

# การประเมินสมรรถนะและเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์ แสงอาทิตย์แบบหลายเทคโนโลยี

## Performance Evaluation and Comparison of Different Technologies of Solar Cell Electricity Generation System

กอบเกต กุ้งทอง<sup>1</sup>

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

จากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีเทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่างชนิดกันจำนวน 3 ชนิดคือ (1) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon) (2) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดไมโครคริสตัลไลน์อะมอร์ฟัสซิลิคอน (Micro Crystalline Amorphous Silicon) และ (3) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารประกอบของคอปเปอร์อินเดียมแกลเลียมไดเซเลไนด์ CI(GS)S (Copper Indium gallium Di-Selenide) กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด 7820.3 kWh และมีผลรวมเท่ากับ 164867.2 kWh ชนิดที่ 3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon) Zone E Performance Ratio (%) สูงสุด 101.201 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon) Zone การประเมินสมรรถนะและเปรียบเทียบของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายเทคโนโลยีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกันโดยการติดตั้งระบบ PV ทั้ง 3 ชนิด ชนิดแผงที่ดีที่สุดคือเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon) Zone D เพื่อทดสอบการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดภายใต้สภาวะการใช้งานจริงในประเทศไทยจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประเมินสมรรถนะของระบบเพื่อหาเทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมและเปรียบเทียบแผงที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดเพื่อใช้ในการติดตั้งใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต่อไป

**คำสำคัญ:** การประเมินสมรรถนะ Performance Ratio เปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

<sup>1</sup> นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

<sup>2</sup> ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคลหลัก

## ABSTRACT

From this installed electricity from solar cells that have 3 different types(1) Amorphous Silicon solar cells ( 2) Micro Crystalline Amorphous Silicon Solar Cells (3) Copper Indium Gallium Diselenide CI (GS) S (Copper Indium gallium) Solar Cells Di-Selenide) The maximum electricity generating capacity 7820.3 kWh and the total is equal to 164867.2 kWh Type 3 Amorphous Silicon solar cells ZoneE Performance Ratio (%) maximum101.201 Amorphous Silicon Solar Cells, Zone, Assessment and Comparison of Power Generation Systems from Multiple Photovoltaic Solar Power Plants, by installing both PV systems 3 types, the best panel type is Amorphous Silicon solar cell Zone D To test the electricity production of each type of solar panel under actual usage conditions in Thailand, and then use the information to evaluate the system performance to find the suitable solar panel technology and compare the best efficiency panel To be used in the installation and operation of the electricity generating system from solar cell

**Keywords:** Performance Assessment, Performance Ratio, Comparison of photovoltaic power generation systems

## 1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตรซึ่งสามารถรับแสงแดดตลอดทั้งปีมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายปี 17.4 MJ/m<sup>2</sup>.day (4.83 kWh/ m<sup>2</sup>.day) ซึ่งมีศักยภาพที่เพียงพอต่อการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานได้ทั้งปีและในแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan : AEDP) ของประเทศไทยมีเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในปีพ.ศ. 2564 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการให้ความสำคัญต่อการใช้พลังงานทดแทนในส่วนของการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีเป้าหมายการติดตั้งที่ 3,000 MW

โดยทั่วไปคุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระบุโดยผู้ผลิตนั้นทำการทดสอบที่เงื่อนไขมาตรฐาน Standard Test Condition: STC นั่นคือกรทดสอบที่อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 25องศาเซลเซียส ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ 1,000W/m<sup>2</sup> และสเปกตรัมแสง AM 1.5 (Air Mass 1.5) ซึ่งมีความแตกต่างจากสภาวะการใช้งานจริง ด้วยปัจจัยของสิ่งแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ความเข้มรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์, ฝุ่นละอองและอื่น ๆ ซึ่งเป็นปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการประเมินสมรรถนะ และเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายเทคโนโลยี เพื่อทดสอบกำลังการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดแบบ

ยึดติดบนพื้นราบ Fix Type ทั้ง 3 ชนิด จากนั้นนำข้อมูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประเมินได้มาเปรียบเทียบกับกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดภายใต้การใช้งานจริง

## 2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การประเมินสมรรถนะและเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายเทคโนโลยีโดยติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่ (Fix Type) ประกอบด้วย (1) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon) (2) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด ไมโครคริสตัลไลน์อะมอร์ฟัสซิลิคอน (Micro Crystalline Amorphous Silicon) และ (3) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารประกอบของคอปเปอร์อินเดียมแกเลียมไดเซเลไนด์ (Copper Indium Gallium Di-Selenide) (CI(GS)S)

## 3. ขอบเขตการศึกษา

ในการประเมินสมรรถนะและเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้น คณะกรรมการด้านวิศวกรรมไฟฟ้าระหว่างประเทศ : IEC 61724

## 4. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประเมินสมรรถนะและเปรียบเทียบของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายเทคโนโลยีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ถึงแม้ว่าจะมีค่าพารามิเตอร์เป็นจำนวนมากที่ใช้ในการคำนวณ แต่จะมีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบสมรรถนะการผลิตไฟฟ้าของระบบที่ติดตั้งกับระบบอื่น ๆ ดังนี้

$$Y_a = \frac{E_{pv(DC)}}{P_{o(installed)}} \quad (1)$$

$$Y_f = \frac{E_{grid(AC)}}{P_{o(installed)}} \quad (2)$$

$$Y_r = \frac{H_i}{G_{STC}} \quad (3)$$

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \times 100 \quad (4)$$

$Y_a$  คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อขนาดของระบบที่ติดตั้ง: Array Yield (kWh/kWp)

$Y_f$  คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบต่อขนาดของระบบที่ติดตั้ง: Final Yield (kWh/kWp)

$Y_r$  คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทางทฤษฎี: Reference Yield (kWh/kWp)

PR คือ ค่าสมรรถนะของระบบ : Performance Ratio (%)

$E_{pv}(DC)$  คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh)

$E_{grid}(AC)$  คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้า (kWh)

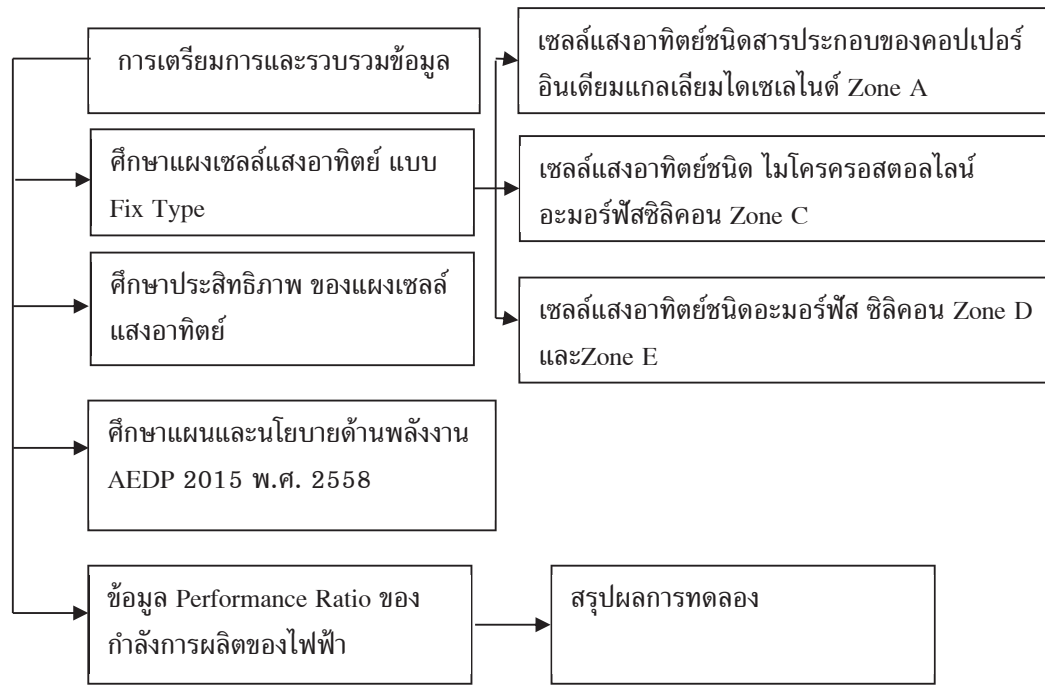
$P_o$  (installed) คือ ขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้ง (kWp)

$H_i$  คือ ค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ (kWh/m<sup>2</sup>)

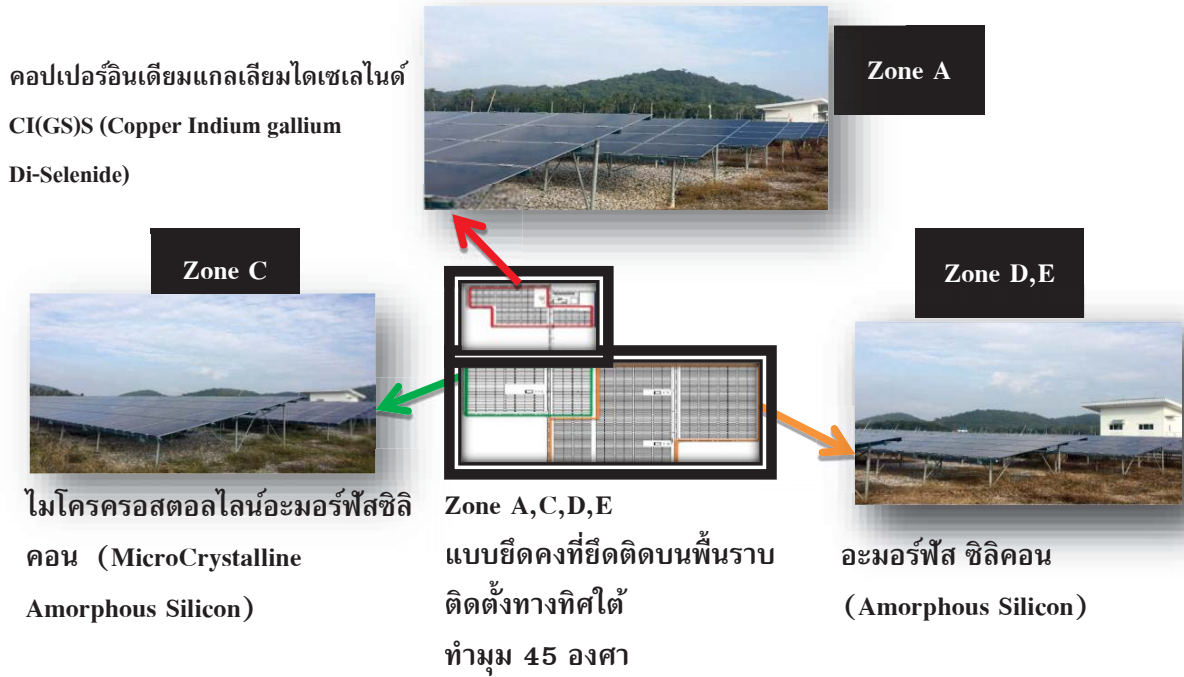
GSTC คือ ค่ารังสีดวงอาทิตย์ ที่มาตรฐาน STC (1 kW/m<sup>2</sup>)

สรุปงานวิจัยงานวิจัยในอดีต นิชชา บุรณสิงห์ (เม.ย 2558) เซลล์แสงอาทิตย์พลังงานทดแทนที่ยั่งยืน เนื่องจากพลังงานมีจำกัดและขาดแคลน รวมถึงสถานการณ์ด้านพลังงานของประเทศ และทั่วโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ดังนั้นการนำพลังงานทดแทนมาใช้จะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้วิกฤตด้านพลังงาน นิชชา บุรณสิงห์ ( 2558) เพราะจะช่วยลดพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิง และพลังงานชนิดอื่นซึ่งเป็นการช่วยกระจายความเสี่ยงในการจัดหาเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไฟฟ้าของประเทศ เพราะในอดีตการผลิตไฟฟ้าต้องพึ่งพาก๊าซธรรมชาติเป็นหลักพลังงานแสงอาทิตย์ จึงเป็นตัวเลือกหนึ่งที่น่ามาเป็นพลังงานทดแทนในการผลิตกระแสไฟฟ้า เพราะประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรจึงทำให้ได้รับแสงอาทิตย์อย่างต่อเนื่อง และคงที่ตลอดทั้งปีและพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาดที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันมีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เกิดขึ้นในประเทศไทยมากขึ้นเพื่อสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาพลังงานทดแทนของภาครัฐที่ได้ตั้งเป้าหมายให้สามารถใช้ทดแทนพลังงานจากฟอสซิลซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของการเกิดภาวะโลกร้อน โดยการสร้างแรงจูงใจเพื่อกระตุ้นให้มีส่วนร่วมและสร้างนวัตกรรมใหม่ๆมาใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเป็นการเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานของประเทศอย่างยั่งยืน

## 5. วิธีการดำเนินการศึกษา

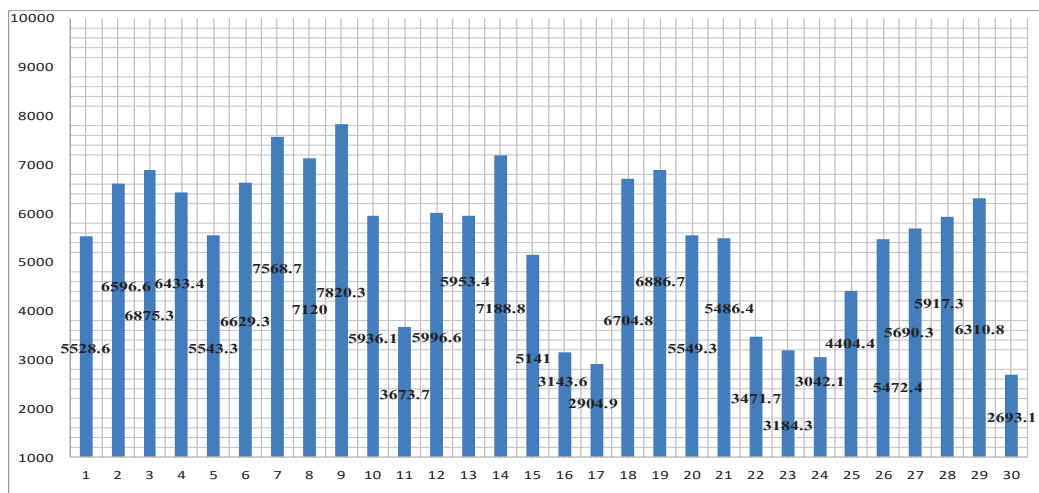


ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน  
ชนิดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ชนิดแบบยึดติดอยู่กับที่ (Fix Type)



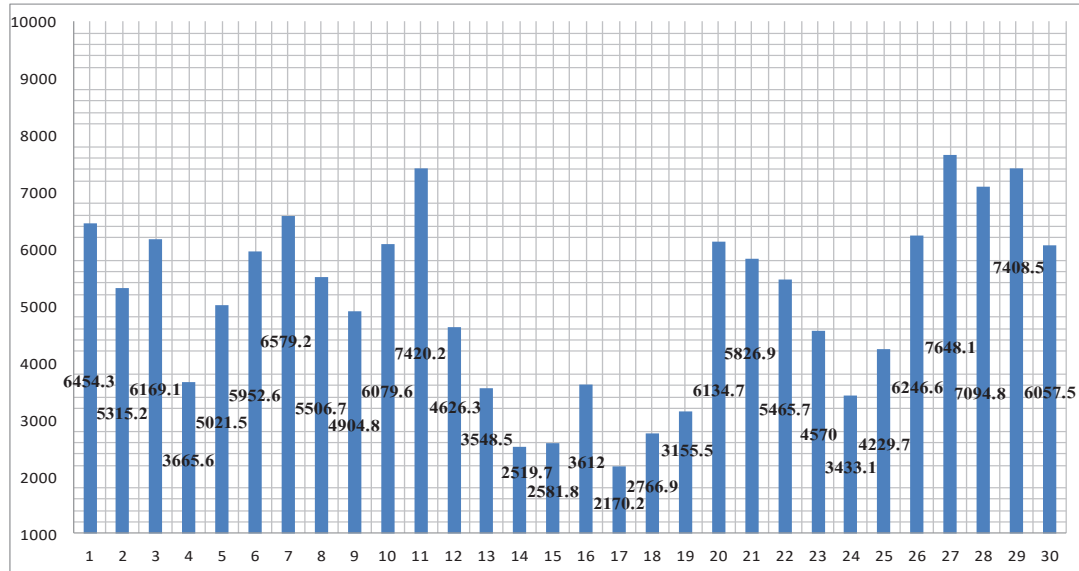
ภาพที่ 2 ชนิดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ชนิดแบบยึดติดอยู่กับที่ (Fix Type)

**6. ผลการประเมินสมรรถนะ และเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์  
 กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดปี 2560ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์**



ภาพที่ 3 กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดปี 2560ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เดือนกันยายน  
 เดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดวันที่9กันยายน  
 2560กำลังการผลิตอยู่ที่ (7820.3 KWh) และมีผลรวมเท่ากับ (164867.2 KWh) ชนิดที่3  
 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon) Zone E

### กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดปี 2561ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4 กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดปี 2561ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เดือนกันยายน

เดือนกรกฎาคม ถึง เดือน กันยายน ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด วันที่27เดือนกันยายน 2561กำลังการผลิตอยู่ที่ (7648.1 KWh) และมีผลรวมเท่ากับ (152165.3 KWh) ชนิดที่3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon) Zone E

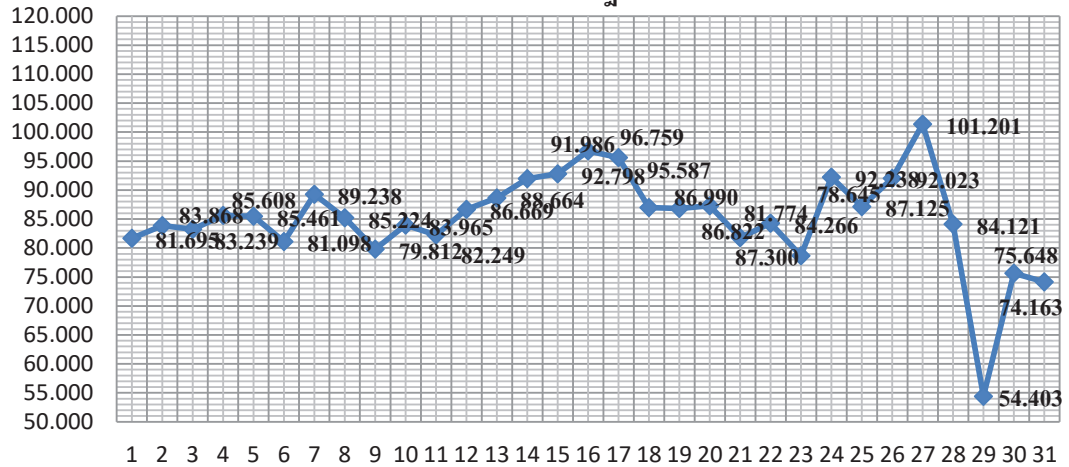
เซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายเทคโนโลยีโดยติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่ (Fix Type) ประกอบด้วย (1)เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon)(2)เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด ไมโครคริสตัลไลน์อะมอร์ฟัสซิลิคอน(Micro Crystalline Amorphous Silicon) และ(3)เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารประกอบของคอปเปอร์อินเดียมแกลเลียมไดเซเลไนด์ CI(GS)S (Copper Indium gallium Di-Selenide) จากกราฟแสดงกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดในปี 2560และปี 2561 แสดงให้เห็นว่าปี 2560วันที่9กันยายน 2560กำลังการผลิตอยู่ที่(7820.3 KWh) และมีผลรวมเท่ากับ (164867.2 KWh) ชนิดที่3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon) Zone Eมีกำลังการผลิตสูงสุด

ที่มาโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ข้อมูลค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน 2560 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์มหาวิทยาลัยศิลปากร "แผนการแผ่รังสีจากดาวเทียมของประเทศไทย" รายงานกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553

Performance Ratio (%) สูงสุดในปี พ.ศ. 2560

Performance Ratio (%) - Zone D

ประจำเดือน กรกฎาคม 2560



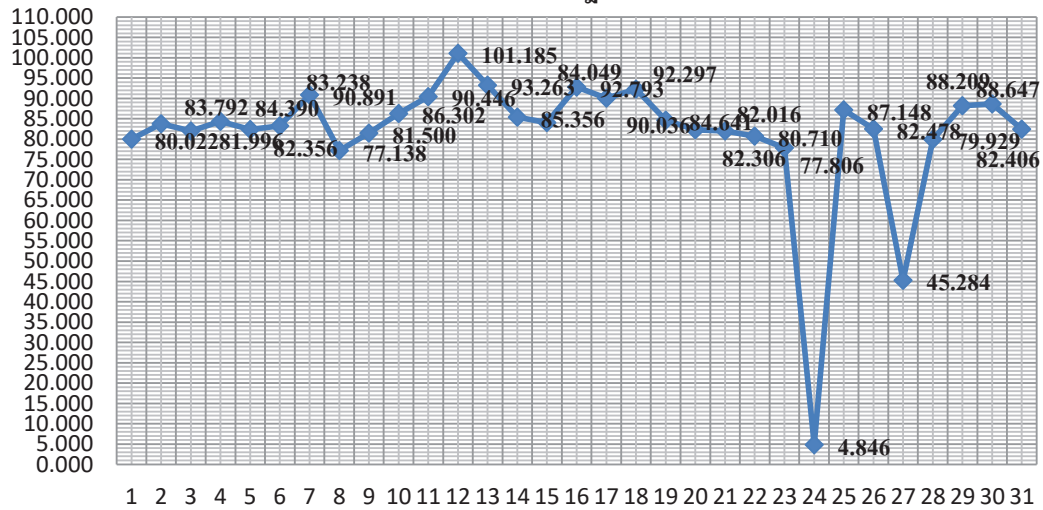
ภาพที่ 5 Performance Ratio (%) สูงสุดในปี พ.ศ. 2560

เดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน Performance Ratio(%)สูงสุด101.201 วันที่27 เดือนกรกฎาคม 2560 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon) Zone D

Performance Ratio (%) สูงสุดในปี พ.ศ. 2561

Performance Ratio (%) - Zone D

ประจำเดือน กรกฎาคม 2561



ภาพที่ 6 Performance Ratio (%) สูงสุดในปี พ.ศ. 2561



เดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน Performance Ratio(%)สูงสุด101.185 วันที่12 เดือนกรกฎาคม 2561 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon) Zone D เซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายเทคโนโลยีโดยติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่ (Fix Type) ประกอบด้วย (1)เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon)(2)เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด ไมโครคริสตัลไลน์อะมอร์ฟัสซิลิคอน(Micro Crystalline Amorphous Silicon) และ(3)เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารประกอบของคอปเปอร์ อินเดียมแกลเลียมไดเซเลไนด์ CI(GS)S (Copper Indium gallium Di-Selenide) จากกราฟ Performance Ratio(%)สูงสุดในปี 2560และปี 2561แสดงให้เห็นว่า Performance Ratio(%) สูงสุด101.201 วันที่27 เดือนกรกฎาคม 2560 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon) Zone D

โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบสมรรถนะการผลิตไฟฟ้า Performance Ratio (%) ดังนี้

$$Y_a = \frac{E_{pv(DC)}}{P_{o(installed)}} \quad (1)$$

$$Y_f = \frac{E_{grid(AC)}}{P_{o(installed)}} \quad (2)$$

$$Y_r = \frac{H_i}{G_{STC}} \quad (3)$$

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \times 100 \quad (4)$$

ที่มาในการประเมินสมรรถนะและเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้น คณะกรรมการด้านวิศวกรรมไฟฟ้าระหว่างประเทศ : IEC 61724

ดังนั้นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีสมรรถนะสูงสุด คือเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon) Zone D และZone E เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเดียวกัน

## 7. สรุปผลการศึกษา

ตามมาตรฐานคณะกรรมการด้านวิศวกรรมไฟฟ้าระหว่างประเทศ : IEC 61724[3] ศึกษารวบรวมข้อมูล ข้อมูลจริง ด้วยกรณีศึกษาผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าจากการศึกษาข้อมูลเปรียบเทียบโซล่าเซลล์ ทั้ง 3 ชนิด ประกอบด้วย

- Zone A
- Zone C
- Zone D

- Zone E

7.1 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารประกอบของคอปเปอร์อินเดียมแกลเลียมไดเซเลไนด์ CI(GS)S (Copper Indium gallium Di-Selenide) Zone A

7.2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด ไมโครคริสตัลไลน์อะมอร์ฟัสซิลิคอน (Micro Crystalline Amorphous Silicon) Zone C

7.3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon) Zone D และ Zone E กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด

กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด(7820.3 kWh) และมีผลรวมเท่ากับ (164867.2 kWh) ชนิดที่3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon) ZoneE

Performance Ratio (%) สูงสุด

Performance Ratio (%) สูงสุด 101.201 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon) Zone D

การประเมินสมรรถนะและเปรียบเทียบของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายเทคโนโลยีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกันโดยการติดตั้งระบบ PV ทั้ง 3 ชนิดแผงที่ดีที่สุดคือเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon) Zone D

## 8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ควรมีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่นๆ เช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำ และหมุดติดตามดวงอาทิตย์

8.2 ควรมีการศึกษาการลงทุนของแต่ละประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

8.3 ควรมีการพัฒนามาตรฐานคณะกรรมการด้านวิศวกรรมไฟฟ้าระหว่างประเทศโดยใช้สูตร IEC อื่น และระบุช่วงเวลาของกำลังการผลิตไฟฟ้า

## 9. กิตติกรรมประกาศ

การประเมินสมรรถนะและเปรียบเทียบของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายเทคโนโลยีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อำนาจ ผดุงศิลป์ ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้ค่าปรึกษาตลอดระยะเวลาของการวิจัย อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานสารนิพนธ์

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ได้ช่วยในการรวบรวมข้อมูลอีกทั้งได้ให้คำแนะนำเพื่อเพิ่มพูนความรู้ จึงทำให้สารนิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ประโยชน์อันใดที่เกิดจากสารนิพนธ์ เป็นผลมาจากความกรุณาของท่าน

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

เซลล์แนวทางสำหรับการวัดการแลกเปลี่ยนข้อมูลและการวิเคราะห์ IEC61724 มาตรฐาน IEC,1998 pvXchange GmbH [ออนไลน์] <http://www.pvxchange.com>, [2014, ตุลาคม]

ณิชชา บุณณสิงห์ (2560).*การพัฒนาเทคโนโลยีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตามนโยบายพลังงาน 4.0* สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร ISBN 2287-0520 ดาวน์โหลดเอกสารได้จาก <http://www.parliament.go.th/library>, [2017, ตุลาคม]

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์มหาวิทยาลัยศิลปากร "แผนที่การแผ่รังสีจากดาวเทียมของประเทศไทย" รายงานกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553

### ภาษาต่างประเทศ

Guidelines for measuring data exchange and analysis IEC61724 "IEC standard, 1998. pvXchange GmbH [online], Availability: <http://www.pvxchange.com>, [2014, October]

Nicha Buranasingh (2017) .*Technology development of solar power plant according to Energy Policy4.0* Office of the Secretariat of the House of Representatives ISBN 2287-0520 The document can be downloaded from <http://www.parliament.go.th/library>, [2017, October].

The Electricity Generating Authority of Thailand Solar Energy Research Laboratory, Silpakorn University "Thailand Satellite Radiation Map", Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2553