

**การทดสอบประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์แบบโมดูล
กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่างชนิดกันในสภาวะการใช้งานจริงในประเทศไทย**

The testing of the efficiency of the Module-Grid Inverter with three different types of
PV Modules: In case of real operation in Thailand.

นภัทร วัจนเทพินทร์ และไชยยันต์ บุญมี

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากอินเวอร์เตอร์แบบโมดูลที่ใช้งานร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่างชนิดกัน สามชนิด คือ ชนิดผลึก ชนิดผลึกเดี่ยว และชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน ทดสอบที่ศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ โดยใช้เครื่องวัดและวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าวัดและเก็บข้อมูล และเลือกข้อมูลมาโดยวิธีสุ่มแบบง่าย เพื่อนำมาวิเคราะห์ความแตกต่าง ผ่านค่าความแปรปรวน ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ที่ต่อร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนมีค่าต่ำกว่าจากประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ที่ต่อร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผลสมและชนิดผลึกเดี่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ที่ต่อร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผลสม และชนิดผลึกเดี่ยวไม่มีความแตกต่างกัน

คำสำคัญ : แผงเซลล์แสงอาทิตย์ , ชนิดผลึกผลสม, ชนิดผลึกเดี่ยว, ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน,ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์

บทนำ

ความต้องการพลังงานอื่นๆ จากแหล่งพลังงานหมุนเวียนมาทดแทนแหล่งพลังงานที่ได้จากฟอสซิลมีมากขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราที่สูงขึ้นเป็นทวีคูณ พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานหมุนเวียนที่มีความสำคัญมากที่สุดชนิดหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มปริมาณต้นกำลังพลังงานหมุนเวียนของโลกในอนาคต จากข้อมูลการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic Systems) ของประเทศกลุ่มสมาชิกในโครงการ IEA-PVPS (International Energy Agency Photovoltaic Power System) พบว่าทั่วโลกมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์รวมทั้งสิ้น 140 GW เมื่อสิ้นปี ค.ศ. 2013 โดยส่วนมาก เป็นระบบที่ต่อเข้ากับกริด จากกราฟในรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าระหว่างปี ค.ศ. 2000-2013 มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มมากขึ้นทุกปีโดยเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากับกริด (Grid-Connected Photovoltaic Systems: GCPVS) ยกตัวอย่างเช่น ในปี 2013 มี

อัตราการติดตั้งคิดเป็นร้อยละ 99 จากการติดตั้งทั่วโลกส่วนอีกร้อยละ 1 คือระบบที่เรียกว่า Off-Grid (IEA-PVPS, 2014) เนื่องจากระบบ GCPVS เป็นระบบที่มีราคาไม่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีระบบเก็บสะสมพลังงาน อาทิ มีแบตเตอรี่ นอกจากนี้ GCPVS ยังเป็นระบบที่มีการบำรุงรักษาดำเนินการด้วยจึงมีผู้นิยมใช้สูงกว่าระบบอื่นๆ

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากริด นั้นประกอบไปด้วย 3 ส่วนประกอบหลักคือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ และกริด(Utility grid) ปัจจุบันเทคโนโลยีของอินเวอร์เตอร์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากริดมี 4 ลักษณะคือ 1) อินเวอร์เตอร์ศูนย์รวม (Central Inverter) 2) อินเวอร์เตอร์สตริง (String Inverter) 3) อินเวอร์เตอร์มัลติ-สตริง (Multi-String) และ 4) อินเวอร์เตอร์โมดูล(Module Inverter) (Soeren Baekhoej Kjaer et al.,2005) แต่ในบทความนี้จะกล่าวเฉพาะอินเวอร์เตอร์แบบโมดูลเท่านั้น

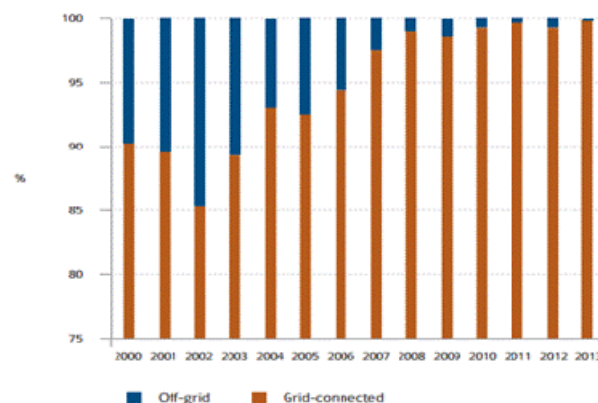


Figure 1 The commutative installation of PV energy system in 23 countries in the IEA-PVPS project on 2000-2013

อินเวอร์เตอร์โมดูล เป็นอินเวอร์เตอร์ที่มีขนาดกำลังไฟฟ้าต่ำ(100-500W) ถูกออกแบบให้ทำหน้าที่แปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงจากโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์เพียงโมดูลเดียวเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายให้กับกริดโดยอินเวอร์เตอร์ 1 ตัวจะถูกติดตั้งกับแผงโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์นั้นและเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์สามารถต่อเข้ากับระบบกริดได้ทันที ข้อโดดเด่นคือ เป็นระบบแบบโมดูลใช้พื้นที่น้อยติดตั้งง่าย สะดวก รวดเร็ว ไม่มีการสูญเสียในสายไฟฟ้ากระแสตรงป้อนเข้า กำลังสูญเสียเนื่องจากการได้รับแสงไม่เท่ากันของโมดูลมีน้อยมากเนื่องจากใช้พื้นที่น้อยและการควบคุมให้ระบบทำงานในจุดกำลังสูงสุดของอินเวอร์เตอร์(Maximum Power Point Tracking; MPPT)แบบนี้มีประสิทธิภาพสูง มีความยืดหยุ่นมากที่สุดในการเพิ่มลดขนาดกำลังได้ ราคาเริ่มต้นของผู้ที่ต้องการติดตั้งใช้งานไม่สูงมาก ในอนาคตเชื่อว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถหาซื้อได้ง่าย ผู้ใช้สามารถติดตั้งได้เอง ซึ่งด้วยเหตุผลดังกล่าวเชื่อว่าอินเวอร์เตอร์โมดูลจะมีผลกระทบอย่างสูง (High Impact) กับการตัดสินใจเริ่มใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานสะอาดของผู้ใช้ทั่วโลก จะทำให้มีโอกาสเพิ่มปริมาณการใช้พลังงานหมุนเวียนทดแทนการใช้พลังงานจากฟอสซิลได้อย่างรวดเร็ว ยกตัวอย่างเช่น หากมีผู้ใช้อินเวอร์เตอร์โมดูลขนาด 100 วัตต์ติดตั้งบนหลังคาบ้านหรือที่

ทำงานซึ่งมีราคาเริ่มต้นเพียงเล็กน้อย (Low Capital Cost) เพิ่มขึ้น 1,000,000 โมดูลทั่วโลกจะทำให้มีการใช้พลังงานสะอาดทดแทนการใช้พลังงานจากฟอสซิลในเวลากลางวัน 100,000,000 วัตต์ทันที ดังนั้น อินเวอร์เตอร์โมดูลจึงเป็นระบบที่มีแนวโน้มสูงที่จะถูกสร้างเป็นผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจในอนาคตอันใกล้ (International Energy Agency, 2005)

แต่การนำโมดูลอินเวอร์เตอร์ไปใช้งานในประเทศไทยนั้นยังมีไม่มากนัก จากการค้นคว้าพบว่ามีนักทรร และคณะ(2555) ทำการศึกษาคุณภาพไฟฟ้าของโมดูลอินเวอร์เตอร์แบบต่อเข้าสายส่ง โดยอินเวอร์เตอร์ต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกผสมขนาด 260 W ผลการศึกษาพบว่าค่าตัวประกอบกำลัง และค่ากระแสฮาร์มอนิก ของโมดูลอินเวอร์เตอร์ที่ทำการศึกษ ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในทุกมาตรฐาน และประสิทธิภาพของ โมดูลอินเวอร์เตอร์เท่ากับร้อยละ 85.4 แต่ยังไม่พบว่าผู้ใดทำการศึกษาวิจัยเพื่อตอบคำถามว่า อินเวอร์เตอร์แบบโมดูลนี้เหมาะสมที่จะใช้กับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใด เพราะว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดมีคุณลักษณะทางไฟฟ้าและแรงดัน และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้งานกันมากในประเทศ คือ ชนิดผลึกผสม(poly crystalline) และชนิดผลึกเดี่ยว(Single crystalline) เพราะมีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานได้สูงกว่าชนิด อะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous silicon) เมื่อขนาดของแผงที่มีพื้นที่เท่าๆกัน แต่ อย่างไรก็ตามแผงเซลล์ชนิด อะมอร์ฟัสซิลิคอน กลับมีสัมประสิทธิ์การลดลงของประสิทธิภาพต่ำที่สุด เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (M.Z.Hussin et al.,2005) ดังนั้นการศึกษเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์แบบมอดูลกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสามชนิดที่แตกต่างกัน ในสภาวะการใช้งานจริงในประเทศไทย จึงจะเกิดประโยชน์อย่างมากต่อการนำอินเวอร์เตอร์แบบมอดูลไปใช้งานในบ้านเรือน จะได้เลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างเหมาะสมกับอินเวอร์เตอร์และเกิดประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานไฟฟ้า จากพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงที่สุดบทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากอินเวอร์เตอร์แบบโมดูลที่ใช้งานร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่างชนิดกัน สามชนิด คือ ชนิดผลึกผสม ชนิดผลึกเดี่ยว และชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน ในสภาวะการใช้งานจริงในประเทศไทย โดยมีสมมติฐานของการวิจัยว่าประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ เมื่อใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ชนิด ไม่ต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1.แผงเซลล์แสงอาทิตย์

1.1 ชนิดผลึกเดี่ยว ผู้วิจัยใช้แผงรุ่น ES 1200 $P_{max} = 200Wp/V_{mp} = 26V/I_{mp} = 7.7A$, Ekarat Solar product of Thailand จำนวน 1 แผงเป็นแผงทดลองชุดที่ 1

1.2 ชนิดผลึกผสม ผู้วิจัยใช้แผงรุ่น STP280-24V $P_{max} = 280Wp/V_{mp} = 35.2V/I_{mp} = 7.95A$, SUNTECH product of CHAINA จำนวน 1 แผงเป็นแผงทดลองชุดที่ 2

1.3 ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน ผู้วิจัยใช้แผงรุ่น PLE 001 $P_{max} = 50 \text{ Wp/V}_{mp} = 23\text{V}/I_{mp} = 3.03\text{A}$, KANEKA product of JAPAN จำนวน 2 แผง ต่อแบบอนุกรมเป็นแผงทดลองชุดที่ 3

2. การติดตั้ง

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ชนิด ติดตั้งบนระนาบเดียวกัน โดยวางมุมเอียง 15 องศา หันหน้าไปทางทิศใต้ดังรูปที่ 3 และเดินสายชนิด VCT ขนาด 4 sq.mm ไปยัง ห้องที่ติดตั้ง อินเวอร์เตอร์แบบโมดูล โดยสาย DC ทั้ง 3 ชุด มีระยะทางไกล ประมาณ 30 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 2



Figure 2 The installation of the three types of PV set up for the experiment

3. อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยเลือกใช้โมดูลอินเวอร์เตอร์แบบต่อเข้ากริดที่มีขนาดกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต 450W 230V 50 Hz จำนวน 3 เครื่องเป็นรุ่นเดียวกัน ผลิตรุ่นเดียวกันทั้ง 3 เครื่องติดตั้งห่างจากบริเวณที่ติดตั้ง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ประมาณ 30 เมตร

4. เครื่องวัดและวิเคราะห์กำลังไฟฟ้า

ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องวัดและวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าคือ Power Analyzer รุ่น WT 1600 YOKOGAWA

5. วงจรการทดลอง

วงจรการทดลองที่ใช้ในการวิจัยนี้ แสดงในรูปที่ 3 และการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองแสดงดังรูปที่ 4

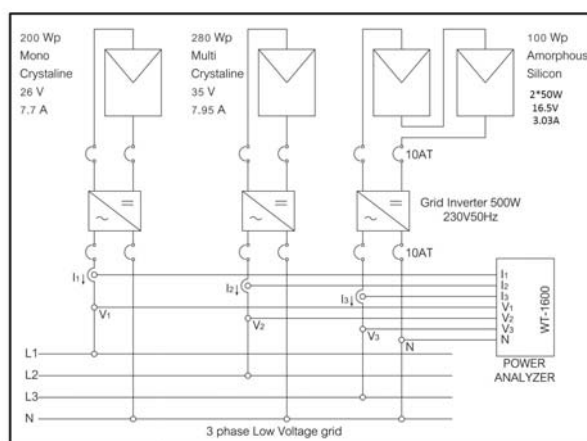


Figure 3 An experimental circuit



Figure 4 The experiment set up in the laboratory

6. วิธีการทดลอง

1. ต้องวงจรการทดลอง ตามไดอะแกรมการทดลองที่แสดงในรูปที่ 3 และทวนสอบ การต่อขั้วของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่มาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การต่อสายวัด ค่าต่างๆ ให้ถูกต้อง
2. ตั้งค่าการวัดของ เครื่องวัดและวิเคราะห์กำลังไฟฟ้า YOKOGAWA รุ่น WT 1600 โดยกำหนดให้ช่องที่ 1 วัดค่า V_{ac1}, I_{ac1} ที่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 (ต่อกับ แผงเซลล์แบบผลึกผสม) ช่องที่ 2 วัดค่า V_{ac2}, I_{ac2} ที่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 (ต่อกับ แผงเซลล์แบบผลึกเดี่ยว) ช่องที่ 3 วัดค่า V_{ac3}, I_{ac3} ที่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 3 (ต่อกับ แผงเซลล์แบบอะมอร์ฟัสซิลิคอน)
ช่องที่ 4 วัดค่า V_{dc1}, I_{dc1} ที่อินพุตของอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1
ช่องที่ 5 วัดค่า V_{dc2}, I_{dc2} ที่อินพุตของอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2
ช่องที่ 6 วัดค่า V_{dc3}, I_{dc3} ที่อินพุตของอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 3
3. บันทึกผลการวัดค่า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า(P,S,Q) ระยะเวลาที่ทำการทดลองข้อ 1-3 ระหว่างวันที่ 10 มีนาคม ถึง 10 กรกฎาคม 2557
4. นำผลการวัดค่ากำลังไฟฟ้ากระแสตรง และ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่โมดูลอินเวอร์เตอร์ทั้งสามตัว มาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพโดย เลือกข้อมูลโดยการสุ่ม และ ต่ามาวิเคราะห์เปรียบเทียบ โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way analysis of variance) หาความแตกต่างของประสิทธิภาพโมดูลอินเวอร์เตอร์ที่วัดได้
5. เขียนผลการวิจัย และสรุปผล

7. ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์

ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์แบบโมดูล หาได้โดยใช้สมการ (1)

$$efficiency(\%) = \frac{AC\ power(out\ put)}{DC\ power(in\ put)} \times 100 \quad (1)$$

8. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way analysis of variance)

คือการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่า ตัวแปรอิสระ 1 ตัว(ประสิทธิภาพของโมดูลอินเวอร์เตอร์) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท จะให้ผลต่อตัวแปรตามแตกต่างกันหรือไม่ โดยมีกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มซึ่งจำนวนสมาชิกหรือข้อมูลในแต่ละกลุ่มเท่ากัน โดยใช้สูตรการทดสอบดังสมการ (2) ในบทความนี้จะใช้การวิเคราะห์โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป มนตรี (2557)

$$F = \frac{MS_B}{MS_W} \quad (2)$$

เมื่อ F แทน ค่าสถิติเอฟ

MS_B แทน ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Mean square between-groups)

MS_W แทน ความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Mean square within-groups)

ผลการวิจัย

กำลังไฟฟ้าอินพุตและเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์

ผลการวัดกำลังไฟฟ้าอินพุตและเอาต์พุตของโมดูลอินเวอร์เตอร์ โดยสุ่มข้อมูลมาจากการทดลองในวันที่ 4 มิถุนายน 2557 แสดงดังรูปที่ 5 และ 6

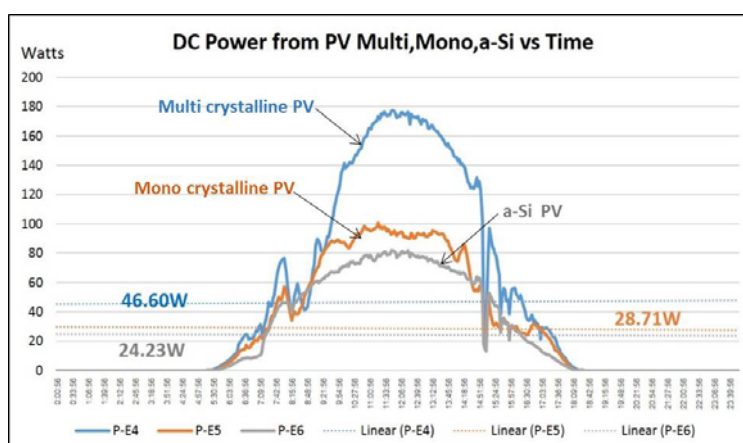


Figure 5 The measurement results of DC power from three types of PV panels : on June 4,2014

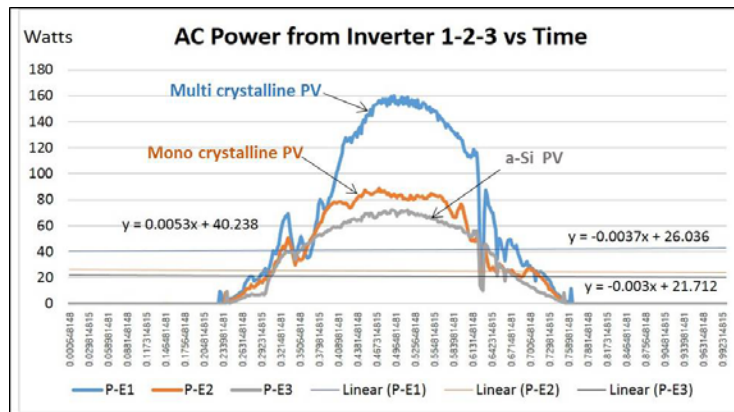


Figure 6 The measurement results of AC power from three inverters : on June 4,2014

ผลการหาค่าประสิทธิภาพของโมดูลอินเวอร์เตอร์

เมื่อนำข้อมูลของกราฟ รูปที่ 5 และ 6 มาหาประสิทธิภาพ โดยใช้สมการ(1) ผลการคำนวณ แสดงในรูปที่ 7

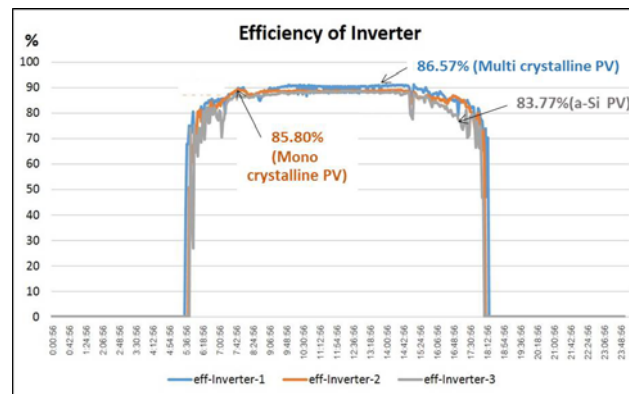


Figure 7 The calculation of efficiency of inverters (Irradiance = 276.32 W/m²)

จากรูปที่ 7 จะพบว่าโมดูลอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 ซึ่งต่อกับแผงเซลล์แบบผลึกผสมมีประสิทธิภาพร้อยละ 86.57 ตัวที่ 2 ต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวมีประสิทธิภาพร้อยละ 85.80 และตัวที่ 3 ต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนมีประสิทธิภาพร้อยละ 83.77

ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย

Table 1 The results of Analysis of variance (one-way ANOVA)

Source of variation	d.f.	SS	MS	F
Between group	2	1038.009	519.049	12.223
Within group	745	31636.342	42.465	
Total	747	32674.441		

$$F_{.05 (2, 745)} = 3.00$$

ผลการวิเคราะห์ ค่าความแปรปรวนแบบทางเดียวตาม Table 1 พบว่า $F = 12.223 > F_{.05 (2, 745)} = 3.00$ หมายความว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 แบบ ให้ประสิทธิภาพของโมดูลอินเวอร์เตอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในกรณีที่ ค่า F จากการคำนวณ มากกว่าหรือเท่ากับ ค่าวิกฤต (F) จึงเป็นการปฏิเสธ สมมติฐานการวิจัย H_0 แสดงว่า มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha=0.05$ ขั้นตอนต่อไปจะต้องทำการทดสอบต่อไปว่าค่าเฉลี่ยคู่ใดบ้างที่แตกต่างกัน และแตกต่างกันอย่างไร โดยใช้การทดสอบด้วยวิธี Least significance difference (LSD) มนตรี (2557) ผลการทดสอบดังแสดงใน Table 2 พบว่าประสิทธิภาพของโมดูลอินเวอร์เตอร์ที่ต่อร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด อะมอร์ฟัสซิลิคอน มีความแตกต่างจากประสิทธิภาพของโมดูลอินเวอร์เตอร์ที่ต่อร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผสมและชนิดผลึกเดี่ยว อย่างมีนัยสำคัญ แต่ ประสิทธิภาพของโมดูลอินเวอร์เตอร์ที่ต่อร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผสมและชนิดผลึกเดี่ยว ไม่มีความแตกต่างกัน

Table 2 The Least significance difference testing results

	(I) PV_TYPE	(J) PV_TYPE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
LSD	1.00	2.00	.7831	.5809	.178
		3.00	2.8101*	.5821	.000
	2.00	1.00	-.7831	.5809	.178
		3.00	2.0270*	.5861	.001
	3.00	1.00	-2.8101*	.5821	.000
		2.00	-2.0270*	.5861	.001

Remark : (1.00) Multi-Crystalline PV

(2.00) Mono-Crystalline PV

(3.00) Amorphous silicon PV

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพของโมดูลอินเวอร์เตอร์ที่ต่อร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์กรณีชนิดผลึกเดี่ยว และชนิดผลึกผสมพบว่าประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน แม้ว่ากำลังไฟฟ้า ของแผงทั้ง 2 ชนิดจะต่างกัน(280 W : 200 W) ก็ตาม แต่การศึกษาประสิทธิภาพของโมดูลอินเวอร์เตอร์ที่ต่อร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กรณีชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน จะมีความแตกต่างจากประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์โมดูลที่ต่อร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งชนิดผลึกเดี่ยว และชนิดผลึกผสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นไปได้เนื่องมาจากข้อจำกัดของการวิจัย คือ ไม่สามารถหาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ชนิด ที่มีขนาดกำลังไฟฟ้าเท่ากันได้ กล่าวคือขนาดกำลังไฟฟ้า ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิด อะมอร์ฟัสซิลิคอน(100W) ที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเล็กกว่า 2 ชนิดแรก เมื่อสังเกตจากผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมดูลอินเวอร์เตอร์ทั้ง

3 ตัวในรูปที่ 7 ระหว่างช่วงเวลาเริ่มต้นทำงานของโมดูลอินเวอร์เตอร์(เวลา 05.00น.- 08.30 น.) ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ทุกตัวจะต่ำเหมือนกันเนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวมีความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ต่ำทำให้กำลังไฟฟ้าป้อนจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีน้อยดังแสดงในรูปที่ 5 ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตของโมดูลอินเวอร์เตอร์มีน้อยตามปริมาณความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ดังแสดงในรูปที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบกับกำลังสูญเสียในตัวโมดูลอินเวอร์เตอร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามความเข้มแสงอาทิตย์ในสัดส่วนที่น้อยมากเพราะว่าขนาดแรงดันป้อนเข้าโมดูลอินเวอร์เตอร์ที่ความเข้มแสงอาทิตย์ต่างกันจะไม่แตกต่างกันมากทำให้ประสิทธิภาพของโมดูลอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่องต่ำลงในช่วงที่มีกำลังอินพุตต่ำ และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแรงดันป้อนเข้าของโมดูลอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่องตามรูปแบบการต่อวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าโมดูลอินเวอร์เตอร์เครื่องที่ 3 ได้รับแรงดันป้อนเข้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนสูงกว่า อินเวอร์เตอร์อีกสองเครื่อง ($V_{dc3} = 66V$) และมีกระแสป้อนจากแผงเซลล์ต่ำกว่าโมดูลอินเวอร์เตอร์อีกสองเครื่อง ส่งผลให้มีกำลังสูญเสียภายในตัวอินเวอร์เตอร์ค่อนข้างคงที่เมื่อมีความเข้มรังสีแสงอาทิตย์น้อยหรือเปลี่ยนแปลง ประกอบกับกำลังไฟฟ้าป้อนจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนมีขนาดน้อยกว่ากำลังอินพุตของอินเวอร์เตอร์อีก 2 เครื่อง ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของโมดูลอินเวอร์เตอร์เครื่องที่ 3 ซึ่งได้กำลังอินพุตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนต่ำกว่าอินเวอร์เตอร์อีกสองเครื่อง จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์มอดูลที่อยู่ต่างกันไปด้วย แม้ว่าการทำงานของ อินเวอร์เตอร์มอดูลที่ทดลองทั้ง 3 เครื่องยังทำงานอยู่ในย่าน MPPT เมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์มีค่าสูงกว่า 400 W/m^2 จากผลการศึกษาก็สรุปได้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดชนิดผลึกเดี่ยว และผลึกผสม มีความเหมาะสมที่จะใช้งานกับโมดูลอินเวอร์เตอร์ เพราะให้ประสิทธิภาพที่สูงกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน ดังนั้นจึงเป็นประโยชน์อย่างมากในการนำไปใช้งานจริง ผู้ติดตั้งจะได้เลือกแผงเซลล์ที่ส่งผลให้อินเวอร์เตอร์โมดูลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดีที่สุด จะทำให้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเข้ากริดได้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโมดูลอินเวอร์เตอร์มากกว่านั่นเอง

อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์แบบโมดูลที่ใช้ในการวิจัยนี้(มีค่าระหว่างร้อยละ 83.45- 86.57) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ (Soeren Baekhoej Kjaer et al.,2005) พบว่า โมดูลอินเวอร์เตอร์ที่ได้ศึกษาจำนวน 6 รุ่น มีขนาดกำลังไฟฟ้า ระหว่าง 100-160W มีประสิทธิภาพ ระหว่างร้อยละ 82-96 แต่ผลการศึกษาจากการวิจัยครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับผลการวิจัยเรื่อง Micro-Inverters-Promising Solutions in Solar Photovoltaics. ของ (S.A.Hadeed and A.E.Khaled ,2012) ซึ่งพบว่า ประสิทธิภาพของไมโคร-กริดอินเวอร์เตอร์ที่ได้ศึกษาทั้ง 5 ชนิด มีประสิทธิภาพสูงกว่าร้อยละ 90

แผนการวิจัยในอนาคต การใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ต่างชนิดกันที่ค่ากำลังไฟฟ้าเท่ากันเพื่อการทดลองจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงและไม่มีความเป็นไปได้ในการดำเนินการ อาจกำหนดแผนการทดลองโดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 ชนิดที่ต่างกัน ชุดเดิมแต่ต่อกับโมดูลอินเวอร์เตอร์ ตัวเดียวกัน โดยทำการทดลอง 3

ครั้ง เพื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์อีกครั้งหนึ่งว่า ประสิทธิภาพของโมดูลอินเวอร์เตอร์ เมื่อใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ชนิดเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาวิจัยเชิงลึกต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่สนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ปี 2557 เพื่อพัฒนางานวิจัยของศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

นภัทร วัจนเทพินท์ และ ปกรณ์ สมบูรณ์กิจ การศึกษาคุณภาพไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ขนาดเล็กแบบต่อเข้าสายส่งวารสารวิชาการ มทร.อีสาน ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 เดือนตุลาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2555 หน้า 75-87.

มนตรี สังข์ทอง, หลักสถิติ. สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ 2557.

Hadeed Ahmed Sher, Khaled E. Addoweesh, Micro-inverters -Promising Solutions in Solar Photovoltaic, Energy for Sustainable Development, Volume 16, Issue 4, December 2012, Pages 389-400.

International Energy Agency. (2005 Sept.). Trends in Photovoltaic Applications: Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2004, [Online]

IEA-PVPS, "Trends 2014 in Photovoltaic Applications. Survey report of selected IEA countries between 2000 and 2013," International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme, Tech. Rep. IEA PVPS T1-25:2014.

M.Z.Hussin , A.M.Omar, Z.M.Zain, S.Shaari, Performance of Grid-Connected Photovoltaic System in Equatorial Rainforest Fully Humid Climate of Malaysia. International Journal of Applied Power Engineering. Vol2, No 3, December 2013.

Soeren Baekhoej Kjaer, John K. Pedersen, and Frede Blaabjerg, "A Review of Single-Phase Grid-Connected Inverters for Photovoltaic Modules," IEEE Transactions on Industry Application, vol.41, No. 5, pp 1292-1306. Sep./Oct. 2005.