

## การออกแบบเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์

### Design of Solar Panel Cleaning Equipment

สิริวิชญ์ ชาวเมืองกรุง<sup>1</sup>, ยศยง แก้วทิพย์<sup>1</sup>, สุวิสต์ แผงธีระสุขมัย<sup>1</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Siravit-ch@rmutp.ac.th, Yosayong-k@rmutp.ac.th

#### บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้าเป็นส่วนมาก โดยปัญหาที่มักพบคือ มีฝุ่นตกสะสมอยู่บนผิวหน้าของแผงโซลาร์เซลล์ ทำให้การรับแสงอาทิตย์ลดน้อยลงส่งผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ลดลง และด้วยลักษณะการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ตามบ้านและอาคารมีความลำบากต่อการทำความสะอาดเนื่องด้วยอยู่บนที่สูง ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ โดยโครงสร้างของเครื่องแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นส่วนฐานสำหรับวางแผงโซลาร์เซลล์ ส่วนที่ 2 เป็นเครื่องแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้มอเตอร์ปัดน้ำฝนควบคุมการทำงานของเครื่องล้าง และส่วนที่ 3 เป็นส่วนที่ใช้ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ติดตั้งบนแปรงบริเวณแกนเพลาด้านในและด้านนอกเพื่อใช้สำหรับประคองให้เครื่องสามารถเลื่อนทำงานได้

**คำสำคัญ :** โซลาร์เซลล์, แผงโซลาร์, ระบบอัตโนมัติเครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์, ทำความสะอาด

#### Abstract

At present, Thailand uses solar energy to generate electricity most of the time. Dust has accumulated on the surface of the solar panel. causing the electricity production of solar panels to decrease And installing solar panels in homes and buildings is difficult to clean due to the height. Due to all these reasons, the researcher invents a prototype of a solar panel cleaning device with better performance than the research results have been done in front of many researches. with purpose To design and develop solar panel cleaning equipment and to test the efficiency of solar panel cleaning equipment. The machine is divided into 3 parts, the first part is the base for placing the solar panel, the second part is the solar panel machine that uses the wiper motor to control the washing machine, the third part is the part that is used to scrub the panel. Solar cells are equipped with bristles at the innermost shaft axis. And the outer shaft is a support that the machine can slide to work.

**Keywords:** Solar cells, solar panels, automatic systems, solar panel washing machines, cleaning

## 1. บทนำ (Introduction)

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

พลังงานสะอาด (Clean Energy) คือ พลังงานที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือก่อให้เกิดมลภาวะอย่างน้อยที่สุดในทุกขั้นตอนนับตั้งแต่การผลิต การแปรรูป การนำไปใช้งาน ไปจนถึงการจัดการของเสีย โดยเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นต้นเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน [1] ซึ่งการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการผลิตไฟฟ้าโดยทั่วไปมีอยู่สองแนวทางใหญ่ๆ คือ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสง และการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน ซึ่งที่ได้รับความนิยมและมีความสำคัญที่สุดก็คือ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ [2] ปัญหาการเกิดฝุ่นละอองในขนาดต่าง ๆ ส่งผลกระทบต่อในหลากหลายมิติ เช่น สภาพโดยรวมทั่วไป ด้านเศรษฐกิจ ด้านคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น นอกจากนี้แล้ว มลพิษทางอากาศและปัญหาฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น ยังส่งผลกระทบต่อถึงการเสียโอกาสในการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีหลายปัจจัย เช่น การเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ การบดบังเงาสภาพแวดล้อม และภูมิอากาศ เป็นต้น ผลกระทบที่เกิดขึ้นในทุกสถานที่คือ ฝุ่น ฝุ่นที่ตกสะสมอยู่บนผิวหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้การส่องผ่านของแสงลดลง ส่งผลกระทบต่อ การลดลงของการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์[3]

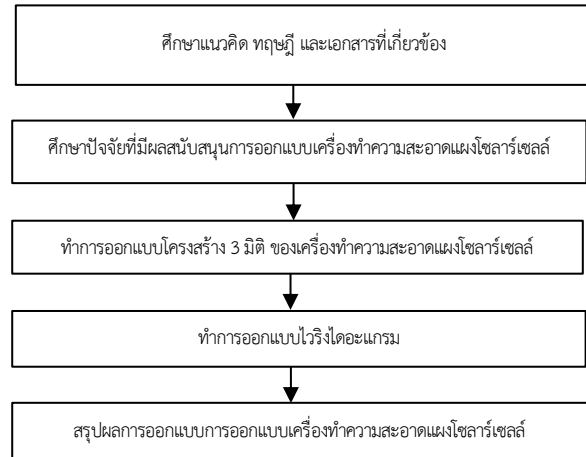
### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ด้วยระบบอัตโนมัติ

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้แบบและแนวทางสำหรับการพัฒนาและสร้างเครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์ผ่านระบบควบคุมที่สามารถนำมาใช้งานล้างแผงโซลาร์เซลล์ได้และสามารถพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้

## 2. วิธีการวิจัย (Methodology)



### 2.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

นายณัฐพล พิมพา และคณะ (2562) พบปัญหาในเรื่องของปัญหาด้านพลังงานไฟฟ้าทั้งภายในและนอกโรงเรียน จึงนำปัญหาดังกล่าว มาปรึกษากับคณะผู้จัดทำโครงการและอาจารย์ที่ปรึกษาที่ดูแลในส่วนของวิชาโครงการ เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาและวางแผนและออกแบบโครงสร้างการทำโครงการ ชุดอุปกรณ์โซลาร์เซลล์เคลื่อนที่มีตัวเซนเซอร์วัดปริมาณความเข้มแสง และมอเตอร์ควบคุมเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถหมุนหันด้านที่รับแสง ตามองศาที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนผ่าน เพื่อให้เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ทำงานได้ตามประสิทธิภาพ [4]

นายนราธิป ศรีละโคตร (2550) ได้สร้างเครื่องควบคุมแผงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์ ได้ทำการออกแบบให้แผงโซลาร์เซลล์หมุนหาทิศทางของแสงอาทิตย์โดยใช้ระบบแมนนวลในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์เพื่อปรับทิศทางของแผงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์ [5]

### 2.2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลสนับสนุนการออกแบบเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์

#### 2.2.1. แผงโซลาร์เซลล์ (Solar cell)

หลักการคือ เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน และโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวขึ้น โดยอิเล็กตรอน ก็จะเคลื่อนไหวไปรวมตัวกันที่ Front Electrode และโฮลก็จะเคลื่อนไหวไปรวมตัวกันที่ Black Electrode และเมื่อมีการเชื่อมต่อระบบวงจร

ขึ้น ก็จะเป็นกระแสไฟฟ้าให้เราสามารถนำไปใช้งานได้ [6]

### 2.12. เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ

หลักการการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ ชนิด Photoelectric Sensors จะตรวจจับวัตถุโดยใช้ลำแสง ข้อดีของเซ็นเซอร์ชนิดนี้คือสามารถตรวจจับได้ทุกวัตถุที่ผ่านลำแสงของตัวเซ็นเซอร์ มีความรวดเร็วในการตอบสนอง สามารถตรวจจับได้แม้วัตถุที่อยู่ไกล มีความแม่นยำสูง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านรักษาความปลอดภัยได้เป็นอย่างดี หลักการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ ชนิด Fiber Sensors มีลักษณะการทำงานโดยส่งลำแสงส่งกระทบวัตถุและสะท้อนกลับมาที่ตัวเซ็นเซอร์เพื่อตรวจหาวัตถุหรือสิ่งแปลกปลอมโดย Fiber Sensors จะประกอบไปด้วย Fiber Amplifier และ Fiber Optic [7]

### 2.13. แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่จะทำการเก็บไฟฟ้าไว้สำหรับการใช้งานในอนาคต โดยจะสร้างแรงดันไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น เมื่อวัสดุสองอย่างนั้นมีความแตกต่างกัน เช่น เพลทที่เป็นบวกและลบที่ถูกจุ่มลงในอิเล็กโทรไลต์ หรือสารละลายของกรดซัลฟิวริก [8]

### 2.14. ไอซีขับเคลื่อนมอเตอร์ (motor drive IC)

กระแสตรง รับแรงดันได้ตั้งแต่ 4.5-36V 600mA ขับมอเตอร์ได้ 2 ตัวแบบแยกอิสระ ควบคุมได้ทั้งความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ [9]

### 2.15. เบรกเกอร์ (breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์หรือเบรกเกอร์ คือ สวิตช์ไฟฟ้าอัตโนมัติที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันวงจรไฟฟ้าจากความเสียหายที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน โดยทั่วไปเกิดจากโหลดเกินหรือไฟฟ้าลัดวงจร การทำงานของมันคือตัดกระแสไฟฟ้าหลังจากตรวจพบความผิดปกติในวงจรไฟฟ้า [10]

### 2.16 มอเตอร์ปัดน้ำฝน (Wiper Motor)

มอเตอร์ปัดน้ำฝน มีหน้าที่สร้างแรงจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก โดยสมัยก่อนจะเป็นแบบขดลวด คือ มีการใช้ขดลวดพันรอบแกนเพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก แต่ปัจจุบันนี้จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวรทั้งหมดแล้ว โดยใช้แม่เหล็กถาวรเฟอร์ไรท์เพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก ในปัจจุบันมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรได้ถูก

พัฒนาทำให้มีขนาดเล็กและเบา จึงนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง [11]

### 2.17. ตู้คอนโทรล (Control cabinet)

ตู้คอนโทรล คือ กล่องหรือตู้ที่เป็นจุดศูนย์รวม ของการควบคุมเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญเป็นอย่างมากอย่างหนึ่งในตัวคอนโทรลไฟฟ้าทั้งระบบหรือเครื่องจักรต่าง ๆ มีหน้าที่ควบคุมไฟฟ้าเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรในปัจจุบัน มีให้เลือกหลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นชุดขนาดเล็ก ชุดขนาดใหญ่สำหรับอาคาร นอกจากนี้ตู้คอนโทรลยังจัดการ ไฟฟ้าไม่ให้เกิดอันตราย ผู้ใช้งานภายในอาคารจะปลอดภัยเมื่อใช้กับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ อีกด้วย [12]

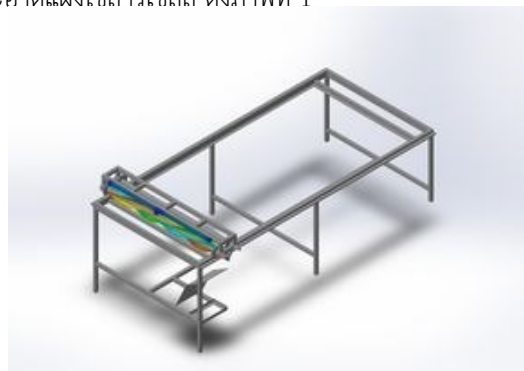
### 2.18. ขนแปรงไนลอน

ขนไนลอนที่สารขัดพิเศษ คือ ส่วนผสมระหว่างไนลอนและเม็ดสารขัดขนาดต่าง ๆ เพื่อให้ขนแปรงมีความพิเศษและแข็งแรงทนทานต่อการใช้งานในทุกสภาวะต่าง ๆ ทั้งเปียกและแห้ง ทนต่อการใช้งานกับที่มีสารเคมี เม็ดสารขัดที่นำมาผสมไม่มีรูปแบบ [13]

## 3. ผลการวิจัย (Results)

### 3.1 การออกแบบโครงสร้าง 3 มิติ ของการออกแบบเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์

จากการศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ผู้ศึกษาได้นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบโครงสร้างเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แบบภาพแสดงลักษณะโครงสร้าง 3 มิติ ของเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์

จากภาพที่ 1 แบบภาพแสดงลักษณะโครงสร้าง 3 มิติของเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ 355 วัตต์



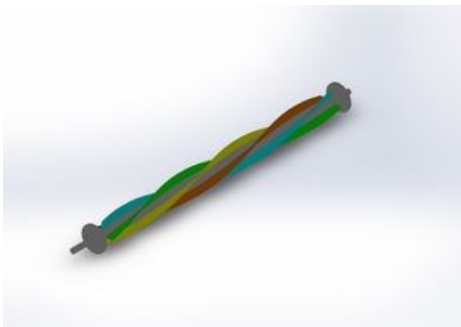
ภาพที่ 2 แบบภาพแสดงลักษณะฐานวางแผง 3 มิติ  
ของเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์

จากภาพที่ 2 แบบภาพแสดงลักษณะฐานวางแผง 3 มิติของ  
เครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ 355 วัตต์ กว้าง 1 m.  
10 cm. ยาว 2 m. 30 cm. สูง 76 cm. ประเภทเหล็กมี เหล็ก  
กล่อง เหล็กฉาก เหล็กแป๊ป



ภาพที่ 1.2. แบบภาพแสดงลักษณะเครื่องล้างแผง 3 มิติของ  
เครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ 355 วัตต์

จากภาพที่ 1.2. แบบภาพแสดงลักษณะเครื่องล้างแผง 3 มิติ  
ของเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ 355 วัตต์ กว้าง  
19 cm 75 mm .ยาว 1 m .17 cm. สูง 19 cm. ประเภท  
เหล็กมี เหล็กกลม เหล็กแป๊ป

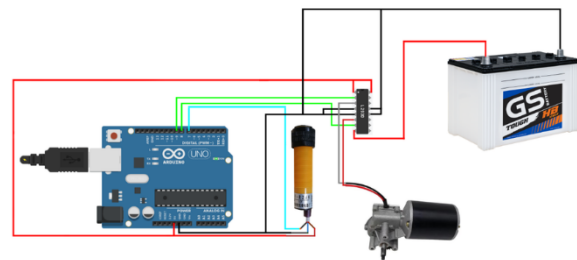


ภาพที่ 1.3. แบบภาพแสดงลักษณะชนแปรงบริเวณ  
แกนเพลาด้านในและด้านนอก 3 มิติของเครื่องทำ  
ความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์

จากภาพที่ 3 แบบภาพแสดงลักษณะชนแปรงบริเวณ  
แกนเพลาด้านในและด้านนอก 3 มิติของเครื่องทำความ  
สะอาดแผงโซลาร์เซลล์ 355 วัตต์ เพลายาว 1 m. 20 cm.  
ความกว้างของช่องใส่ชนแปรง 0.5 mm. ความห่างของช่อง  
ใส่ชนแปรง 2.54 cm. ขนาดของชนแปรง 2.5 cm. ประเภท  
เหล็กเพลากลม วัสดุที่ไม่ใช่เหล็ก ชนแปรงจากด้ามไม้กวาด

### 3.2 การออกแบบไดอะแกรมวงจรไฟฟ้า (Wiring diagram)

ศึกษาปัจจัยที่มีผลสนับสนุนการออกแบบเครื่อง  
ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์เพื่อนำมาเป็นการ  
ออกแบบไดอะแกรมวงจรไฟฟ้าของระบบการทำงาน  
ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ไวริ่งไดอะแกรมระบบเครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์

ภาพที่ 2 แสดงการทำงานของระบบเครื่องล้างแผงโซลาร์  
เซลล์ เริ่มจากแผงโซลาร์เซลล์เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไปยัง  
ชาร์จเจอร์และปล่อยกระแสไฟมายังแบตเตอรี่ เพื่อจ่ายให้กับ  
ทามเมอร์และใช้เบรกเกอร์เพื่อเปิดปิดระบบวงจร โดยส่ง  
สัญญาณไปยังเครื่องล้าง และเมื่อกดเปิดสวิตช์จะเริ่มทำงาน  
โดยสามารถปรับความเร็วรอบได้ โดยล้างแบบไปแล้วกลับมา  
ที่จุดเริ่มต้น

### 4. การอภิปราย (Discussion)

จากผลการศึกษาการออกแบบเครื่องทำความสะอาด  
แผงโซลาร์เซลล์ มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ เจนวิทย์  
สุวรรณโชติ และคณะ (2562) ได้ทำการออกแบบและ  
พัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์  
แบบขาตั้งติดพื้น เพื่อใช้ทดแทนแรงงานคนล้างแผงเซลล์  
แสงอาทิตย์ [5] รวมถึงการศึกษาของ อนุกร นาคประสพสุข  
(2560) เครื่องได้ทำการออกแบบล้างแผงโซลาร์เซลล์ โดยมี  
ระบบการทำงานใช้ปุ่มกดเพื่อสั่งการควบคุมการทำงานการ  
เคลื่อนที่ผ่านระบบมอเตอร์ (Motor) บนแผงโซลาร์เซลล์ที่มี

ความลาดเอียง 15 ถึง 30 องศาช่วงระยะความยาวตามแนวลาดเอียง 4 เมตร การทำความสะอาดจะใช้แปรงขัดแบบแปรงขัดทั่วไป โดยจะหมุนขัดทำความสะอาดบนผิวหน้ากระจกแผงโซลาร์เซลล์รวมกับการนำผ้ามาเช็ดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาดให้ดียิ่งขึ้น หน้ากว้างของแปรงขัด 0.9 เมตร หมุน 45 รอบต่อ 1 ชั่วโมงใช้กำลังไฟในการทำงาน 300 วัตต์ใช้งานในการทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์แทนมนุษย์สะดวก อาจซ้ำแต่ช่วยลดโอกาสความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุในการปฏิบัติงาน

## 5.สรุปผล (Conclusion)

จากผลการดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องล้างแผงโซลาร์เซลล์ผ่านระบบควบคุม เพื่อให้สามารถสั่งการทำงานผ่านระบบควบคุมได้โดยสามารถเคลื่อนที่พร้อมทั้งล้างแผงโซลาร์เซลล์ไปกลับระหว่างแผงที่ล้าง และกดยหยุดการทำงานตัวเครื่องประกอบด้วย 3 ส่วน เพื่อให้สามารถสั่งการทำงานผ่านระบบควบคุมได้โดยสามารถเคลื่อนที่พร้อมทั้งล้างแผงโซลาร์เซลล์ไปกลับระหว่างแผงที่ล้าง และกดยหยุดการทำงานตัวเครื่องประกอบด้วย 3 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นส่วนฐานสำหรับวางแผงโซลาร์เซลล์ เป็นลักษณะโครงสร้าง 3 มิติของเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ 355 วัตต์ โดยส่วนที่ 1. เป็นเครื่องแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้มอเตอร์ปัดน้ำฝนควบคุมการทำงานของเครื่องล้างเป็นฐานวางแผง 3 มิติของเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ 355 วัตต์ กว้าง 1 เมตร 10 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร 30 เซนติเมตร สูง 76 เซนติเมตร ประเภทเหล็กกล่อง เหล็กฉาก เหล็กแป๊บ ส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่ใช้ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ติดตั้งขนแปรงบริเวณแกนเพลาด้านในและด้านนอกเพื่อใช้สำหรับประคองให้เครื่องสามารถเลื่อนทำงานได้ เป็นเครื่องล้างแผง 3 มิติของเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ 355 วัตต์ ประเภทเหล็กมี เหล็กกลม เหล็กแป๊บ และส่วนที่ 3 เป็นลักษณะขนแปรงบริเวณแกนเพลาด้านในและด้านนอก 3 มิติของเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ 355 วัตต์ เพลายาว 1.20 เมตร ความกว้างของช่องใส่ขนแปรง 0.5 มิลลิเมตร ความห่างของช่องใส่ขนแปรง 2.54 เซนติเมตร ขนาดของขนแปรง 2.5 เซนติเมตร ประเภทเหล็กเพลากลม ขนแปรงจากด้ามไม้กวาด

## 6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษการออกแบบเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์นี้เป็นแนวคิดเท่านั้น ยังไม่รวมถึงการพัฒนาและสร้างเป็นสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมให้เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้นผู้ศึกษาจึงเสนอแนะให้ผู้สนใจมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อการออกแบบให้ครอบคลุมต่อหน้าที่การใช้งานได้มากขึ้น รวมถึงนำการออกแบบจากการศึกษานี้ไปพัฒนาและสร้างเป็นนวัตกรรม สนับสนุนการใช้พลังงานที่ผลิตได้จากแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานสะอาด รวมถึงส่งเสริมนโยบายการขับเคลื่อนประเทศด้านการพัฒนาที่ยั่งยืน และสามารถเข้าถึงแหล่งพลังงานสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

## 7. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

การศึกษารื่องการออกแบบเครื่องทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ (Design of solar panel cleaning equipment) ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ ขอขอบคุณที่อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์สุวิมล แพ่งธีระสุขมัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ อาจารย์คูแลววิชาโครงการ ซึ่งให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษาสำนึกในพระคุณของอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชา และถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้วิจัยอย่างเต็มที่ขอขอบคุณทีมผู้วิจัยที่มีความอดทนไม่ย่อท้อต่อปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ขอขอบคุณอาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืนทุกท่านและพ่อแม่พี่น้องที่คอยให้กำลังใจการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอขอบคุณพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

## 8. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] บริษัท โกลบอล เพาเวอร์ ซินเนอร์ยี จำกัด (มหาชน) [ออนไลน์] พ.ศ. 2564 แหล่งที่มา [www.gpscgroup.com](http://www.gpscgroup.com)
- [2] กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [ออนไลน์] พ.ศ. 2559 แหล่งที่มา [mnre.go.th](http://mnre.go.th)

- [3] โดยนางสาวสุปราณี นาคติลลิก วิศวกรชำนาญการ กองพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานผลกระทบของฝุ่นละออง PM2.5 [ออนไลน์] แหล่งที่มา [webkc.dede.go.th](http://webkc.dede.go.th)
- [4] นางสาวรุ่งรัตน์ จีรวิทย์ขจร [ออนไลน์] August 22, 2020 แหล่งที่มา [www.princess-it-foundation.org](http://www.princess-it-foundation.org)
- [5] นายนราธิป ศรีละโคตร[ออนไลน์] พ.ศ. 2546 แหล่งที่มา <http://sutir.sut.ac.th/>
- [6] โซลาร์เซลล์ ทำทองไลท์ติ้ง – TATHONGLIGHTING [ออนไลน์] แหล่งที่มา [WWW.ทำทองไลท์ติ้ง.com](http://WWW.ทำทองไลท์ติ้ง.com)
- [7] หลักการทำงานของ Photoelectric sensor [ออนไลน์] 30 ก.ย. 2020 แหล่งที่มา สำนักงานใหญ่และศูนย์โลจิสติกส์
- [8] แบตเตอรี่ [ออนไลน์] แหล่งที่มา <https://www.varta-automotive.com/>
- [9] ไอซีขับมอเตอร์ [ออนไลน์] หลักการทำงาน แหล่งที่มา [shopee.co.th](http://shopee.co.th)
- [10] บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด เซอร์กิตเบรกเกอร์หรือเบรกเกอร์ [ออนไลน์] แหล่งที่มา [mall.factomart.com](http://mall.factomart.com)
- [11] มอเตอร์ปั๊มน้ำฝน [ออนไลน์] INTER-MEDIA CONSULTANT CO., LTD. แหล่งที่มา [www.autoinfo.co.th](http://www.autoinfo.co.th)
- [12] ตู้คอนโทรล บริษัท ที.ที.คอนโทรลซิสเต็มส์ จำกัด [ออนไลน์] แหล่งที่มา [www.ttcontrolsystems.com](http://www.ttcontrolsystems.com)
- [13] นาย อนุกร นาคประสพสุข [ออนไลน์] บทความเครื่องล้าง 28 กันยายน 2564 แหล่งที่มา [www.thailandinnovationportal.com](http://www.thailandinnovationportal.com)