนัก โดยมีรายละเอียดการล้างดังนี้

ระดับ 1 ล้างคราบเบา รอบที่ 1 ระบบล้างแผงโซลาร์เซลล์ เคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลัง 1 รอบ พร้อมหมุนแปรงขนนุ่มทำการขัดผิวหน้าของแผงโซลาร์เซลล์ รอบที่ 2 ระบบล้างแผงโซลาร์เซลล์ เคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลัง 1 รอบ พร้อมหมุนแปรงขนนุ่มและฉีดน้ำ 1 รอบ แสดงสถานะการทำงานออกทางหน้าจอแอลซีดี

ระดับ 2 ล้างคราบปานกลาง รอบที่ 1 ระบบล้างแผงโซลาร์เซลล์ เคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลัง 1 รอบ พร้อมหมุนแปรงขนนุ่มและฉีดน้ำ 1 รอบ รอบที่ 2 ระบบล้างแผงโซลาร์เซลล์ เคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลัง 1 รอบพร้อมหมุนแปรงขนนุ่มและฉีดน้ำยา 1 รอบ แสดงสถานะการทำงานออกทางหน้าจอแอลซีดี

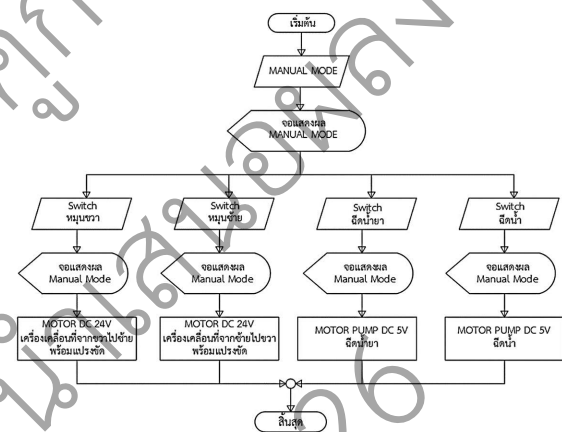
ระดับ 3 ล้างคราบหนัก รอบที่ 1 ระบบล้างแผงโซลาร์เซลล์ เคลื่อนที่ไป-กลับ 1 รอบ พร้อมหมุนแปรงขนนุ่มและฉีดน้ำ 1 รอบ รอบที่ 2 ระบบล้างแผงโซลาร์เซลล์ เคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลัง 1 รอบ พร้อมหมุนแปรงขนนุ่มและฉีดน้ำยา 1 รอบ รอบที่ 3 ระบบล้างแผงโซลาร์เซลล์ เคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลัง 1 รอบ พร้อมหมุนแปรงขนนุ่ม แสดงสถานะการทำงานออกทางหน้าจอแอลซีดี แสดงขั้นตอนการล้าง ดังรูปที่ 8



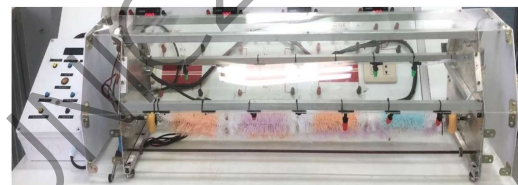
รูปที่ 8 แสดงขั้นตอนการล้างแบบอัตโนมัติ

3.4 ระบบการล้างแบบควบคุมด้วยตนเอง

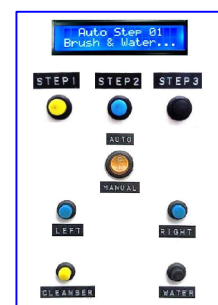
การล้างแผงโซลาร์เซลล์แบบควบคุมด้วยตนเอง โดยการกดสวิตช์ปุ่มกด RIGHT หมุนขวา เคลื่อนที่เดินหน้าตามแนวยาวของแผง พร้อมหมุนแปรงขนนุ่ม กดสวิตช์ปุ่มกด LEFT หมุนซ้าย เคลื่อนที่ถอยหลังพร้อมหมุนแปรงขนนุ่ม และกดสวิตช์ปุ่มกด WATER ฉีดน้ำ และกดสวิตช์ปุ่มกด CLEANSER ฉีดน้ำยา แสดงสถานะการทำงานแต่ละขั้นตอนออกทางหน้าจอแอลซีดี แสดงขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงขั้นตอนการล้างแบบควบคุมด้วยตนเอง



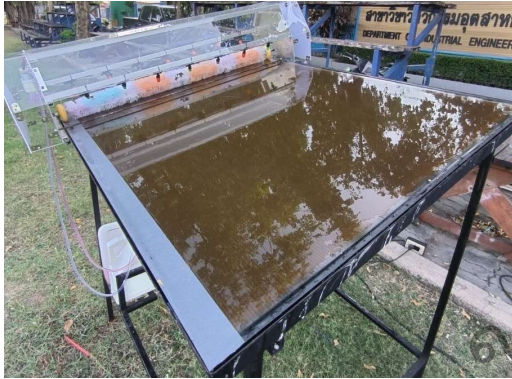
รูปที่ 10 เครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 11 กล่องควบคุมการทำงาน

4. การทดสอบและผลการทดสอบ

ติดตั้งเครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์เข้ากับแผงโซลาร์เซลล์ พิกัดกำลัง 140 วัตต์ กว้าง 90 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 การติดตั้งเครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์

การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจำลองการเกิดคราบสกปรกให้กับแผงโซลาร์เซลล์ ดังรูปที่ 13



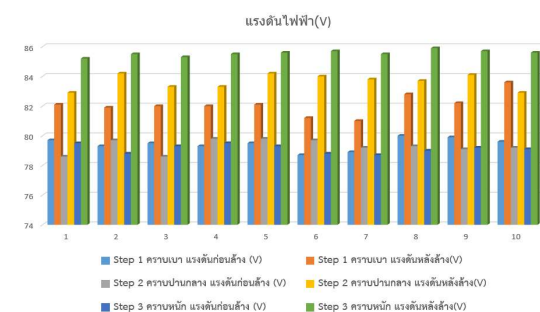
รูปที่ 13 คราบสกปรกบนแผงโซลาร์เซลล์

ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงโซลาร์เซลล์ก่อนทำการล้าง และเมื่อทำการล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยเครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เสร็จเรียบร้อยแล้วก็ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงโซลาร์เซลล์หลังทำการล้าง และทำการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงโซลาร์เซลล์ก่อนทำการล้างกับหลังทำการล้าง ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วย

เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงยี่ห้อ ANENG 620A Smart Multimeter [9] แบ่งการทดสอบเป็น 2 การทดสอบ คือ การทดสอบล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบอัตโนมัติ โดยทำการทดสอบการล้างด้วย Step 1 ล้างคราบเบา ทำการทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง ทดสอบด้วย Step 2 ล้างคราบปานกลาง ทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง และล้างด้วย Step 3 ล้างคราบหนัก ทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง และการทดสอบล้างแผงโซลาร์เซลล์ที่ควบคุมด้วยตนเอง สำหรับการทดสอบล้างแผงโซลาร์เซลล์ที่ควบคุมด้วยตนเองทำการทดสอบด้วยการกดสวิตช์ปุ่มกด RIGHT ให้เครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์เดินหน้าพร้อมหมุนแปรงขัด 1 ครั้ง กดสวิตช์ปุ่มกด WATER ฉีดน้ำ 1 ครั้ง และกดสวิตช์ปุ่มกด CLEANSER ฉีดน้ำยา 1 ครั้ง กดสวิตช์ปุ่มกด LEFT ให้เครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์ถอยหลังพร้อมหมุนแปรงขัด 1 ครั้ง ทำการทดสอบ 5 ครั้ง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบอัตโนมัติ

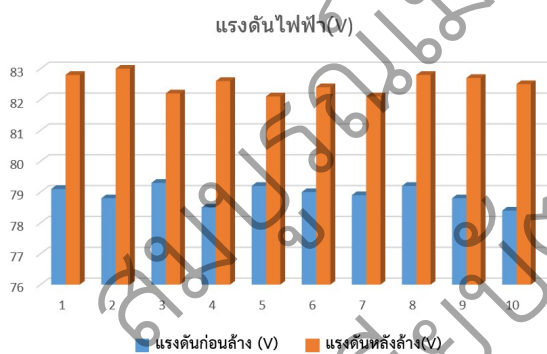
ครั้งที่	Step 1 คราบเบา		Step 2 คราบปานกลาง		Step 3 คราบหนัก	
	แรงดัน ก่อนล้าง (V)	แรงดัน หลังล้าง (V)	แรงดัน ก่อนล้าง (V)	แรงดัน หลังล้าง (V)	แรงดัน ก่อนล้าง (V)	แรงดัน หลังล้าง (V)
1	79.7	82.1	78.6	82.9	79.5	85.2
2	79.3	81.9	79.7	84.2	78.8	85.5
3	79.5	82.0	78.6	83.3	79.3	85.3
4	79.3	82.0	79.8	83.3	79.5	85.5
5	79.5	82.1	79.8	84.2	79.3	85.6
6	78.7	81.2	79.7	84.0	78.8	85.7
7	78.9	81.0	79.2	83.8	78.7	85.5
8	80.0	82.8	79.3	83.7	79.0	85.9
9	79.9	82.2	79.1	84.1	79.2	85.7
10	79.6	83.6	79.2	82.9	79.1	85.6
เฉลี่ย	79.44	82.09	79.30	83.62	79.12	85.87
%แรงดันเพิ่มขึ้น	3.33		5.45		8.15	



รูปที่ 14 แรงดันไฟฟ้า ก่อน-หลัง ล้างด้วยระบบอัตโนมัติ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบล้างแผงโซลาร์เซลล์ที่ควบคุมด้วยตนเอง

ครั้งที่	แรงดัน ก่อนล้าง (V)	แรงดัน หลังล้าง (V)
1	79.1	82.8
2	78.8	83.0
3	79.3	82.2
4	78.5	82.6
5	79.2	82.1
6	79.0	82.4
7	78.9	82.1
8	79.2	82.8
9	78.8	82.7
10	78.4	82.5
เฉลี่ย	78.91	82.5
%แรงดันเพิ่มขึ้น	4.55	



รูปที่ 15 แรงดันไฟฟ้า ก่อน-หลัง ล้างด้วยระบบควบคุมด้วยตนเอง



รูปที่ 16 ผลการล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบอัตโนมัติ Step 1 ล้างคราบเบา



รูปที่ 17 ผลการล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบอัตโนมัติ Step 2 ล้างคราบปานกลาง



รูปที่ 18 ผลการล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบอัตโนมัติ Step 3 ล้างคราบหนัก



รูปที่ 19 ผลการล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบควบคุมด้วยตนเอง

จากตารางที่ 1 และ 2 ทำการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงโซลาร์เซลล์ก่อนทำการล้างและหลังทำการล้างด้วยเครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งระบบอัตโนมัติ และระบบควบคุมด้วยตนเอง พบว่าแรงดันที่ได้รับจากแผงโซลาร์เซลล์หลังการล้างมีค่าสูงกว่าแรงดันก่อนล้าง และจากรูปที่ 14-17 พบว่าผิวหน้าของแผงโซลาร์เซลล์สะอาด แสดงว่าเครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำความสะอาดผิวหน้าของแผงโซลาร์เซลล์ได้สะอาด ส่งผลให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงโซลาร์เซลล์สูงขึ้นกว่าก่อนการล้าง

5. สรุป

ระบบล้างทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่ นาโน 3.0 ที่ออกแบบและสร้างขึ้นเป็นต้นแบบสำหรับล้างแผงโซลาร์เซลล์ที่มีความกว้าง 90 เซนติเมตร สามารถเคลื่อนที่เดินหน้าตามแนวยาวของแผงพร้อมหมุนแปรงขัดขนนุ่ม สามารถฉีดน้ำและน้ำยาทำความสะอาด และเคลื่อนที่ถอยหลังพร้อมหมุนแปรงขนนุ่มทำความสะอาดผิวหน้าของแผงโซลาร์เซลล์เลือกระบบการทำงานได้ 2 ระบบ คือ ระบบควบคุมการล้างแบบอัตโนมัติ เลือกระดับในการล้างได้ 3 ระดับ คือ ระดับ 1 ล้างคราบเบา ระดับ 2 ล้างคราบปานกลาง ระดับ 3 ล้างคราบหนัก และระบบควบคุมการล้างด้วยตนเอง โดยรับอินพุตจากสวิตช์ปุ่มกดเลือกระบบการทำงานต่างๆ แสดงสถานะการทำงานของระบบการล้างทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ออกทางหน้าจอ LCD

จากการทดสอบประสิทธิภาพระบบการล้างแผงโซลาร์เซลล์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติและระบบควบคุมด้วยตนเอง ผลลัพธ์ที่ได้พบว่ามีประสิทธิภาพ สะอาด รวดเร็ว ลดแรงงานคน และเพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตแรงดันไฟฟ้า เป็นประโยชน์ต่อผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณชานน จีระนันตสิน คุณณัฐพร มณีจินดา คุณปรวรรธ เซยชม และคุณอรรถพล ศรีทอง ศิษย์เก่าสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ให้ความช่วยเหลือในติดตั้งเครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์ และเก็บผลการทดสอบ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 ราชกิจจานุเบกษา, URL:<http://law.industry.go.th> access on 12/06/2566
- [2] วิธีล้างแผงโซลาร์เซลล์, URL: [https:// www. Leo.co.th](https://www.Leo.co.th) access on 20/06/2566
- [3] เทคนิคการล้างแผงโซลาร์เซลล์, URL: <http://www.powercreation.co.th> access on 20/06/2566
- [4] Nano Arduino, URL:<http://www.Arduino.cc> access on 15/06/2566
- [5] อาดูโน่ นาโน, <https://www.futurekit.com> access on 15/06/2566
- [6] โมดูลควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, URL: <https://deepbluembedded.com> access on 30/06/2566
- [7] โมดูลขับสัญญาณ PWM, URL: <https://www.arduitronics.com> access on 30/06/2566
- [8] ลิ้มิตตสวิตช์, URL: www.meachanika.co.th access on 30/06/2566
- [9] ANENG 620A Smart Digital Multimeter 6000 Counts AC/DC Voltage Current Resistance Capacitance Frequency Temperature Non-Contact Voltage Detection Backlit LCD Screen Auto Power Off, URL: <https://aneng.co> access on 03/07/2566