

การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ความเร็ว 3 ระดับแบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF AUTOMATIC 3 SPEED SOLAR PANEL CLEANING MACHINE CONTROLLED BY MICROCONTROLLER

อนุชา ดีผาง¹ และชัยพร อัฒโตดดร^{2*}

Anucha Deephang¹ and Chaiporn Addoddorn^{2*}

¹ อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น

^{2*} อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น

Received: 4 February 2022

Revised: 16 April 2022

Accepted: 6 April 2022

*Corresponding, E-mail: chaiporn.add@neu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ความเร็ว 3 ระดับแบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ความกว้างพัลส์ร้อยละ 30 60 และ 100 เพื่อทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แทนมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วยวงจรอัดประจุ มอเตอร์ขับเคลื่อน 2 ตัว มอเตอร์แปรงซัด 1 ตัว โซลินอยวาล์ว 1 ตัว ไฟแสดงสถานะการทำงานและวงจรมิโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 เครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์นี้สามารถเคลื่อนที่ได้ 2 ทิศทาง คือ เดินตามแนวยาวของแผงเดินหน้า ถอยหลัง ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2 ตัว มีลิ้มิตสวิทช์ตัดการทำงาน 2 ตัว เครื่องสามารถขัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยมอเตอร์กระแสตรง 1 ตัวที่เชื่อมต่อกับชุดแปรงซัด มีโซลินอยวาล์วจัดน้ำทำความสะอาด มีหลอดไฟวาเลนแสดงสถานะการทำงานของเครื่องและแสดงระดับของแบตเตอรี่ 3 ระดับ คือ เต็ม กลาง และต่ำ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์ขับเคลื่อนและมอเตอร์แปรงซัดทำงาน ส่วนโซลินอยวาล์วจะทำงานพร้อมกับไฟแสดงสถานะการทำงาน จากการทดสอบ จะพบว่า สำหรับบนพื้นที่แห้งเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถเคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลัง ได้ตามที่ต้องการ สำหรับบนพื้นที่เปียกเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถเคลื่อนที่ได้แต่จะเกิดการสะดุดของเครื่องเล็กน้อยเนื่องจากล้อขับเคลื่อนลื่นจนไม่สามารถพาตัวเครื่องเคลื่อนที่ได้สะดวก การทดสอบมอเตอร์แปรงซัดและแปรงซัดจะเห็นว่าถ้าติดแปรงซัดแล้วความเร็วของมอเตอร์แปรงซัดจะลดลงเนื่องจากมอเตอร์มีการความขบโหด เมื่อทดสอบขับจริงความเร็วรอบของมอเตอร์แปรงซัดจะลดลงตามแรงเสียดทานของพื้นที่ และการทดสอบการทำงานเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติด้านประสิทธิภาพ สำหรับแผงไม่สะอาด จะมีประสิทธิภาพร้อยละ 62.06 สำหรับแผงสะอาด จะมีประสิทธิภาพร้อยละ 95 ทำให้ปลอดภัยและประหยัดการใช้แรงงานของมนุษย์ได้เป็นอย่างมาก

คำสำคัญ: เครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ความกว้างพัลส์ ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This paper presents the design and construction of automated 3 speed level solar panel cleaning machine controlled by microcontroller with pulse width modulation at 30, 60 and 100 percent to clean solar panels instead of humans. It consists of a charging circuit 2 drive motors, 1 brush motor, 1 solenoid valve, indicator light and

Arduino Mega 2560 microcontroller circuit. This solar panel cleaning machine can move in 2 directions are longitudinal walk of the panel forward and backward with 2 DC motors and 2 cut-off limit switches, the unit can polish the solar panel by 1 DC motor connected to the brush set. There is a solenoid valve for cleaning water. There is a wireless light that shows the working status of the machine and shows the battery level in 3 levels are full, middle, and low. The microcontroller will order the drive motor and brush motor to work. The solenoid valve will work with an indicator light. From testing, it was found that on dry areas the solar panel cleaning machine can move forward and backward as needed. In wet areas, the solar panel cleaning machine can move but there will be a slight interruption of the unit because the drive wheels are so slippery that they can't carry the machine to move easily. The brush and brush motor test shows that if the brush is attached, the brush motor speed will decrease due to the motor being loaded. In the actual test drive, the speed of the brush motor will decrease according to the frictional area and efficiency test of the automatic solar panel cleaning machine for unclean panels will be 62.06 percent efficiency and for clean panels will be 95 percent efficiency, making it safe and saves a lot of human labor.

Keywords: Solar Panel Cleaning Machine, Pulse Width Modulation, Microcontroller

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้แทนแรงงานมนุษย์ ซึ่งการนำเทคโนโลยีมาทดแทนแรงงานมนุษย์ในการทำความสะอาดนี้ไม่ต้องใช้แรงงานมนุษย์ในการลงมือทำงานเอง แคกดสวิทซ์เครื่องก็จะทำงานอัตโนมัติ ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการทำความสะอาดโดยไม่ใช้แรงงานมนุษย์นี่คือความเร่งด่วนในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์และการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันมีความสำคัญมาก เพราะการสูญเสียพลังงานเมื่อมีสิ่งกีดขวางที่ไม่ต้องการครอบคลุมพื้นผิวของแผง สิ่งกีดขวางจะเปลี่ยนเซลล์ที่แรงมาเป็นตัวต้านทานทำให้แผงร้อนขึ้นและกินไฟเพิ่มขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาจึงได้ออกแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบทำความสะอาดตัวเองได้ Rutvij P. Kulkarni & Committee (2018); Yu N Zatsarinnaya & D I Amirov [1,2] ซึ่งมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงาน เช่น เงาน หิมะ อนุภาคฝุ่นสูง ละอองเกสร นก มูล เกลือทะเล ฝุ่นและสิ่งสกปรก ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ ฝุ่น ซึ่งสามารถลดได้ ทำให้แผงมีประสิทธิภาพการผลิตพลังงานสูงสุดถึง 50% ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เพื่อสำรวจความเป็นไปได้ของการใช้แหล่งพลังงานที่ยั่งยืนมากขึ้น ความเป็นไปได้ในการติดตั้งแผงเซลล์อาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดความจำเป็นในการพิจารณาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานในระยะยาว การกำจัดเศษซากออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเฉพาะฝุ่นที่ประกอบด้วยละอองเกสร เกลือทะเล และอนุภาคสิ่งสกปรก งานวิจัยนี้จึงศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เครื่องทำความสะอาดเพื่อขจัดฝุ่น เกลือทะเล และละอองเกสรออกจากพื้นผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยในประเทศที่มีสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นมาก การสะสมของฝุ่นบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้การส่องผ่านของแสงแดดลดลง ผลกระทบของฝุ่นที่สะสมจะส่งผลต่อการรับแสงเวลาแสงแดดส่อง วิธีที่ดีที่สุดในการขจัดผลกระทบของฝุ่นที่สะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็คือ เครื่องทำความสะอาดแผง Nasib Khadka and Committee [3] ซึ่งปกติจะทำการล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ยุ่งยากในแง่ของแรงงานที่เกี่ยวข้องและระยะเวลาการทำงาน ในทางปฏิบัติทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ควรทำบ่อยๆ ซึ่งทำให้มีกระบวนการที่ยุ่งยากและมีราคาแพงขึ้นอีกด้วย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาและสร้างเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติเพื่อทดแทนแรงงานมนุษย์ และลดค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดแผงที่ต้องทำบ่อยๆ ด้วย โดยการทำทำความสะอาดแผงจะเคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลังตามระยะของแผงที่กำหนด และเครื่องก็จะแสดงค่าผ่านทางจอแอลซีดีด้วย

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์

ประภรณ์ชัย พลรัตนศักดิ์ และชัยพร อัดโตดตร (2020) [4] เซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน นำมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ในทันทีที่มีแสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า Proton จะถ่ายเทพลังงานให้กับ Electron ในสารกึ่งตัวนำ จนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของ Atom และสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระแบ่งได้ 2 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน แบ่งตามลักษณะของรูปผลึกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) แบบผลึกรวม (Polycrystalline) และแบบไม่มีรูปผลึก (Amorphous) ซึ่งบางครั้งอาจเรียกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cell) ชนิดที่ 2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบ เช่น สารประกอบแกเลียมอาเซไนด์ เป็นต้น ซึ่งมีทั้งแบบผลึกเดี่ยวและผลึกรวม ส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพสูง

2.2 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

2.2.1) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยวและชนิดผลึกรวมลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก

2.2.2) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน น้ำหนักเบาและประสิทธิภาพเพียง 10%

2.2.3) เซลล์แสงอาทิตย์ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่น ๆ เช่น แกเลียม แคลเซียมเทลลูไรด์และคอปเปอร์ - อินเดียมไธโอไซด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว และผลึกรวม เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกเลียม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20 - 25%

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

Faridah Hanim Mohd Noh and Committee (2020); Babu K, Dinesh kumar P, Kamala priya S, Kathirvel P. (2018) [5,6] Arduino Mega 2560 R3 เป็นบอร์ด Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ I/O มากกว่า Arduino Uno R3 เช่น งานที่ต้องการรับสัญญาณจาก Sensor หรือควบคุมมอเตอร์ Servo หลากๆ ตัวทำให้ Pin I/O ของบอร์ด Arduino Uno R3 ไม่สามารถรองรับได้ ทั้งนี้บอร์ด Mega2560 R3 ยังมีความหน่วยความจำแบบ Flash มากกว่า Arduino Uno R3 ทำให้สามารถที่จะเขียนโค้ดโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่าในความเร็วของ MCU ที่เท่ากัน

ข้อมูลจำเพาะ

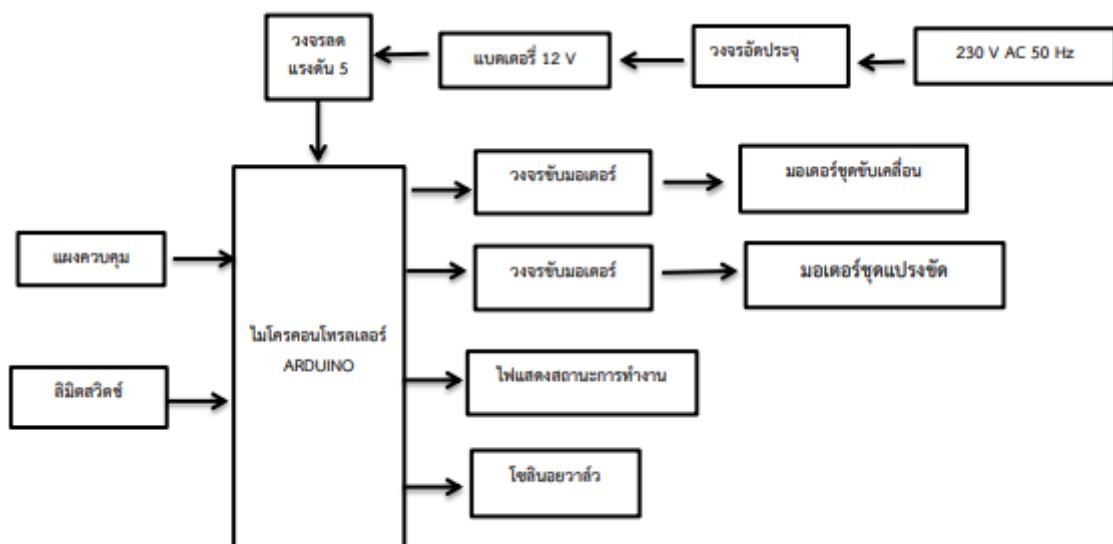
- ชิพไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega2560
- ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 V
- รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่แนะนำ 7–12 V
- รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่จำกัด 6–20 V
- พอร์ต Digital I/O 54 พอร์ต มี 15 พอร์ต PWM output
- พอร์ต Analog Input 16 พอร์ต
- กระแสไฟฟ้ารวมที่จ่ายได้ในทุกพอร์ต 40 mA
- กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3 V 50 mA
- พื้นที่โปรแกรมภายใน 256 KB แต่ 8 KB ถูกใช้โดย Bootloader
- พื้นที่แรม 8 KB
- พื้นที่หน่วยความจำถาวร EEPROM 4 KB
- ความถี่คริสตัล 16 MHz



รูปที่ 1 บอร์ด Arduino Mega 2560 R3

3. การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

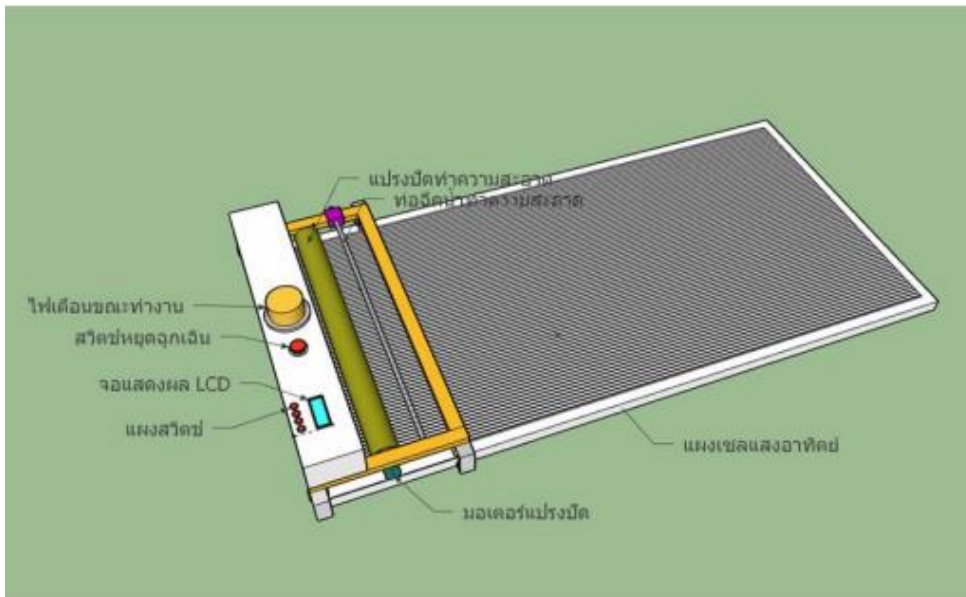
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากบล็อกไดอะแกรมการทำงานในรูปที่ 2 จากบล็อกไดอะแกรมการทำงานในรูปที่ 2 จะประกอบด้วยวงจรตัดประจุ มอเตอร์ขับเคลื่อน 2 ตัว มอเตอร์แปร่งขัด 1 ตัว โซลินอยวาล์ว 1 ตัว ไฟแสดงสถานะการทำงานและวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 การทำงานเริ่มจากแผงควบคุมหรือสวิตช์จะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับคำสั่งจากลิimitswitchฝั่งเริ่มต้นว่าเครื่องติดตั้งพร้อมที่จะทำงานหรือไม่ เมื่อรับคำสั่งจากลิimitswitchฝั่งเริ่มต้นแล้วเครื่องติดตั้งพร้อมที่จะเริ่มการทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งการประมวลผลไปยังอุปกรณ์ต่างๆ มอเตอร์ขับเคลื่อนจะทำงานตามแผงควบคุมที่ตั้งค่าไว้ ส่วนวงจรแปร่งขัดก็ทำงานเช่นกัน เมื่อเริ่มการทำงานไฟแสดงสถานะการทำงานจะทำงานพร้อมกันกับโซลินอยวาล์ว

3.2 โครงสร้างเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3 โครงสร้างเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

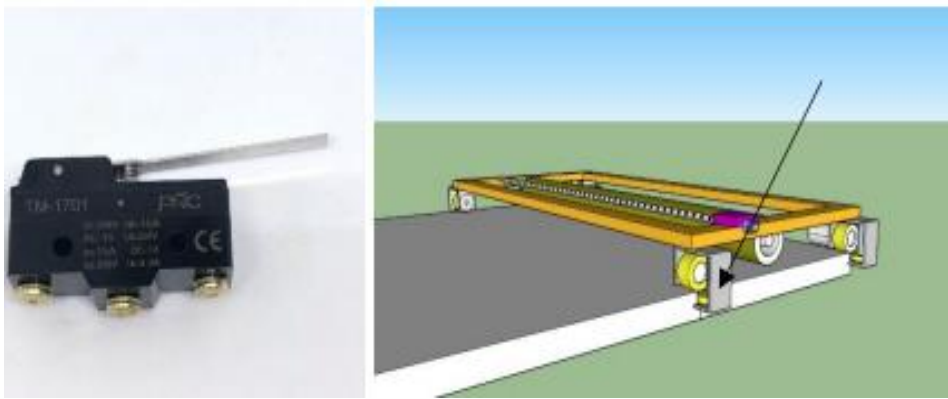
เครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ออกแบบให้มีระบบการขับเคลื่อนด้วยแปรงขัดขนพลาสติกแบบแบ่งทรงกลมจำนวน 1 หัวแปรง ดังในรูปที่ 3 โดยแปรงขัดขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนของการขับเคลื่อนใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจำนวน 4 ตัว ควบคุมทิศทางเคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและล็อกลิ้งตามแนวขอบแผง มีล้อล็อคประกอบขอบแผงเพื่อรักษาเส้นทางการเคลื่อนที่ ส่วนด้านบนจะเป็นไฟเตือนขณะทำงาน มีโซลินอยวาล์วและก้านฉีดน้ำเพื่อใช้สำหรับฉีดน้ำประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโน มีแหล่งพลังงานเป็นแบตเตอรี่ด้วย ซึ่งมีรูปร่างลักษณะตัวเครื่องดังแสดงในรูปที่ 4 ดังนี้



รูปที่ 4 โครงสร้างเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถ่ายจากภาพจริง

3.3 การตรวจจับขอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

งานวิจัยนี้ใช้ลิมิตสวิตช์ตรวจจับแต่งติดตั้งที่ภายในตัวเครื่อง ใช้ 2 ตัวเป็นสวิตช์ที่จำกัดระยะทางการทำงานอาศัยแรงกดภายนอกมากระทำ เช่น วางของทับที่ปุ่มกดหรือลูกเบี้ยวมาชนที่ปุ่มกดและเป็นผลทำให้หน้าสัมผัสที่ต่ออยู่กับก้านชนเปิด-ปิด ตามจังหวะของการชน ใช้ลิมิตสวิตช์เพื่อนับรอบหรือตัดการทำงานของเครื่อง เมื่อถึงขอบแผงกันไม่ให้เครื่องทำงานเกินขอบอาจทำให้เกิดความเสียหายได้ ลิมิตสวิตช์โดยปกติแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ปกติเปิดและปกติปิด จากโครงสร้างภายในตำแหน่งปกติ หน้าสัมผัสจะไม่ต่อกันทำให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้ เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ เช่น ลูกสูบเคลื่อนที่ออกมาคลimitสวิตช์ทำให้สภาวะการทำงานเปลี่ยนจากปกติเปิดเป็นปกติปิด มีผลทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่กลับจะทำให้ลิมิตสวิตช์กลับสู่สภาพเดิมจากปกติปิดเป็นปกติเปิด ทำให้ตัดวงจรการทำงาน



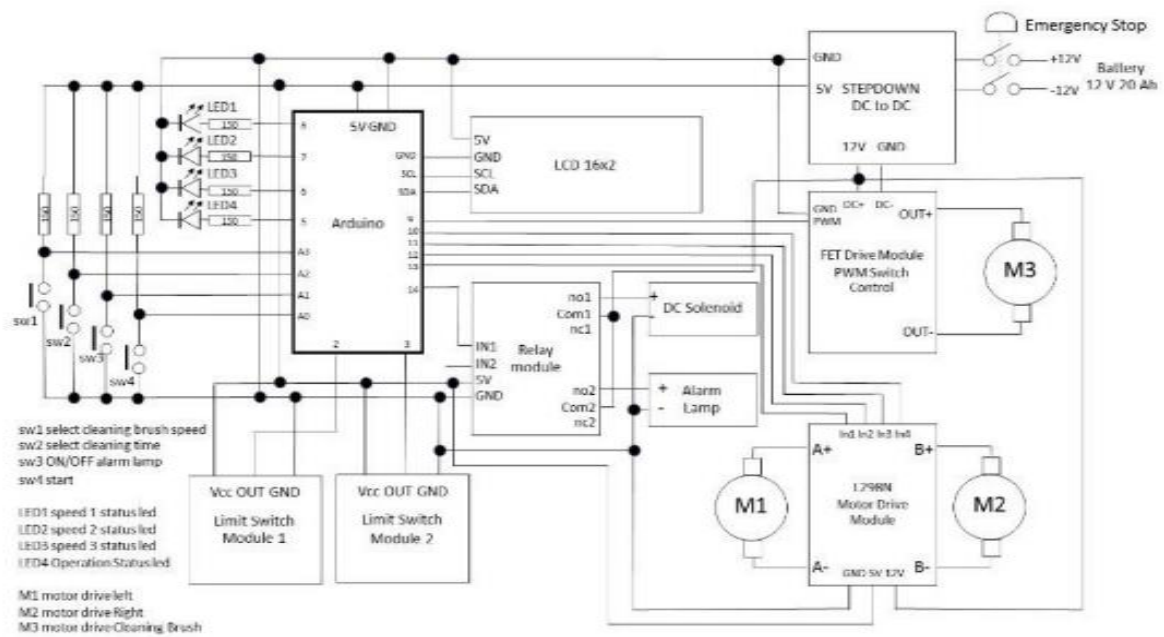
รูปที่ 5 การตรวจจับขอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.4 ระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำสำหรับทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

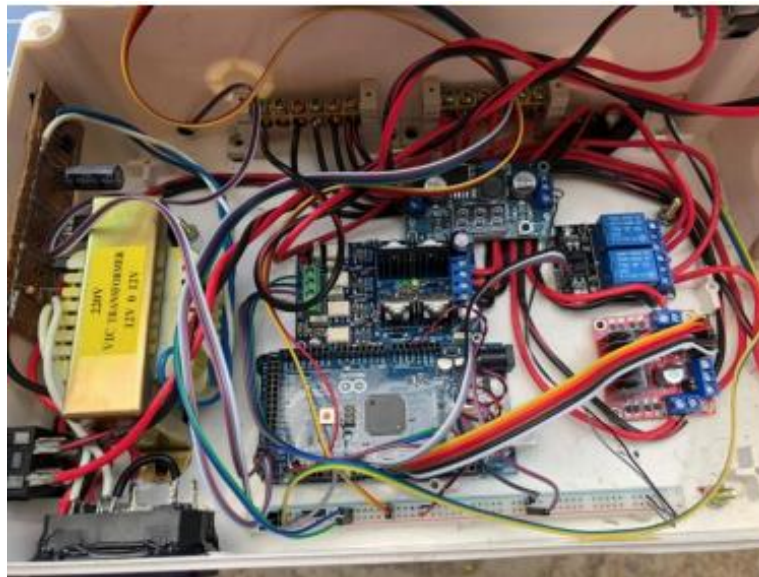
งานวิจัยนี้ใช้โซลินอยวาล์ว คือ วาล์วควบคุมทิศทางน้ำโดยใช้คอยล์ไฟฟ้าสั่งการร่วมกับสปริงหรือคอยล์ไฟฟ้าอีกตัวเมื่อต้องการให้วาล์วอยู่อีกตำแหน่ง โซลินอยวาล์วประกอบด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับทำหน้าที่เปิดปิดวาล์วเมื่อเปิดและปิดสวิตช์ เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะดูดเดือยวาล์วเพื่อเปิดวาล์ว และเมื่อปิดสวิตช์ตัดกระแสไฟฟ้าเดือยวาล์วจะกลับไปสู่ตำแหน่งเดิม โดยน้ำหนักของตัวเองเพื่อปิดวาล์ว อาทิ โซลินอยวาล์วน้ำ, โซลินอยวาล์วแก๊ส, โซลินอยวาล์วไฮดรอลิก, โซลินอยวาล์วลม เป็นต้น

3.5 วงจรควบคุมการทำงาน

เมื่อเริ่มเปิดสวิตช์แบตเตอรี่ 12 โวลต์จะจ่ายแรงดันให้กับบอร์ดลดแรงดันเพื่อแปลงแรงดันเป็น 5 โวลต์ ไปเลี้ยงบอร์ดต่างๆ ส่วนไฟ 12 โวลต์จะไปรอที่วงจรกำลังแผงสวิตช์เป็นตัวสั่งการตั้งค่าต่างๆไปยังอาร์ดูโน้เพื่อรอการประมวลผล ลิมิตสวิตช์ 2 ตัวเป็นตัวเช็คว่าการติดตั้งพร้อมเริ่มการทำงานหรือยัง และสั่งนับจำนวนรอบการทำงานตามที่ตั้งค่าไว้ อาร์ดูโน้จะประมวลผลส่งไปยังจอ LED 6 x 12 เพื่อแสดงผลจำนวนรอบการทำงานและความเร็วแปรปรวน อาร์ดูโน้ส่งสัญญาณไปยังบอร์ดขับเคลื่อน 2 ตัวเพื่อเริ่มการทำงานตามที่ตั้งค่าไว้และบอร์ดแปรปรวนก็ทำงานตามที่ตั้งค่าเช่นกัน ส่วนโมดูลรีเลย์ 2 ช่องจะทำงานเมื่อเครื่องเริ่มการทำงาน ช่องที่ 1 จะส่งสัญญาณไปให้ไฟ แสดงสถานะทำงาน ช่องที่ 2 ส่งไปยังโซลินอยวาล์วเพื่อเปิดน้ำฉีดทำความสะอาด



รูปที่ 6 วงจรควบคุมการทำงาน

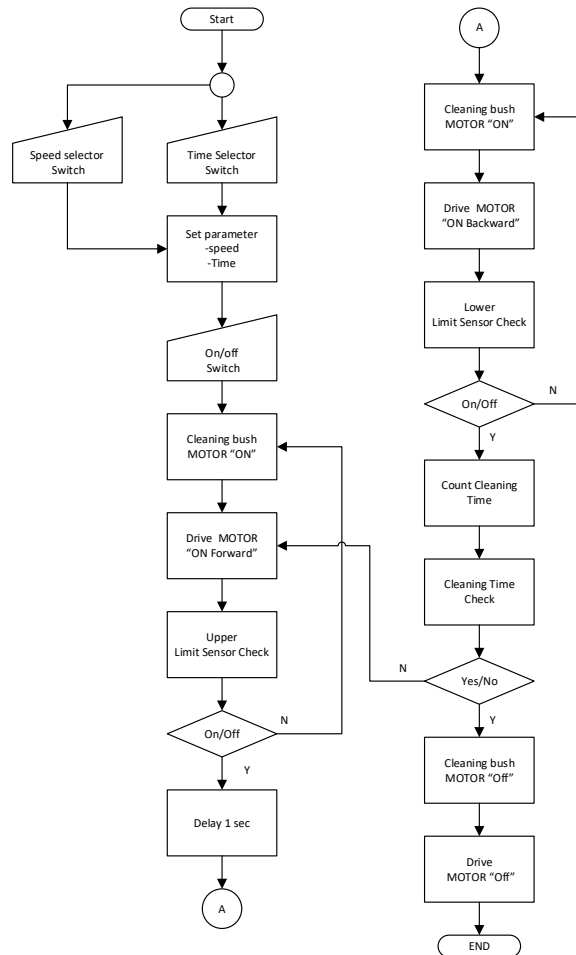


รูปที่ 7 วงจรควบคุมการทำงานที่ถ่ายจากภาพจริง

3.6 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

งานวิจัยนี้ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยรับค่าเพื่อเริ่มทำงานจากสวิตช์ปุ่มกด ระบบจะตรวจจับการติดตั้งเครื่องเข้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนจะเริ่มทำงานด้วยลิมิตสวิตช์จำนวน 1 ตัว และจะแสดงผลสถานะการทำงานด้วยหลอดไฟแสดงสถานะการทำงานสีส้ม ตัดต่อการทำงานด้วยรีเลย์ โปรแกรมการทำงานเริ่มจากสถานะรอรับค่าจากสวิตช์ปุ่มกดเมื่อมีการกดปุ่มเริ่มการทำงานหลอดไฟสีส้มจะติด โปรแกรมจะรับค่าจากลิมิตสวิตช์ที่อยู่ในสถานะ NO และไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการให้มอเตอร์ขับเคลื่อนและชุดแปรงขัดทำงานพร้อมกับโซลินอยด์วาล์ว ขับเคลื่อนด้วยความเร็ว 80 รอบต่อนาที จนกระทั่งตัวเครื่องเคลื่อนที่ถึงขอบอีกด้านของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีลิมิตสวิตช์สถานะ NC เมื่อสุดขอบ

แผงตัวเครื่องจะเคลื่อนที่กลับไปตำแหน่งเริ่มต้นทำ ซึ่งจะหยุดการทำงานของเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทันที โดยมีกระบวนการทำงานดังโพล์ซาร์ทในรูปที่ 8 ดังนี้

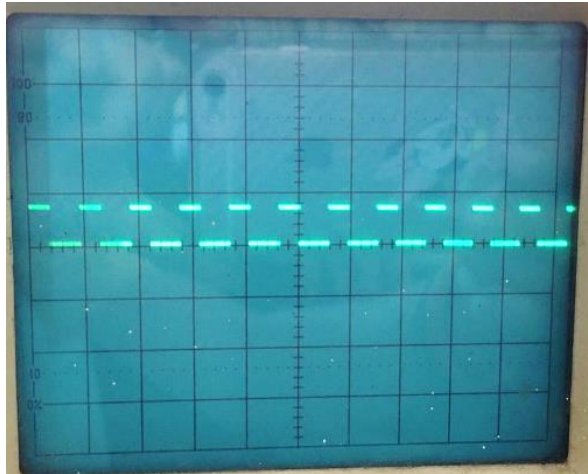


รูปที่ 8 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

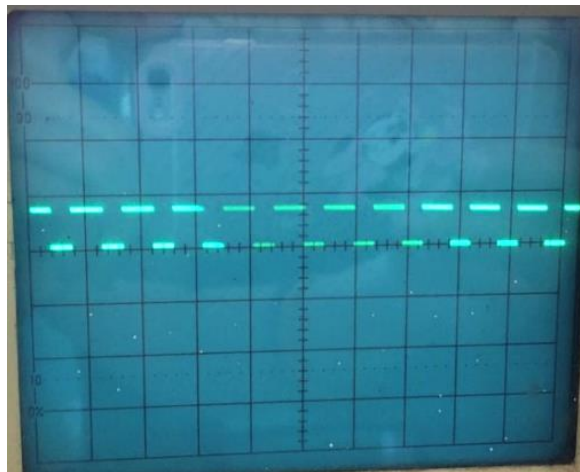
4. ผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบระบบควบคุมความเร็วของแปรงขัด

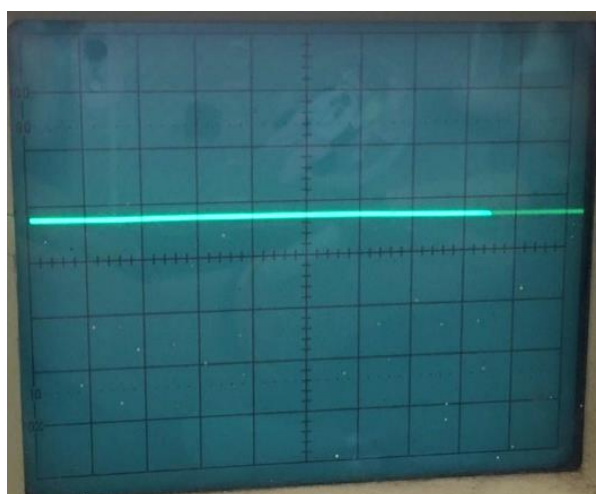
ระบบการทำความสะอาดของเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 250 วัตต์ เป็นต้นกำลังให้แปรงขัดส่งกำลังผ่านระบบโซ่ที่มีอัตราทด 1/1 ควบคุมความเร็วรอบของแปรงขัดด้วยสัญญาณ PWM จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO MEGA 2560 ร่วมกับบอร์ดขับมอเตอร์ทำให้แปรงขัดสามารถปรับความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 0 – 380 รอบต่อนาที โดยตั้งค่าด้วยปุ่มกดร่วมกับจอยแอนาล็อก จากการออกแบบกำหนดให้ แปรงขัดมีความเร็วที่ 3 ระดับ ดังนี้ หมายเลข 1 ความเร็วต่ำ มีความเร็วรอบประมาณ 30 เฟอร์เซ็นต์ หมายเลข 2 ความเร็วปานกลาง มีความเร็วรอบประมาณ 60 เฟอร์เซ็นต์ หมายเลข 3 ความเร็วสูงสุด มีความเร็วรอบประมาณ 100 เฟอร์เซ็นต์ ดังนี้



รูปที่ 9 สัญญาณ PWM ที่ระดับความเร็วต่ำ



รูปที่ 10 สัญญาณ PWM ที่ระดับความเร็วปานกลาง



รูปที่ 11 สัญญาณ PWM ที่ระดับความเร็วสูงสุด

ตารางที่ 1 การทดสอบความเร็วของแปรงขัดที่ความเร็วต่ำ

ครั้งที่	ความเร็วรอบ (RPM)	แรงดัน (V)	กระแส (A)
1	207	12.52	4.26
2	208	12.51	4.27
3	206	12.52	4.25
4	207	12.53	4.26
5	207	12.52	4.26
เฉลี่ย	207	12.52	4.26

ตารางที่ 2 การทดสอบความเร็วของแปรงขัดที่ความเร็วปานกลาง

ครั้งที่	ความเร็วรอบ (RPM)	แรงดัน (V)	กระแส (A)
1	361	12.21	5.01
2	361	12.21	5.01
3	360	12.20	5.00
4	362	12.22	5.02
5	361	12.21	5.01
เฉลี่ย	361	12.21	5.01

ตารางที่ 3 การทดสอบความเร็วของแปรงขัดที่ความเร็วสูงสุด

ครั้งที่	ความเร็วรอบ (RPM)	แรงดัน (V)	กระแส (A)
1	375	12.01	5.41
2	374	12.02	5.40
3	375	12.00	5.41
4	376	12.01	5.42
5	375	12.01	5.41
เฉลี่ย	375	12.01	5.41

จากการทดสอบค่าความเร็วแปรงขัดตามระดับที่กำหนดขึ้นทั้ง 3 ระดับ จะพบว่า ที่สัญญาณ PWM ที่ระดับความเร็วต่ำ จะได้ความเร็วรอบเฉลี่ย 207 RPM ที่สัญญาณ PWM ที่ความเร็วปานกลาง จะได้ความเร็วรอบเฉลี่ย 361 RPM และที่สัญญาณ PWM ที่ความเร็วสูงสุด จะได้ความเร็วรอบเฉลี่ย 375 RPM

4.2 การทดสอบความเร็วการเคลื่อนที่ของเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ



รูปที่ 12 ขณะทำการทดสอบความเร็วการเคลื่อนที่ของเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 4 ความเร็วการเคลื่อนที่ระดับความเร็วของแปรงขดที่ความเร็วต่ำ

ครั้งที่	ระยะการเคลื่อนที่ (m)	เวลา (s)	ความเร็ว (m/s)	แรงดัน (V)	กระแส (A)
1	1	15.09	1/15.09	12.52	4.26
2	1	15.02	1/15.02	12.51	4.27
3	1	15.01	1/15.01	12.52	4.25
4	1	14.82	1/14.82	12.53	4.26
5	1	15.12	1/15.12	12.52	4.26
เฉลี่ย	1	15.21	1/15.21	12.52	4.26

ตารางที่ 5 ความเร็วการเคลื่อนที่ระดับความเร็วของแปรงขดที่ความเร็วปานกลาง

ครั้งที่	ระยะการเคลื่อนที่ (m)	เวลา (s)	ความเร็ว (m/s)	แรงดัน (V)	กระแส (A)
1	1	15.00	1/15.00	12.21	5.01
2	1	15.03	1/15.03	12.21	5.01
3	1	15.01	1/15.01	12.20	5.00
4	1	15.04	1/15.04	12.22	5.02
5	1	15.03	1/15.03	12.21	5.01
เฉลี่ย	1	15.02	1/15.02	12.21	5.01

ตารางที่ 6 ความเร็วการเคลื่อนที่ระดับความเร็วของแปรงขดที่ความเร็วสูงสุด

ครั้งที่	ระยะการเคลื่อนที่ (m)	เวลา (s)	ความเร็ว (m/s)	แรงดัน (V)	กระแส (A)
1	1	15.01	1/15.01	12.01	5.41
2	1	15.02	1/15.02	12.02	5.40
3	1	15.02	1/15.02	12.00	5.41
4	1	15.03	1/15.03	12.01	5.42
5	1	15.04	1/15.04	12.01	5.41
เฉลี่ย	1	15.02	1/15.02	12.01	5.41

จากการทดสอบเพื่อหาความเร็วการเคลื่อนที่ของเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ จะพบว่าเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ จะมีความเร็วการเคลื่อนที่โดยเฉลี่ย 0.066 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความเร็วแปรงขดความเร็วต่ำที่ค่ากระแสเฉลี่ย 4.26 A มีความเร็วการเคลื่อนที่โดยเฉลี่ย 0.067 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความเร็วแปรงขดความเร็วปานกลางที่ค่ากระแสเฉลี่ย 5.01 A และมีความเร็วการเคลื่อนที่โดยเฉลี่ย 0.067 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความเร็วแปรงขดความเร็วสูงสุดที่ค่ากระแสเฉลี่ย 5.41 A

4.3 การทดสอบการทำงานของเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ

ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติโดยทดสอบการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ทำความสะอาดเปรียบเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ โดยทำการเก็บบันทึกข้อมูลกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ช่วงเวลา 8.30 – 12.30 น. วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2564

คำนวณประสิทธิภาพที่ยังไม่ทำความสะอาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากสมการ

$$\eta = (P_m - P) / P \times 100 + (100) \%$$

คำนวณประสิทธิภาพที่ทำความสะอาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากสมการ

$$\eta = (P_f - P) / P \times 100 + (100) \%$$

กำหนดให้

η คือ ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาด

P คือ ค่ากำลังไฟฟ้ามาตรฐานจากโรงงาน

P_m คือ กำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาด

P_f คือ กำลังไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ทำความสะอาด

ตารางที่ 7 การทดสอบการทำงานของเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ

ครั้งที่ทำ ความ สะอาด แผง	แผงไม่ได้ทำความสะอาด (P_f)			แผงที่ได้รับการทำความสะอาด (P_m)			ผลต่าง หลังทำ ความ สะอาด (W)
	กระแสไฟฟ้า (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กำลังไฟฟ้า (W)	กระแสไฟฟ้า (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กำลังไฟฟ้า (W)	
1	5.80	27.00	156.60	7.50	36.40	273	116.40
2	5.60	27.20	152.32	7.60	37.90	288	135.68
3	5.50	27.10	149.05	7.90	38.50	304	154.95
4	5.40	27.30	147.42	7.90	38.50	304	156.58
5	5.70	27.40	156.18	7.90	38.50	304	147.82

ตารางที่ 8 การทดสอบการทำงานของเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติด้านประสิทธิภาพ

จำนวน ครั้งที่ทำ ความ สะอาด แผง	แผงโรงงาน			แผงไม่สะอาด			ประสิทธิภาพ %	แผงสะอาด			ประสิทธิภาพ %
	A	V	W	A	V	W		A	V	W	
1	8	40	320	6.6	30.1	198.6	62.06	7.5	36.4	273	85.31
2	8	40	320	6.6	30.1	198.6	62.06	7.6	37.9	288	90.00
3	8	40	320	6.6	30.1	198.6	62.06	7.9	38.5	304	95.00
4	8	40	320	6.6	30.1	198.6	62.06	7.9	38.5	304	95.00
5	8	40	320	6.6	30.1	198.6	62.06	7.9	38.5	304	95.00

4.4 การทดสอบระยะเวลาการใช้งาน

ตารางที่ 9 การทดสอบแรงดันของแบตเตอรี่

เวลา (นาที)	ระดับแรงดันแบตเตอรี่ (โวลต์)	ระดับ LED ที่แสดง	การทำงาน
0	12.89	สีเขียว	ทำงานปกติ
10	12.74	สีเขียว	ทำงานปกติ
20	12.68	สีเขียว	ทำงานปกติ
30	12.39	สีเหลือง	ทำงานปกติ
40	12.15	สีเหลือง	ทำงานปกติ
50	11.96	สีแดง	ทำงานปกติ
60	11.57	สีแดง	ทำงานปกติ

จากตารางที่ 9 เป็นการทดสอบแบตเตอรี่โดยจะวัดค่าทุก 10 นาที จนถึง 60 นาที แรงดันแบตเตอรี่ที่เวลา 60 นาที อยู่ที่ 11.57 โวลต์ สามารถใช้งานได้ตามปกติ

5. บทสรุป

จากการทดสอบเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ จะพบว่า เมื่อทำการทดสอบการเคลื่อนที่ เดินหน้า ถอยหลังบนพื้นที่แห้ง เครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถเคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลัง ได้ตาม โปรแกรมที่กำหนดไว้ สำหรับบนพื้นที่เปียก เครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถเคลื่อนที่ได้แต่จะเกิดการ สะดุดของเครื่องเล็กน้อยเนื่องจากล้อขับเคลื่อนลื่นจนไม่สามารถพาตัวเครื่องเคลื่อนที่ได้สะดวก การทดสอบมอเตอร์ แปรรงซ์ และแปรรงซ์จะเห็นว่าถ้าติดแปรรงซ์แล้วความเร็วของมอเตอร์แปรรงซ์จะลดลง เนื่องจากมอเตอร์มีการขับโหลด และเมื่อทำการทดสอบขับจริงความเร็วรอบของมอเตอร์แปรรงซ์จะลดลงตามแรงเสียดทานของพื้นที่ เมื่อทำการทดสอบค่า ความเร็วแปรรงซ์ตามระดับที่กำหนดขึ้นทั้ง 3 ระดับ จะพบว่า ที่สัญญาณ PWM ที่ระดับความเร็วต่ำ จะได้ความเร็วรอบ เฉลี่ย 207 RPM ที่สัญญาณ PWM ที่ความเร็วปานกลาง จะได้ความเร็วรอบเฉลี่ย 361 RPM และที่สัญญาณ PWM ที่ความเร็วสูงสุด จะได้ความเร็วรอบเฉลี่ย 375 RPM เมื่อทำการทดสอบเพื่อหาความเร็วการเคลื่อนที่ของเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ เครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ จะมีความเร็วการ เคลื่อนที่โดยเฉลี่ย 0.066 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความเร็วแปรรงซ์ความเร็วต่ำที่ค่ากระแสเฉลี่ย 4.26 A มีความเร็วการ เคลื่อนที่โดยเฉลี่ย 0.067 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความเร็วแปรรงซ์ความเร็วปานกลางที่ค่ากระแสเฉลี่ย 5.01 A และ มีความเร็วการเคลื่อนที่โดยเฉลี่ย 0.067 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความเร็วแปรรงซ์ความเร็วสูงสุดที่ค่ากระแสเฉลี่ย 5.41 A และเมื่อทำการทดสอบการทำงานของเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติด้านประสิทธิภาพ สำหรับแผง ไม่สะอาด จะมีประสิทธิภาพร้อยละ 62.06 สำหรับแผงสะอาด จะมีประสิทธิภาพร้อยละ 95 ทำให้ปลอดภัยและประหยัดการ ใช้แรงงานของมนุษย์ได้เป็นอย่างมาก

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Rutvij P. Kulkarni and Committee. AUTOMATIC SOLAR PANEL CLEANING SYSTEM. International Journal of Advance Research in Science and Engineering Volume No.07, April 2018.
- [2] Yu N Zatsarinnyaya and D I Amirov. Automated system for cleaning solar panels based on a linear actuator. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021.
- [3] Nasib Khadka and Committee. Smart Solar Photovoltaic Panel Cleaning System. Department of Electrical and Electronics Engineering, Dhulikhel, Nepal.
- [4] ประภรณ์ชัย พลรัตนศักดิ์ และชัยพร อัดโตดตร. การติดตามหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้พัลส์วิดธ์มอดูเลชันที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์. Engineering Journal of Siam University Volume 21, Issue1, No.40, January-June 2020. pp. 67-78.
- [5] Faridah Hanim Mohd Noh and Committee. Development of solar panel cleaning robot using Arduino. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. Vol. 19, No. 3, September 2020, pp. 1245-1250.
- [6] Babu K, Dinesh kumar P, Kamala priya S, Kathirvel P. Solar Panel Cleaning Robot. International Journal of Innovative Science and Research Technology. Volume 3, Issue 3, March 2018.