

## ประสิทธิภาพการผลิตพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะ พรหมพัทธ์ บุญรักษา<sup>1\*</sup>, ธีระพงษ์ บุญรักษา<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Email: promphak.dawan@gmail.com<sup>1</sup>, terapong.boo@rmutr.ac.th<sup>2</sup>

Received: July 14, 2020

Revised: September 20, 2020

Accepted: October 8, 2020

### บทคัดย่อ

พลังงานเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาด้านเศรษฐกิจของหลายประเทศ อย่างไรก็ตาม พลังงานจากฟอสซิลเริ่มลดลงเรื่อย ๆ ดังนั้น พลังงานทดแทนจึงเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญที่สามารถช่วยลดการใช้พลังงานจากฟอสซิลได้ โดยเฉพาะในระบบขนส่งที่ใช้พลังงานจำนวนมาก บทความนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะ โดยทำการเปรียบเทียบการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้น โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 80 วัตต์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการผลิตพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะมีประสิทธิภาพ 65.5% และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้นมีประสิทธิภาพ 90.37% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนยานพาหนะนั้นทำให้ประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าลดลง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและมีเงามาบังจึงทำให้ประสิทธิภาพลดลง อย่างไรก็ตาม การวางแผนการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนยานพาหนะไฟฟ้าจะต้องมีการวางแผนเป็นอย่างดีเพื่อให้มีพลังงานเพียงพอสำหรับการให้บริการ

**คำสำคัญ :** ประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า, แผงเซลล์แสงอาทิตย์, ยานพาหนะ

## **The power production efficiency of solar panels installed on the vehicles**

**Promphak Boonraksa<sup>1\*</sup>, Terapong Boonraksa<sup>2</sup>**

<sup>1\*</sup>Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Bangkokthonburi University

<sup>2</sup>School of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Email: promphak.dawan@gmail.com<sup>1\*</sup>; terapong.boo@rmutr.ac.th<sup>2</sup>

Received: July 14, 2020

Revised: September 20, 2020

Accepted: October 8, 2020

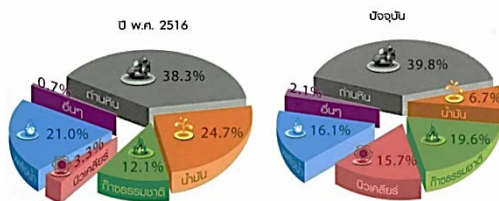
### **Abstract**

The energy is a major factor in the economic development of many countries. However, the energy from fossils began to decline gradually. Therefore, renewable energy is an important part that can help reduce the use of fossil energy, especially in transportation systems that use a lot of energy. This article focuses on studying the power production efficiency of solar panels installed on the vehicles. The energy production of solar panels installed on vehicles was compared with the energy on solar panels installed on the ground with 80 W solar panels. The results show that the efficiency of solar panels installed on vehicles is 65.5% and the solar panels installed on the ground are more efficient at 90.37%. Indicating that the installation of solar panels on vehicles causes the efficiency of electricity production to decrease. The movement of vehicles and shadows is obscured; therefore, the efficiency of energy production was reduced. However, the planning for the installation of photovoltaic power generation systems on electric vehicles must be well planned in order to have sufficient energy for service.

**Keywords :** Power production efficiency, Solar panels, Vehicles

### บทนำ

พลังงานทดแทนในปัจจุบันนั้นถือว่ามีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานจำพวกเชื้อเพลิงฟอสซิลและถ่านหินที่ใช้กันอยู่ เป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และคาดว่าจะในไม่ช้า เชื้อเพลิงเหล่านี้จะหมดไป ในช่วงเวลา 40 ปีที่ผ่านมา การผลิตไฟฟ้าด้วยน้ำมันและพลังน้ำ มีสัดส่วนลดลงตามลำดับเนื่องจากข้อจำกัดของแหล่งพลังงาน และราคาที่สูงขึ้น ดังนั้น พลังงานทดแทนที่มาจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานความร้อนใต้พิภพ จึงเป็นแหล่งพลังงานที่มีสำคัญมากขึ้น เพื่อที่จะนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าแทนแหล่งพลังงานที่กำลังจะหมดไป [1] รูปที่ 1 แสดงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าของโลก



รูปที่ 1 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าของโลก [1]

พลังงานทดแทนที่น่าสนใจและเป็นที่ยอมรับใช้ผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย คือ พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเขตร้อนที่มีแสงแดดตลอดทั้งวันและมีค่าความเข้มแสงมากพอสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ตลอดปี พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีอยู่อย่างไม่จำกัดเป็นพลังงานที่ใช้แล้วไม่มีวันหมด และเทคโนโลยีที่ใช้แปลงแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้าไม่ได้ก่อให้เกิดมลพิษ (คาร์บอนไดออกไซด์และมลพิษทางอากาศอื่น ๆ) รวมทั้งการใช้งานพลังงานจากแสงอาทิตย์ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ดีขึ้น

การใช้อยานพาหนะไฟฟ้าแทนการใช้รถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงนั้นสามารถช่วยลดการใช้น้ำมันและลดมลภาวะทางอากาศได้ด้วย รวมถึงสามารถลดภาวะโลกร้อน ปัจจุบันรัฐบาลไทยเริ่มมีนโยบายสนับสนุนการใช้พลังงานสะอาดและการใช้อยานพาหนะไฟฟ้า โดยเฉพาะการขนส่งทุกวันนี้ใช้เชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงานหลัก โดยมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมากทุกวันจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งเป็นการสร้างมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การใช้อยานพาหนะที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจึงเป็นทางเลือกที่ใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว [2] การใช้อยานพาหนะไฟฟ้า หรือรถที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถประหยัดพลังงานได้มากถึง 80% จึงทำให้เริ่มมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก อย่างไรก็ตาม ค่าใช้จ่ายต้นทุนของยานพาหนะไฟฟ้าเหล่านี้ก็ยังมีราคาที่สูงพอสมควร [3]

พลังงานแสงอาทิตย์ถูกใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบไฟฟ้าในหลายประเทศ นอกจากนี้ยังใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับยานพาหนะไฟฟ้าและรถเมลิไฟฟ้า ซึ่งสามารถใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อลดมลพิษทางอากาศได้เช่นกัน ยานพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานหมุนเวียนจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นศูนย์ ซึ่งใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ และมีตัวติดตามกำลังไฟฟ้าที่นำมาใช้สำหรับการติดตามการใช้พลังงานสูงสุดและยังสามารถปรับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับระบบไฟฟ้าของยานพาหนะไฟฟ้า [4]

ปัจจุบันบริษัท โตโยต้า ได้มีการพัฒนายานพาหนะพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นใหม่และทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ามีประสิทธิภาพ 34% สามารถแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้งานได้ แม้ในขณะที่รถกำลังวิ่งและในแต่ละวันพลังงานแสงอาทิตย์สามารถ

ผลิตพลังงานไฟฟ้าที่สามารถทำให้รถวิ่งได้ที่ระยะทาง 44.5 กิโลเมตร

การพัฒนายานยนต์โดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีหลายบริษัทให้ความสนใจ เพื่อออกแบบให้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด [5] การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับรถยนต์ไฟฟ้าและรถยนต์ไฮบริดมีต้นทุนที่ลดลงและประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แต่ความเป็นไปได้ในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้กับรถยนต์ยังอยู่ในขั้นตอนการทดลองจึงมีการนำเสนอเกี่ยวกับมุมมองโอกาสและปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับรถยนต์ [6] การศึกษาเกี่ยวกับการจัดการการไหลของพลังงานไฟฟ้าในรถยนต์พลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริดที่มีโครงสร้างแบบอนุกรม โดยมีแผงโซลาร์เซลล์ซึ่งมีส่วนช่วยสำหรับการชาร์จแบตเตอรี่ในระหว่างการจอดและเมื่อรถวิ่ง และยังมีการพิจารณาถึงผลกระทบด้านความร้อนที่เกิดขึ้นต่อเครื่องยนต์ รวมถึงการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [7]

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดสำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยความเร็วสูงสุด 60 km/hr. โดยใช้พื้นที่เส้นทางการศึกษาบริเวณถนนเลียบริมคลองทวิวัฒนา และถนนพุทธมณฑล สาย 4 ทำการเปรียบเทียบผลการทดลองกับประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้น โดยใช้พื้นที่บริเวณมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี เป็นพื้นที่กรณีศึกษา และทำการเก็บข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามช่วงเวลาที่กำหนดเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตพลังงาน

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดสำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะที่

ขับเคลื่อน โดยใช้พื้นที่บริเวณมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี เป็นพื้นที่กรณีศึกษาและทำการเก็บข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้นเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

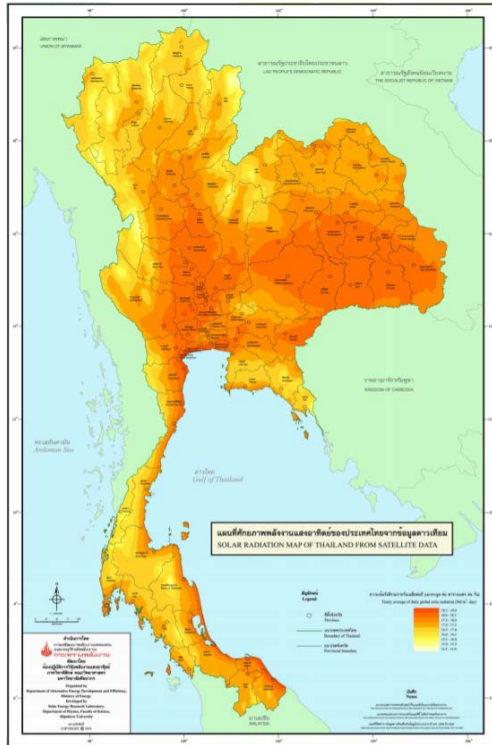
### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้นและเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะ
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้นกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะ
3. เพื่อวิเคราะห์การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะ

### แนวคิดทฤษฎีและวรรณกรรม

#### 1. พลังงานแสงอาทิตย์

แสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์โดยไม่จำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิง และมีการนำมาใช้ประโยชน์มาแต่สมัยโบราณ เช่น การตาก หรืออบ สีนํ้าเค็ม การทำให้นํ้าอุ่น เป็นต้น หลังจากนั้น ได้มีการพยายามนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า แสงอาทิตย์ตกกระทบลงพื้นผิวโลกเฉลี่ยประมาณ 4-5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อตารางเมตรต่อวัน ถ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานร้อยละ 15 ซึ่งแสดงว่าเซลล์แสงอาทิตย์ 1 ตารางเมตร สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 650 – 750 วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน ประเทศไทยมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าประมาณ 250 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน พื้นที่ประมาณ 1,500 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 0.3 ของพื้นที่ในประเทศไทย สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตามที่ต้องการรูปที่ 2 แสดงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยจากข้อมูลดาวเทียมปี 2561 [8-9]



รูปที่ 2 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยจากข้อมูลดาวเทียมปี 2561 [8]

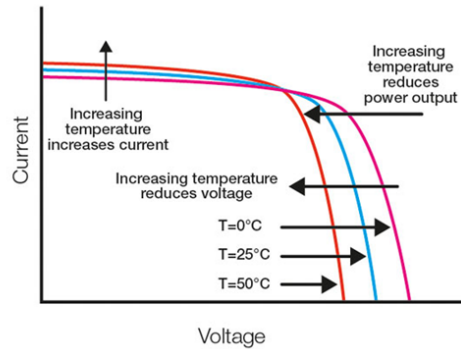
## 2. เซลล์แสงอาทิตย์

### 2.1 พฤติกรรมของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ จะประกอบไปด้วย

#### 2.1.1 ความเข้มของแสง (Solar irradiance)

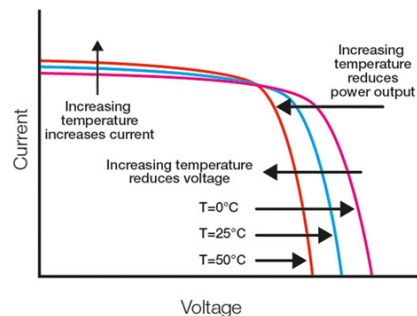
กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความสัมพันธ์กระแสและแรงดันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [10]

#### 2.1.2 อุณหภูมิ (Temperature)

กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (Volt) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุก ๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงและประสิทธิภาพก็ลดลงด้วย [11] รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [10]

## 2.2 สมการหาประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นก็มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความเข้มแสงและอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยอุณหภูมิจะแปรผกผันกับประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กล่าวคือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง [12]

สำหรับการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ก็คือ การกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ที่จะต้องทำการตรวจวัดเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ตามมาตรฐาน IEC 61724 เป็นมาตรฐานที่อธิบายถึงวิธีการตรวจวัดและวิเคราะห์สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ซึ่งจุดมุ่งหมายหลักของการวิเคราะห์สมรรถนะก็คือ การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบที่สนใจกับระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์อื่น ๆ ที่มีรายงานการติดตั้งและทดสอบเพื่อพิจารณาว่าระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ดังกล่าวมีสมรรถนะอยู่ในระดับใด และตัวแปรที่แสดงถึงลักษณะเฉพาะของระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ในด้านพลังงาน เช่น ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์แนวราบ กำลังไฟฟ้าที่ออกจากระบบโซลาร์เซลล์ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการประจุระบบแบตเตอรี่ พลังงานไฟฟ้าที่เข้าและออกจากระบบ ฯลฯ เพื่อใช้ในการประเมินสมรรถนะโดยรวมของระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ได้รับการติดตั้งเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ทั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แบบอิสระ (Stand-Alone) และระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แบบเชื่อมต่อสายส่ง (Utility Grid-Connected) โดยสามารถแบ่งหัวข้อที่สำคัญได้เป็น 2 ส่วนหลัก คือ ตัวแปรจากการตรวจวัด และ ตัวแปรจากการคำนวณ

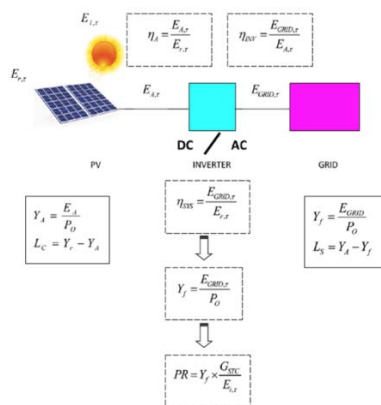
### 2.2.1 ตัวแปรจากการตรวจวัด

สิ่งสำคัญอันดับแรกสำหรับการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ก็คือ

การกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ที่จะต้องทำการตรวจวัดเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบ ซึ่งในมาตรฐาน IEC 61724 ได้กำหนดตัวแปรที่จะต้องทำการตรวจวัดจากระบบขึ้นมา 6 กลุ่มหลัก ประกอบด้วย ตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorology) ตัวแปรที่เกี่ยวกับแผงโซลาร์เซลล์ (Photovoltaic array) ตัวแปรที่เกี่ยวกับระบบเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage) ตัวแปรที่เกี่ยวกับภาระทางไฟฟ้า (Load) ตัวแปรที่เกี่ยวกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า (Utility Grid) และ ตัวแปรที่เกี่ยวกับระบบผลิตพลังงานสำรอง (Back-up sources)

### 2.2.2 ตัวแปรจากการคำนวณ

ตัวแปรจากการคำนวณ เป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับหลักสมดุลพลังงานและสมรรถนะของระบบซึ่งเกิดจากการนำตัวแปรที่ได้จากการตรวจวัดจริงในขั้นต้นมาทำการคำนวณตามวิธีการทางคณิตศาสตร์เช่น การหาผลรวม, การหาค่าเฉลี่ย, การหาค่ามากที่สุด, การหาค่าน้อยสุด และการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงต่อเวลา เป็นต้น โดยสามารถแบ่งตัวแปรที่ได้จากการคำนวณออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ ตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา ตัวแปรที่เกี่ยวกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าของระบบ ตัวแปรที่เกี่ยวกับสมรรถนะของอุปกรณ์ในระบบ และตัวแปรที่บ่งชี้สมรรถนะของระบบ [10,12]



รูปที่ 5 แผนภาพวิธีการการประเมินประสิทธิภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์ [10]

โดยมีรายละเอียดการวิธีการคำนวณดังนี้  
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์  
แสงอาทิตย์ต่อกำลังติดตั้ง  $Y_{A,\tau} = kWh / kWp$

$$Y_{A,\tau} = \frac{E_{A,\tau}}{P_o} \quad (1)$$

$P_o$  = กำลังงานไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผง  
เซลล์แสงอาทิตย์ ( $kWp$ )

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์  
ทางทฤษฎี  $Y_{r,\tau} = kWh / kWp$

$$Y_{r,\tau} = \frac{E_{i,\tau}}{G_{STC}} \quad (2)$$

$G_{STC}$  = ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่  
สภาวะมาตรฐานการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ ( $STC$   
 $= 1 \text{ kW/m}^2$ )

พลังงานไฟฟ้าใช้จริงที่ผลิตจากแผงเซลล์  
แสงอาทิตย์ ( $Y_{f,\tau}, kWh / kWp$ )

$$Y_{f,\tau} = \frac{E_{GRID,\tau}}{P_o} \quad (3)$$

พลังงานสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์  
( $L_C, kWh / kWp$ )

$$L_C = Y_r - Y_A \quad (4)$$

ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์  
( $\eta_{A,\tau}, \%$ )

$$\eta_{A,\tau} = \frac{E_{A,\tau}}{E_{r,\tau}} \times 100 \quad (5)$$

### 3. การกักเก็บพลังงานและแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เก็บสำรอง  
พลังงานไฟฟ้า นิยมใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน  
แสงอาทิตย์แบบอิสระ และเริ่มถูกนำมาใช้การผลิต  
ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อบระบบ  
จำหน่ายสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน  
ใน พ.ศ. 2560 โดยจะช่วยเก็บสำรองพลังงานไฟฟ้า  
ที่ผลิตได้และจ่ายไฟฟ้าเมื่อต้องการเพื่อสร้างความ

เชื่อถือ และความมั่นคงในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน  
ทดแทน โดยทั่วไปแบตเตอรี่ส่วนใหญ่เป็นแบตเตอรี่  
ตะกั่ว-กรด การออกแบบของแบตเตอรี่ชนิดนี้มีแผ่น  
ตะกั่วที่มีลักษณะเฉพาะและมีน้ำหนักรวม ตารางที่  
1 แสดงตัวอย่างรายการแบตเตอรี่สำหรับการผลิต  
ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานทดแทนที่  
ผลิตในประเทศไทย [13]

ตารางที่ 1 รายการแบตเตอรี่ตะกั่วกรดสำหรับผลิต  
ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานทดแทน

| ลำดับ | โรงงานผลิตในประเทศไทย                      | ประเทศ<br>ผู้ผลิต | เครื่องหมาย<br>ทางการค้า                      |
|-------|--------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| 1     | บริษัท ดิรูธโซติ จำกัด                     | ไทย               | APPLEGREEN                                    |
| 2     | บริษัท สยามแบตเตอรี่อินดัสทรี<br>จำกัด     | ไทย               | BOLIDEN,<br>TRANE SMF,<br>CROWN,<br>VICTORITE |
| 3     | บริษัท สยามฟูรูกาวา แบตเตอรี่              | ญี่ปุ่น           | FB                                            |
| 4     | บริษัท สยามจีเอสแบตเตอรี่<br>จำกัด         | ญี่ปุ่น           | GS                                            |
| 5     | บริษัท ไทยสโตนเรจ จำกัด<br>(มหาชน)         | ไทย               | 3K                                            |
| 6     | ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็น วี<br>แบตเตอรี่     | ไทย               | N.V. BATTERY                                  |
| 7     | บริษัท ยัวซ่าแบตเตอรี่ ประเทศ<br>ไทย จำกัด | ญี่ปุ่น           | YUASA,<br>THUNDERLITE,<br>YUCON               |

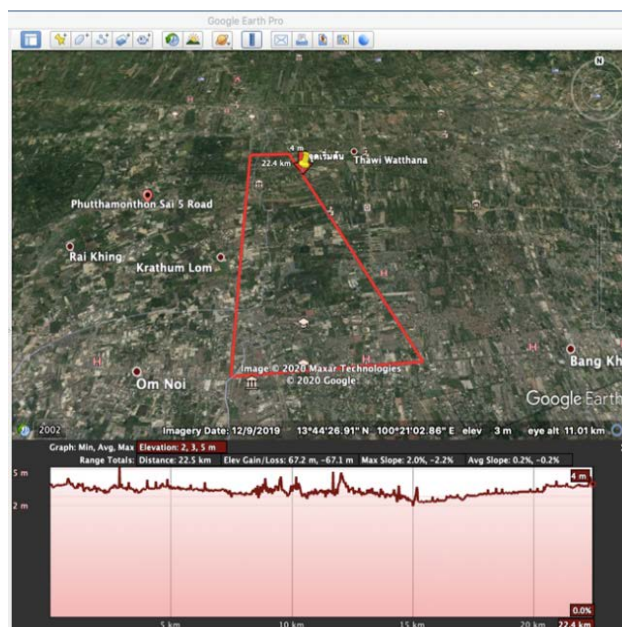
### ระเบียบวิธีวิจัย

#### 1. พื้นที่และเส้นทางกรณีศึกษา

พื้นที่กรณีศึกษาจะใช้พื้นที่บริเวณมหาวิทยาลัย  
กรุงเทพธนบุรี สำหรับการตรวจวัดผลพลังงานไฟฟ้า  
ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้น รูปที่  
6 แสดงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono-Crystalline  
ขนาด 80 วัตต์ที่ใช้ในการผลิตพลังงานให้ยานพาหนะ  
สำหรับเส้นทางกรณีศึกษาจะใช้เส้นทางบริเวณถนน  
พุทธมณฑลสาย 4 และถนนคลองทวีวัฒนา ซึ่งเป็น  
ระยะทาง 22.5 กิโลเมตร รูปที่ 7 แสดงแผนที่เส้นทาง  
กรณีศึกษา โดยใช้โปรแกรม Google Earth ซึ่งสามารถ  
แสดงระยะทางและความชันของเส้นทาง



รูปที่ 6 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono-Crystalline ขนาด 80 วัตต์



รูปที่ 7 แผนที่เส้นทางการขับเคลื่อนกรณีศึกษา

2. การผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์  
ที่ติดตั้งบนพื้น

การผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่  
ติดตั้งบนพื้นจะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด

กำลังไฟฟ้า 80 วัตต์ และใช้ชุดควบคุมพลังงานไฟฟ้า  
และบันทึกข้อมูลพลังงานไฟฟ้า โดยจะทำการ  
บรรทุกข้อมูลตั้งแต่เวลา 06.00 น. ถึง 18.00 น.  
ทำการบันทึกข้อมูล 5 วัน วันที่ 26 -30 พฤษภาคม

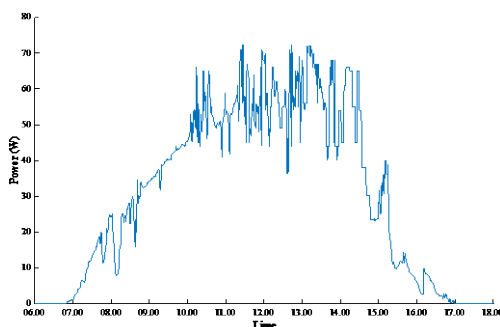
2563 และนำข้อมูลกำลังไฟฟ้าทั้ง 5 วัน มาหาค่าเฉลี่ยของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

3. การผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะ

การผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะจะทำการศึกษาโดยการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนรถกระบะและให้รถวิ่งไปตามเส้นทางกรณีศึกษา โดยแบ่งช่วงการบันทึกข้อมูลออกเป็น 5 ช่วง ได้แก่ เวลา 08.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. และ 16.00 น. ทำการทดสอบ 5 วัน และนำข้อมูลกำลังไฟฟ้าทั้ง 5 วัน มาหาค่าเฉลี่ยของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละช่วงเวลา

### ผลการวิจัย

หลังจากทำการทดลองและบันทึกข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้นแสดงให้เห็นว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุด 72.3 วัตต์ ในช่วงเวลา 12.52 น. และพลังงานไฟฟ้ารวมต่อวัน 366.91 วัตต์-ชั่วโมง ตารางที่ 2 แสดงการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้น รูปที่ 8 แสดงรูปแบบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้น

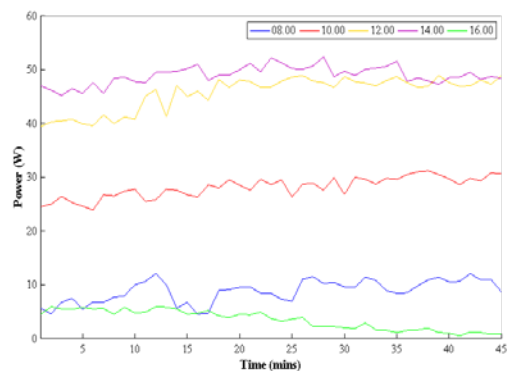


รูปที่ 8 รูปแบบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้น

ตารางที่ 2 การผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้น

| ช่วงเวลา | กำลังไฟฟ้าสูงสุด | พลังงานไฟฟ้า |
|----------|------------------|--------------|
| 12.52 น. | 72.3 W           | 366.91 Wh    |

การผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะ ซึ่งมีการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลา 14.00 น. ที่กำลังไฟฟ้าสูงสุด 52.4 วัตต์ และมีการผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมต่อวัน 37.54 วัตต์-ชั่วโมง ตารางที่ 3 แสดงการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะ และรูปที่ 9 แสดงรูปแบบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะ

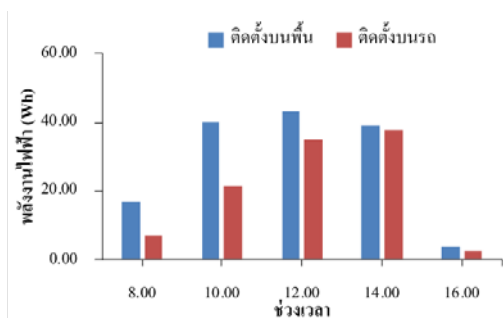


รูปที่ 9 รูปแบบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะ

ตารางที่ 3 การผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะ

| ช่วงเวลา | กำลังไฟฟ้าสูงสุด | กำลังไฟฟ้าต่ำสุด | กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย | พลังงานไฟฟ้า |
|----------|------------------|------------------|------------------|--------------|
| 08.00 น. | 12.1 W           | 4.5 W            | 8.85 W           | 6.79 Wh      |
| 10.00 น. | 31.8 W           | 23.9 W           | 28.20 W          | 21.62 Wh     |
| 12.00 น. | 48.9 W           | 39.4 W           | 45.72 W          | 35.05 Wh     |
| 14.00 น. | 52.4 W           | 45.2 W           | 48.96 W          | 37.54 Wh     |
| 16.00 น. | 5.90 W           | 0.52 W           | 3.44 W           | 2.61 Wh      |

การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้จะทำการเปรียบเทียบเฉพาะช่วงที่ทำการบันทึกข้อมูลในส่วนของการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะ ดังนั้น การเปรียบเทียบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแสดงได้ในรูปที่ 10 ซึ่งแสดงให้เห็นความแตกต่างของประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นการการติดตั้งบนยานพาหนะ คือ 40.06% 53.76% 81.35 % 96.23% และ 72.74% ตามช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งจะเห็นได้ว่าการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนยานพาหนะมีประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าการติดตั้งบนพื้น ซึ่งมีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์พลังงานมากในช่วงเวลา 08.00 น. ที่ประสิทธิภาพเพียง 40.06% ซึ่งหากนำกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้ในช่วงเวลาเดียวกันมาวิเคราะห์จะได้ประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งบนพื้น 90.37% และประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งบนยานพาหนะ 65.5% เมื่อเทียบกับกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

### สรุปและอภิปรายผล

บทความนี้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะ โดยทำการเปรียบเทียบการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนยานพาหนะนั้นทำให้ประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง ดังนั้น การประยุกต์ใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์กับยานพาหนะไฟฟ้าจึงต้องมีการศึกษาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ อย่างรอบคอบ รวมถึงศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าบนยานพาหนะไฟฟ้าที่วิ่งไปตามเส้นทาง เช่น เงามจากต้นไม้หรือตึกสูงที่มาบดบังแสงอาทิตย์ ช่วงเวลาที่ใช้งาน และมุมที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนยานพาหนะไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม อาจจะมีการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับการใช้งานกับยานพาหนะไฟฟ้าในอนาคตและมีราคาที่ถูกลง

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษางานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรีที่ช่วยสนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้

### References

- [1] Ministry of Energy, *Renewable and Alternative Energy Development Plan 2015 – 2036*, Bangkok: Ministry of Energy, 2015.

- [2] Terapong Boonraksa, Promphak Dawan, and Boonruang Marungsri, “Electric Bus Energy Requirements for the Stand-alone Fast Charging Station Combined with a PV Power Generation and Battery Energy Storage System,” *15th Conference on Energy Network of Thailand (E-NETT), Nakhon Ratchasima, Thailand, 21-24 May, 2019*. pp. 648-655.
- [3] Nuttapol Chartsuk, Terapong Boonraksa and Boonruang Marungsri, “Comparison of the Charging Behavior of Electric Vehicles with Normal and Fast Charging,” In, *Asian Conference on Engineering and Natural Sciences, Hokkaido, Japan, 22-24 January, 2019*.
- [4] Terapong Boonraksa, Promphak Boonraksa, Nitikon Junhuathon, and Boonruang Marungsri, “Feasibility of On-Board Photovoltaics on Plug-in Electric Public Transportation Buses,” *International Journal of Advanced Science and Technology*, Vol. 29, No. 6s, pp. 627-636, 2020
- [5] Samet Bakirci, Adem Caliskan and H. S. Soyhan, USING SOLAR ENERGY IN PASSENGER CARS, *Conference: 10. Int. Congress Machines Technologies Materials conference*. Vol.12/2013, pp. 67-68.
- [6] Gianfranco Rizzo, Ivan Arsie, Marco Sorrentino, Solar energy for cars: *perspectives, opportunities and problems*. GTAA Meeting, Mulhouse, 26-27 May, 2010.
- [7] Ivan Arsie, Raffaele Di Martino, Gianfranco Rizzo, Marco Sorrentino, “Energy Management for a Hybrid Solar Vehicle with Series Structure”. *IFAC Proceedings*, Vol. 41, No.2, 2008, pp. 3362-3367.
- [8] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, “*Thailand Alternative Energy Situation 2018*,” Vol. 16 (No.16), Page 27. Bangkok: Ministry of Energy.
- [9] Serm Janjai. *Solar Radiation*. (2). Nakhon Pathom: Petchkasem Printing Group Company Limited, 2017.
- [10] Promphak Boonraksa, “*The Power Output Forecasting on Photovoltaic Systems using the Particle Swarm Optimization - Artificial Neural Network Method*,” A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Doctor of Engineering in Electrical Engineering Faculty of Engineering, King Mongkut’s institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 2019.
- [11] Poom Konghuayrob, “*A study on multiplestep size incremental conductance technique and fuzzy logic control for MPPT in flyback PV inverter*,” Thesis Master of Engineering in Engineering. King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 2013.

- [12] Promphak Dawan, Kamonwan Buawichian, Pomphimon Thiamphan, Kaweejoj Woranet Sutthikun and Terapong Boonraksa, "Comparison the Power output of 80 W Monocrystalline Silicon Solar Cell installed on land and installed on the Floating photovoltaic," *15<sup>th</sup> Conference on Energy Network of Thailand (E-NETT 2019, Greenery Resort Khao Yai, Nakhon Ratchasima, Thailand, 2019*, pp. 157-161.
- [13] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, *Status report of electricity production from solar energy of Thailand 2016-2017* (Vol. 1), Bangkok: Ministry of Energy, 2016.