# การออกแบบและติดตั้งโซล่าเซลล์เพื่อเพิ่มสมรรถนะของอากาศยานไร้คนขับ

## Design and Installation of Solar cell for Enhancing Unmanned Aerial Vehicle Performance

**ชิษณุพงศ์ รื่นภาคแดน[1] จักรวาล จิตจง[1] จักรภัทร สุทธิใส[1] ภรชัย จูอนุวัฒนกุล[1] สำเริง ฮินท่าไม้[1] วันชัย เจียจันทร์[2]**

[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม [2]ภาควิศวกรรมอากาศยาน โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

Turk.chitsanupong@gmail.com ,tata.jakawan@gmail.com, oo_ookxrn@hotmail.com, parachai.ju@spu.ac.th, samroeng.hi@spu.ac.th, aerowanchai@gmail.com

## บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการออกแบบและติดตั้งโซล่าเซลล์เพื่อเพิ่มสมรรถนะของอากาศยานไร้คนขับ โดยศึกษาทดลองต่อยอดองค์ความรู้งานวิจัยของโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช ภาควิศวกรรมอากาศยาน ด้วยการใช้ระบบโซล่าเซลล์ที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ มาติดตั้งกับอากาศยานไร้คนขับ เพื่อเพิ่มสมรรถนะในด้านระยะเวลาการบินในอากาศ โดยนำแผ่นโซล่าเซลล์ ขนาด 3.3 วัตต์ จำนวน 30 แผ่น มาติดบนปีกอากาศยานไร้คนขับต้นแบบที่ใช้พลังงานการขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่ลิเธี่ยมโพลิเมอร์ ขนาด 12 โวลต์ ความจุ 5200 มิลลิแอมป์ชั่วโมง การทดสอบจะแบ่งเป็น 2 การทดสอบคือ การทดสอบภาคพื้นและภาคอากาศ ก่อนที่จะติดตั้งโซล่าเซลล์อากาศยานไร้คนขับจะมีระยะเวลาในการบินปฏิบัติการ 50 นาที โดยใช้แบตเตอรี่เพียงอย่างเดียว และเมื่อใช้ระบบโซล่าเซลล์เข้ามาช่วยร่วมกับแบตเตอรี่ ซึ่งสามารถเพิ่มระยะเวลาในการบินปฏิบัติการได้ประมาณ 1 ชั่วโมง 40 นาที ผลการทดสอบที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์และสรุปผลรวมถึงข้อเสนอแนะวิธีการแก้ไขปัญหา

**คำสำคัญ:** โซล่าเซลล์ อากาศยานไร้คนขับ เวลาในการปฏิบัติการบิน การทดสอบภาคพื้นและภาคอากาศ

## Abstract

This paper is to design and install solar cells to increase the performance of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) by experimental study to further research knowledge of Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy, department of Engineering. By using solar cell systems which produce electrical energy from solar energy, are installed on Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to increase the performance of the air flight duration. By using 30 solar cells of 3.3 watts per cell to install on the prototype UAV wings, that is powered by 12 volts lithium polymer battery with a capacity of 5200 mAh. The test is divided into 2 tests, testing on ground and on air. Before installing solar cells, UAV has a air flight duration of 50 minutes using only batteries. And after using solar cells systems to help with batteries which can increase the flight time by approximately 1 hour 40 minutes. The test results are analyzed and summarized as well as suggestions for solutions.

**Keywords:** solar cell, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), flight time, Testing on ground and on air

## 1. บทนำ

ปัจจุบันมีหลายภาคส่วนให้ความสนใจเรื่อง อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle) หรือที่เรียกย่อว่า ยูเอวี (UAV) ซึ่งเป็นอากาศยานที่ไม่มีนักบินประจำอยู่บนเครื่องอาศัยการบังคับระยะไกลจากภาคพื้นดินร่วมกับคอมพิวเตอร์ ที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องบิน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทันสมัยและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าเช่าเครื่องบิน ค่าตัวนักบิน ค่าเชื้อเพลิงได้มาก และสามารถใช้ประโยชน์ในหลายๆด้านในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นการนำเสนอข้อมูลภาพถ่ายมุมสูง เพื่อไว้วิเคราะห์สภาพภูมิประเทศ ให้ความช่วยเหลือยามเกิดภัยพิบัติ ใช้ในการเข้าไปเก็บภาพในสถานที่อันตรายที่คนไม่สามารถเข้าไปได้ ใช้จับภาพผู้กระทำความผิด ถ่ายภาพเหตุการณ์การชุมนุมจากมุมสูง และช่วยได้ภาพมุมสูงที่สวยงามมาใช้ตัดต่อนำเสนอสถานที่ท่องเที่ยว

ในบทความที่ศึกษานี้จะใช้อากาศยานไร้นักบินขนาดเล็ก (Mini UAV) ประเภทปีกตรึง (Fix wing) ความยาวปีกประมาณ 2.4 เมตร ซึ่งใช้ระบบพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ในการขับเคลื่อนแต่ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานอยู่ เช่น เวลาในการปฏิบัติการบิน (Flight Time) ซึ่งมีผลกระทบกับเป้าหมายของภารกิจ ปัจจัยสำคัญคือแหล่งพลังงานของอากาศยาน ถ้าต้องการเพิ่มระยะเวลาในการปฏิบัติการ ต้องมีแหล่งพลังงานที่เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจำนวนของแบตเตอรี่ซึ่งจะทำให้น้ำหนักของอากาศยานเพิ่มขึ้น (Pay Load) ด้วยปัจจัยด้านการออกแบบของอากาศยานอาจจะไม่สามารถแบกรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มแบตเตอรี่ได้ บทความนี้จึงได้มุ่งเน้นวิเคราะห์หาพลังงานทดแทนมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพระยะเวลาในการปฏิบัติภารกิจของอากาศยานไร้คนขับ [1-3]

## 2. พารามิเตอร์ต่าง ๆของระบบ

### 2.1 อากาศยานไร้คนขับ

อากาศยานไร้คนขับที่ใช้สำหรับติดโซล่าเซลล์ จะใช้เครื่องต้นแบบจากการออกแบบและผลงานวิจัยด้านการออกแบบโครงสร้างอากาศยานไร้คนขับของโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทษัตริยาธิราช ภาควิชาวิศวกรรมอากาศยาน ที่ได้มีการสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อทดสอบ

ประสิทธิภาพการออกแบบของปีก โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ โดยเครื่องต้นแบบสามารถทำการบินได้ระยะเวลาประมาณ 50 นาที มีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพารามิเตอร์ของอากาศยานไร้คนขับ

| อากาศยานไร้คนขับ | |
|---|---|
| ความยาวปีก | 2,400 เซนติเมตร |
| พื้นที่ปีก | 8391.25 ตารางเซนติเมตร |
| น้ำหนักตัวลำพร้อมบิน | 2,049 กรัม |
| รองรับน้ำหนักได้สูงสุด | 2,500 กรัม |
| แบตเตอรี่ที่ใช้ | ลิเทียมโพลิเมอร์ ขนาด 3 เซลล์ มีขนาดความจุ 5,200 มิลลิแอมป์ชั่วโมง แรงดันสูงสุด 12.6 โวลต์ และน้ำหนัก 450 กรัม |
| ความเร็วเดินทาง | 11 เมตรต่อวินาที |
| กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินทาง | 45 วัตต์ |
| กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่ใช้ในการเดินทาง | 4 แอมป์ |

## 2.2 แผงโซล่าเซลล์

เลือกใช้แผงโซล่าเซลล์ SunPower C60 : Bin class G ขนาด 12.5 cm x 12.5 cm ชนิดซิลิกอนโมโนคริสตัลไลน์ ที่มีค่าพารามิเตอร์ของแผงตามรูปที่ 1 และสามารถคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตโดยระบบโซล่าเซลล์ที่ค่าความเข้มแสงต่าง ๆ ได้จากสมการที่ 1

$$P_{solar}=\eta_{solar}*A*G \qquad (1)$$

โดยที่ $\eta_{solar}$ คือประสิทธิภาพของโซล่าเซลล์ A คือพื้นที่รวมของแผงที่ติดตั้ง G คือค่าความเข้มแสง

**Electrical Characteristics of Typical Cell at Standard Test Conditions (STC)**

STC: 1000W/m², AM 1.5g and cell temp 25°C

| Bin | Pmpp (Wp) | Eff. (%) | Vmpp (V) | Impp (A) | Voc (V) | Isc (A) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| G | 3.34 | 21.8 | 0.574 | 5.83 | 0.682 | 6.24 |
| H | 3.38 | 22.1 | 0.577 | 5.87 | 0.684 | 6.26 |
| I | 3.40 | 22.3 | 0.581 | 5.90 | 0.686 | 6.27 |
| J | 3.42 | 22.5 | 0.582 | 5.93 | 0.687 | 6.28 |

All Electrical Characteristics parameters are nominal
Unlaminated Cell Temperature Coefficients
Voltage: -1.8 mV / °C  Power: -0.32% / °C

รูปที่ 1 ข้อมูลพารามิเตอร์ของแผงโซล่าเซลล์ Sunpower C60

## 2.3 ระบบควบคุมการชาร์จ

ระบบควบคุมการชาร์จจะใช้ G.T Power Electronic Switch เป็นอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ที่ควบคุมการทำงานโดยสัญญาณ PWM จากระบบของอากาศยานไร้คนขับได้ เพื่อ เปิด-ปิด วงจรเมื่อต้องการ โดยมีข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลพารามิเตอร์ G.T Power Electronic Switch

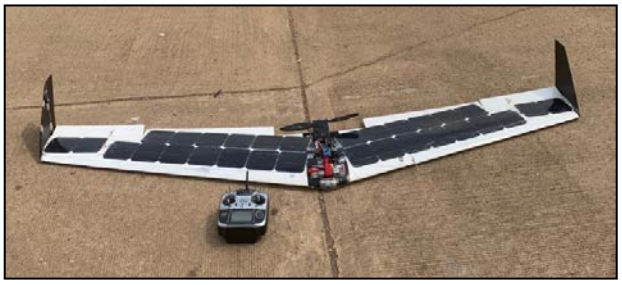
| G.T Power Electronic Switch | |
|---|---|
| ใช้งานกับกระแสไม่เกิน | 10 A |
| น้ำหนัก | 8 g |

## 3. การติดตั้งโซล่าเซลล์ และทดสอบภาคพื้นภาคอากาศ

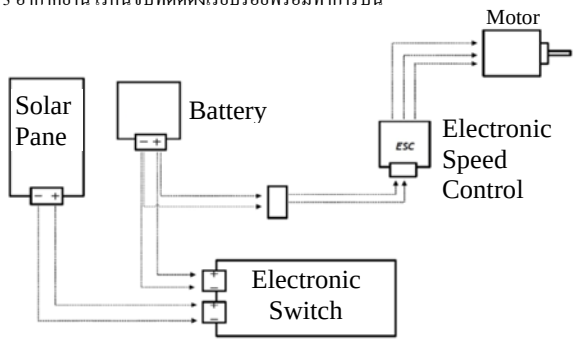
### 3.1 การติดตั้งโซล่าเซลล์

การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ลงบนปีกอากาศยานไร้คนขับ สามารถติดตั้งได้ประมาณ 30 แผ่น ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3 จากตารางที่ 1 สามารถคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของโซล่าเซลล์ หลังติดตั้งได้ค่ากำลังงานสูงสุดของแผงโซล่าเซลล์ 3.34*30 = 100.2 W แรงดันสูงสุดของแผงโซล่าเซลล์ต่อแบบอนุกรม 0.574*30 = 17.22 V กระแสสูงสุดของแผงโซล่าเซลล์ต่อแบบอนุกรมเท่ากับ 5.83 A ประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ 21.8% (ที่ความเข้มแสง 1000 W/m² และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) เนื่องจากแผงโซล่าเซลล์เป็นแบบบางและสามารถยืดหยุ่นตามโครงสร้างของปีกได้ การติดตั้งเข้าไปบนอากาศยานนั้นจึงไม่มีผลต่อการทำการบิน ส่วนการออกแบบระบบโซล่าเซลล์ของอากาศยานไร้คนขับจะใช้อิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ควบคุมการทำงาน ดังรูปที่ 4

รูปที่ 2 การติดตั้งโซล่าเซลล์ลงบนอากาศยานไร้คนขับ



รูปที่ 3 อากาศยานไร้คนขับที่ติดตั้งเรียบร้อยพร้อมทำการบิน

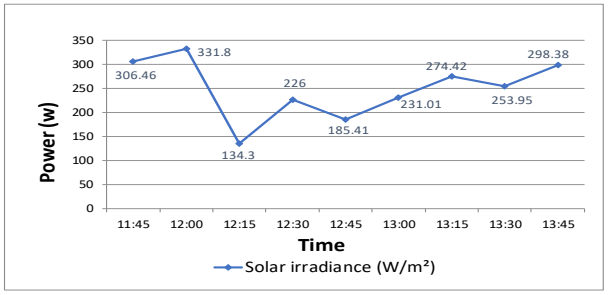



รูปที่ 4 การออกแบบระบบโซล่าเซลล์ของอากาศยานไร้คนขับ

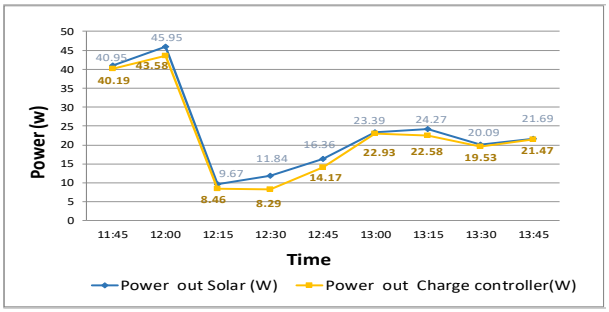
### 3.2 การทดสอบภาคพื้น

#### 3.2.1 ทดสอบระบบโซล่าเซลล์ภาคพื้นโดยต่อกับระบบของโหลดที่ใช้งานจริงและสภาพอากาศจริง

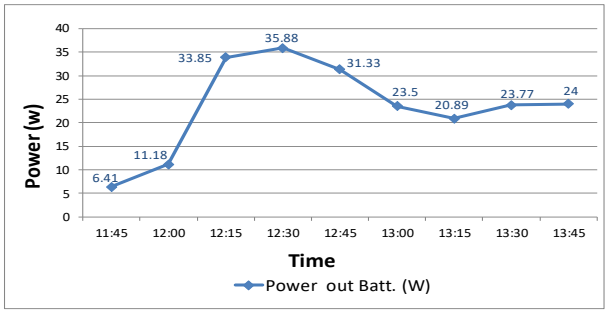
การทดสอบภาคพื้นโดยทำการจ่ายไฟให้กับระบบอากาศยาน แต่ไม่ได้ทำการบิน เริ่มทดสอบเวลา 11.45 น. ในวันที่ทดสอบมีความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดประมาณ 340 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังรูปที่ 5 และได้ค่ากำลังไฟฟ้าจากระบบโซล่าเซลล์และค่ากำลังไฟฟ้าที่ออกจากอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ ดังรูปที่ 6 ส่วนค่ากำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่จ่ายให้กับระบบเมื่อโซล่าเซลล์ไม่สามารถผลิตพลังงานออกมาได้ ดังรูปที่ 7 และค่ากำลังไฟฟ้าที่ระบบอากาศยานไร้คนขับ ใช้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 45 วัตต์ ดังรูปที่ 8



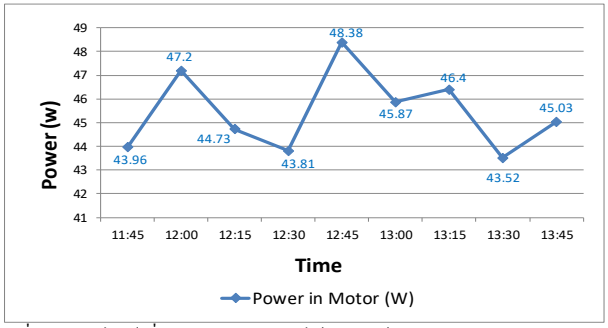

รูปที่ 5 ความเข้มของแสงอาทิตย์ในช่วงที่ทำการทดสอบ




รูปที่ 6 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากโซล่าเซลล์และที่ออกจากอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์




รูปที่ 7 กำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่จ่ายให้ระบบ

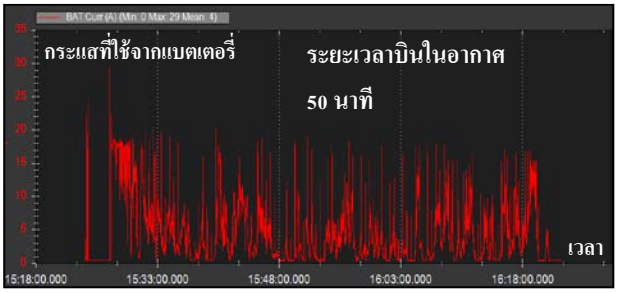



รูปที่ 8 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ระบบของอากาศยานไร้คนขับใช้

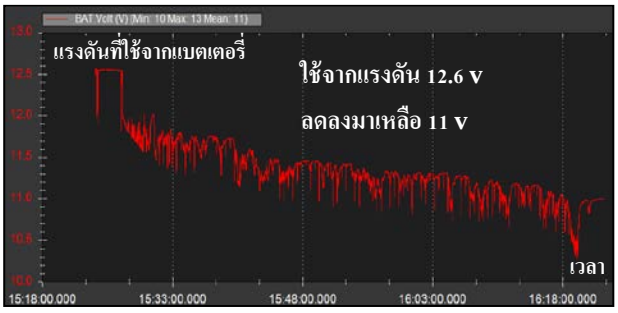
## 3.3 การทดสอบภาคอากาศ

### 3.3.1 ทดสอบระบบอากาศยานไร้คนขับภาคอากาศโดยไม่ใช้ระบบโซล่าเซลล์ในสภาพอากาศจริง

ทำการทดสอบภาคอากาศ โดยปิดระบบที่รับพลังงานจากโซล่าเซลล์ เริ่มทดสอบเวลา 15.20 น.ได้ค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการบันทึกของระบบควบคุมการบินอัตโนมัติโดยโปรแกรม Mission Planer ดังรูปที่ 9 และ 10 ตามลำดับ



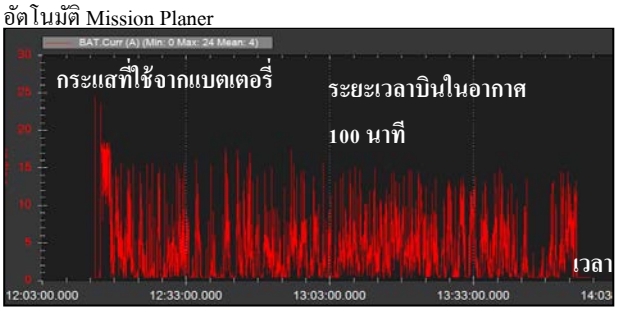

รูปที่ 9 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการบันทึกโดยไม่ใช้ระบบโซล่าเซลล์



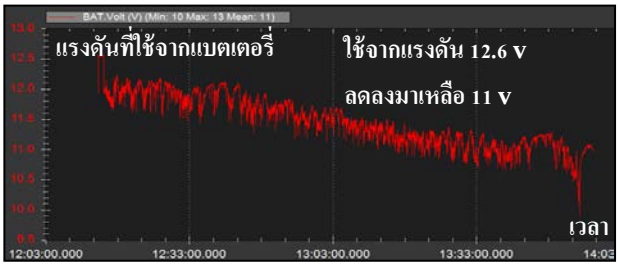

รูปที่ 10 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการบันทึกโดยไม่ใช้ระบบโซล่าเซลล์

### 3.3.2 ทดสอบระบบโซล่าเซลล์ภาคอากาศต่อกับระบบของโหลดที่ใช้งานจริงและสภาพอากาศจริง

เริ่มทดสอบเวลา 12.10 น.โดยค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการบันทึกของระบบควบคุมการบินอัตโนมัติ มาวิเคราะห์ ดังรูปที่ 11 และ 12 ตามลำดับ ซึ่งในขณะบินอยู่ในอากาศ สามารถตรวจสอบการทำงานของระบบโซล่าเซลล์และการใช้พลังงานของอากาศยานได้จากภาคพื้น โดยตรวจสอบจากหน้าต่างโปรแกรมควบคุมการบินอัตโนมัติ Mission Planer




รูปที่ 11 ข้อมูลกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการบันทึกโดยใช้ระบบโซล่าเซลล์




รูปที่ 12 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการบันทึกโดยใช้ระบบโซล่าเซลล์

รูปที่ 13 หน้าต่างโปรแกรมระบบควบคุมการบินอัตโนมัติโดยปิดระบบรับพลังงานจากโซล่าเซลล์

รูปที่ 14 หน้าต่างโปรแกรมระบบควบคุมการบินอัตโนมัติโดยเปิดระบบรับพลังงานจากโซล่าเซลล์

จากรูปที่ 13 และ 14 เมื่อปิดระบบรับพลังงานจากโซล่าเซลล์ ค่าพัลส์ที่ส่งออกไปที่ตัวอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ ในช่อง ch6out โดยตอนปิดอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ ค่าจะอยู่ที่ 1094.00 และหลังจากเปิดระบบโดยการสั่งจากภาคพื้นแล้วมีค่าพัลส์ตอนเปิดอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์อยู่ที่ 1934.00 จากตัวเลขค่าพัลส์ที่เพิ่มขึ้น แสดงให้รู้ว่าระบบรับพลังงานจากโซล่าเซลล์สังเกตได้จากกระแสไฟฟ้าที่ระบบใช้จากแบตเตอรี่จะลดลง ซึ่งเมื่อปิดระบบโซล่าเซลล์ ค่ากระแสที่แสดงจะเป็นค่ากระแสที่ระบบแสดงการใช้จากแบตเตอรี่โดยตรง แต่หลังจากเปิดระบบโซล่าเซลล์แล้วค่ากระแสไฟฟ้าจะลดลงจาก 9.3 A จนเหลือ 1.3 A เนื่องได้รับพลังงานจากโซล่าเซลล์เข้ามาช่วยแต่ค่าที่แสดงนี้จะไม่คงที่ขึ้นอยู่กับสภาพของแสงอาทิตย์

## 4. ผลจากการทดสอบ

### 4.1 ผลการทดสอบระบบโซล่าเซลล์ภาคพื้นต่อกับระบบของโหลดที่ใช้งานจริงและสภาพอากาศจริง

จากการทดสอบระบบโซล่าเซลล์ภาคพื้นต่อกับระบบของโหลดที่ใช้งานจริงและสภาพอากาศจริง เริ่มทดสอบที่เวลา 11.45 น. โดยใช้ระบบโซล่าเซลล์ควบคู่ไปกับแบตเตอรี่จนแบตเตอรี่เหลือ 10 % และสิ้นสุดการทดสอบที่เวลา 13.45 น. พบว่าได้ระยะเวลาทดสอบจำนวน 2 ชั่วโมง

### 4.2 ผลการสอบระบบอากาศยานไร้คนขับภาคอากาศโดยไม่ใช้ระบบโซล่าเซลล์ในสภาพอากาศจริง

จากการทดสอบระบบอากาศยานไร้คนขับภาคอากาศโดยไม่ใช้ระบบโซล่าเซลล์ในสภาพอากาศจริง เริ่มทดสอบที่เวลา 15.20 น. โดยบินทดสอบด้วยแบตเตอรี่เพียงอย่างเดียวจนแบตเตอรี่เหลือ 10% และสิ้นสุดเวลาทดสอบที่เวลา 16.10 น. พบว่าได้ระยะเวลาทดสอบจำนวน 50 นาที

### 4.3 ผลการทดสอบระบบโซล่าเซลล์ภาคอากาศต่อกับระบบของโหลดที่ใช้งานจริงและสภาพอากาศจริง

จากการทดสอบระบบโซล่าเซลล์ภาคอากาศต่อกับระบบของโหลดที่ใช้งานจริงและสภาพอากาศจริง เริ่มทดสอบที่เวลา 12.05 น.โดยบินทดสอบด้วยระบบโซล่าเซลล์ควบคู่ไปกับแบตเตอรี่จนแบตเตอรี่เหลือ 10% และสิ้นสุดการทดสอบที่เวลา 13.45 น. พบว่าได้ระยะเวลาทดสอบจำนวน 1 ชั่วโมง 40 นาที (วันที่ทดสอบใช้โซล่าเซลล์ 29 แผ่น เนื่องจากชำรุด)

## 5. สรุป

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบของอากาศยานไร้คนขับซึ่งจากเดิมมีระยะเวลาปฏิบัติภารกิจอยู่ที่ 50 นาที ได้มีการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์เข้าไปนั้นพบว่าการทดสอบภาคพื้นและภาคอากาศมีระยะเวลาในการปฏิบัติภารกิจเพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นจากเดิม 140% และ 100% ตามลำดับ โดยระบบโซล่าเซลล์ที่ติดตั้งเข้าไปนั้นมีน้ำหนักรวมเพียง 218 g เนื่องจากอากาศยานลำนี้มีน้ำหนักตัว 2,049 g และสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 2,500 g (รวมน้ำหนักตัว) การเพิ่มระบบโซล่าเซลล์เข้าไปนั้นจึงไม่เกินน้ำหนักสูงสุดที่อากาศยานรับได้ 2,049 g + 218 g = 2,267 g ทำให้สรุปได้ว่าพลังจากแสงอาทิตย์โดยใช้โซล่าเซลล์เปลี่ยนรูปแบบพลังงานเป็นพลังงานไฟฟ้าและสามารถเข้ามาเพิ่มสมรรถนะให้กับอากาศยานไร้คนขับได้ซึ่งบรรลุตามวัตถุประสงค์

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ เจนวิทย์ คำพูล อาจารย์ภาควิศวกรรมอากาศยาน โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทษัตริยาธิราช ที่ให้การสนับสนุนอากาศยานไร้คนขับ

## 7. เอกสารอ้างอิง

[1] W Jiajan, J Kampoon, J Klongtrujrok, and I Yuthayanon, “Conceptual Design of Tactical Solar Power UAV”

[2] Joana Carlota Caires Sousa “Solar System for a Long Endurance Electric UAV”

[3] Tiago Miguel Moreira Ferreira “Hybrid Propulsion System of a Long Endurance Electric UAV