

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

การศึกษาการออกแบบระบบโฟโตโวลตาอิก ชนิดเชื่อมต่อกับสายส่งกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแรงดันไฟฟ้า 115 kV ผ่านสถานีไฟฟ้าแรงสูงภายในมหาวิทยาลัยฯ ลดระดับแรงดันไฟฟ้าจาก แรงดันไฟฟ้าแรงสูง 115 kV เป็นแรงดันไฟฟ้าปานกลาง 22 kV ผ่านสถานีหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าที่เดินสายไฟฟ้า แบบสายใต้ดิน (Under Ground Cable) เพื่อลดระดับแรงดันไฟฟ้าเป็น 380/220V จ่ายไฟเป็นระบบไฟฟ้าสามเฟสไปสายส่งกำลังไฟฟ้า ภายในพื้นที่ส่วนกลางบริเวณสระน้ำพุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยบทที่ 4 นี้ผู้วิจัยจะได้นำเสนอผลการทดลอง และทดสอบการเชื่อมต่อระบบโฟโตโวลตาอิกกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าด้วย

4.2 โครงสร้างที่ได้ดำเนินการติดตั้ง ภายในโครงการ



รูปที่ 4.1 สระน้ำพุบริเวณพื้นที่ส่วนกลาง ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



รูปที่ 4.2 คณะผู้วิจัยกับผู้เชี่ยวชาญถ่ายรูปร่วมกันหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 10kW_p

จากรูป 4.2 แสดงให้เห็นถึงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้ทำการออกแบบและติดตั้งแล้วเสร็จภายในพื้นที่ส่วนกลาง มหาวิทยาลัยฯ จำนวน 60 แผง ซึ่งมีคุณสมบัติทางไฟฟ้า ดังตารางที่ 4.1 ส่วน รูปที่ 4.3 ขณะทำการตรวจสอบ ระบบไฟฟ้าและทดลองเชื่อมต่อกับระบบโฟโตโวลตาอิก ขนาด 5kW_p เข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ภายในมหาวิทยาลัยฯ แรงดันไฟฟ้า 380/220 V ความถี่ 50Hz จากการทดสอบพบว่า อินเวอร์เตอร์ทั้ง 3 เครื่องซึ่งต่อแบบ 1 เครื่องต่อเฟส จะใช้เวลาในการตรวจสอบระบบไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง ความถี่ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับและทางด้านเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ก่อนเชื่อมระบบโฟโตโวลตาอิก เข้ากับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า [18] ก่อนที่จะเชื่อมต่อกับระบบทั้งสองเข้าด้วยกัน

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

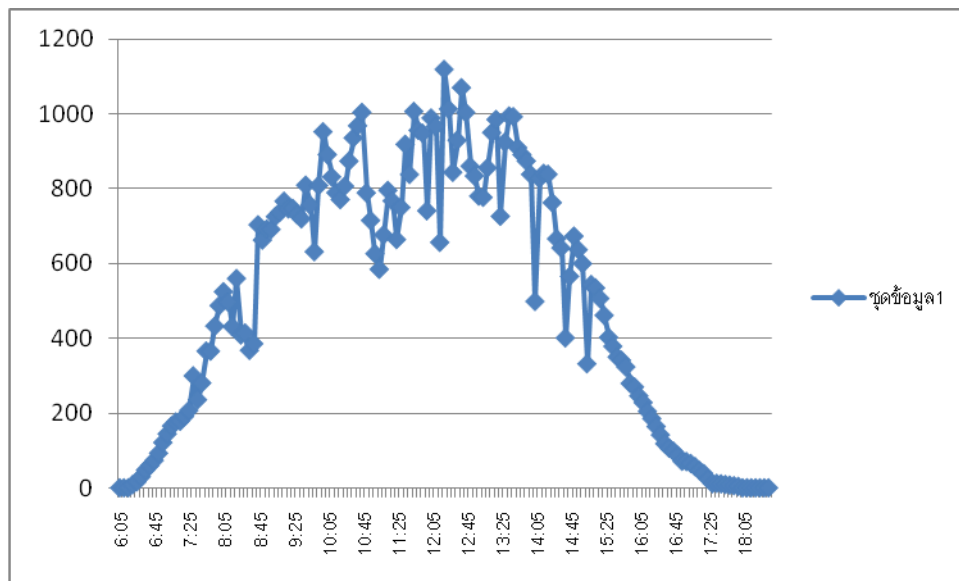
กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Rated power P_{max})	170	วัตต์
กระแสไฟฟ้าที่พิกัด (Rated current)	4.8	แอมป์
แรงดันไฟฟ้าพิกัด (Rated voltage)	35.6	โวลต์
กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short circuit current I_{sc})	5.2	แอมป์
แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (Open circuit voltage)	44.3	โวลต์



รูปที่ 4.3 การทดสอบระบบหลังการติดตั้งระบบไฟฟ้าร่วมกับผู้เชี่ยวชาญของบริษัทฯ

4.3 ข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบโฟโตโวลตาอิก 5 kW_p

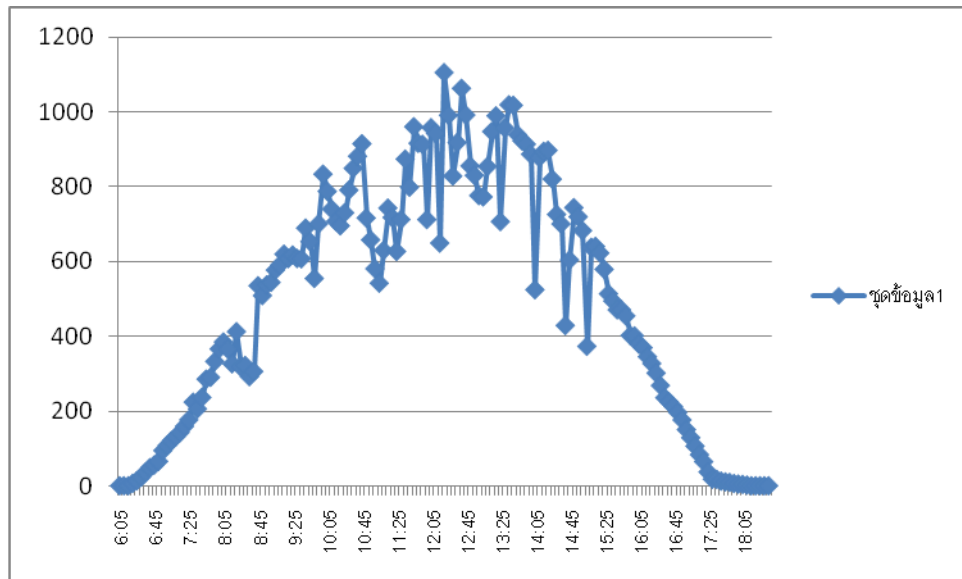
การอ่านและจัดเก็บข้อมูล สำหรับระบบโฟโตโวลตาอิก ขนาด 10 kW_p สามารถทำการดาวน์โหลดข้อมูลที่สำคัญเช่น (วิธีการวัด) แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชุด กระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จ่ายให้กับ อินเวอร์เตอร์ ได้ ส่วนทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถอ่านและบันทึกค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความถี่ของระบบไฟฟ้าขณะที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าได้แบบ Real time ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยฯ โดยการลงชื่อเข้าใช้พร้อมกับป้อนรหัสผ่าน (User name, Password) บนโปรแกรม Web browser อย่างเช่น Internet Explorer, Firefox ซึ่งข้อมูลที่ได้รับหลังการเลือกไฟล์ข้อมูลที่จะจัดเก็บ จะเป็นแบบ *.zip ไฟล์ ซึ่งต้องทำการขยายไฟล์ที่แนบออกด้วยโปรแกรม WinZip 9.0 หรือ WinRar โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นไฟล์ข้อมูล (Data Type) นามสกุล *.CSV ก่อนจะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยการเปิดโปรแกรม Excel แล้วนำเข้าข้อมูลแบบข้อความ ก็จะได้ข้อมูลที่สามารถนำไปเขียนกราฟเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวที่ได้ไปวิเคราะห์ ข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากระบบโฟโตโวลตาอิก ซึ่งข้อมูลที่ได้จะประกอบไปด้วย ค่ากำลังไฟฟ้าทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง ค่าแรงดันกระแสตรง ค่าความเข้มแสง ค่าอุณหภูมิซึ่งนำมาเขียนกราฟ ให้เห็นได้ดังต่อไปนี้



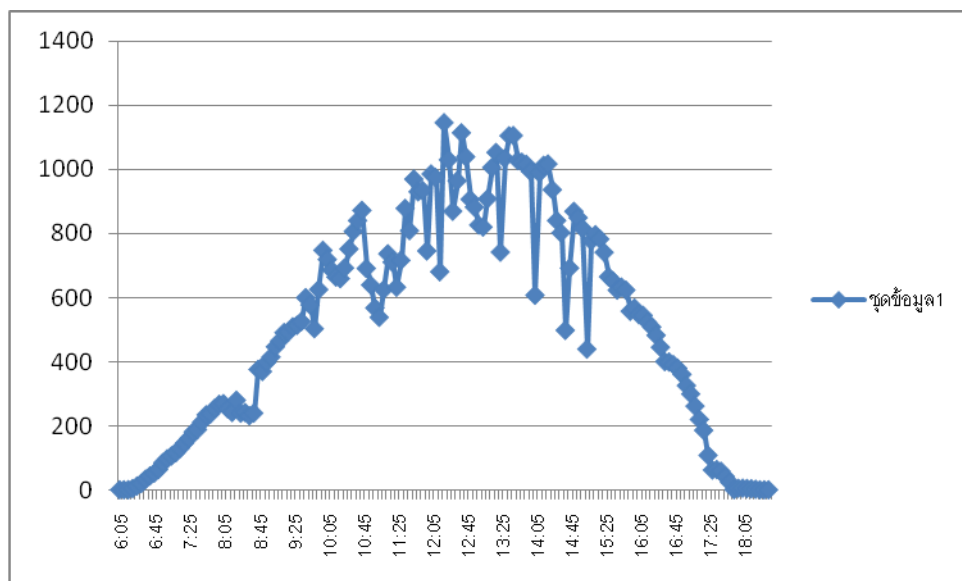
รูปที่ 4.4 การผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดที่ 1

จากรูปที่ 4.4 ข้อมูลจากอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล (Web box) ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยรับข้อมูลต่างๆจากอินเวอร์เตอร์ ผ่านสายสัญญาณ RS485 นำมาจัดเก็บไว้ที่หน่วยความจำของเครื่องบันทึกข้อมูลที่สามารถเพิ่มความจุได้ถึง 2 GB ข้อมูลที่ได้จะแยกออกเป็นกำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากอินเวอร์เตอร์เครื่องที่ 1 รวมทั้งเวลาขณะที่บันทึกข้อมูล เมื่อดึงข้อมูลจากเครื่องบันทึกข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตแล้ว จะได้ไฟล์มาในรูปของข้อมูลที่ทำกรบีบอัดมาแล้ว นามสกุล *.zip ไฟล์ ซึ่งจะมีข้อมูลต่างๆของอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่อง เมื่อแยกข้อมูลกำลังไฟฟ้ามาวาดกราฟ จะได้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชุด แสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.4 และ 4.6

ข้อมูลที่ได้จากอินเวอร์เตอร์เครื่องที่ 1 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะเริ่มตั้งแต่เวลา ประมาณ 6.10 น. การผลิตกำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่องบันทึกข้อมูล ค่ากำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เปลี่ยนไปทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของกำลังไฟฟ้า จะเพิ่มขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งจะเพิ่มมากที่สุดที่เวลาเที่ยงวัน เช่นที่เวลา 9.00 น. กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีค่าประมาณ 780 วัตต์ โดยช่วงเวลาที่ผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 1,100 วัตต์ ส่วนรูปที่ 4.5 เป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในเวลาต่าง ๆ กันของวัน ซึ่งจะแปรผันตามค่า ความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ (MJ/m^2) ในแต่ละวันเช่นกัน

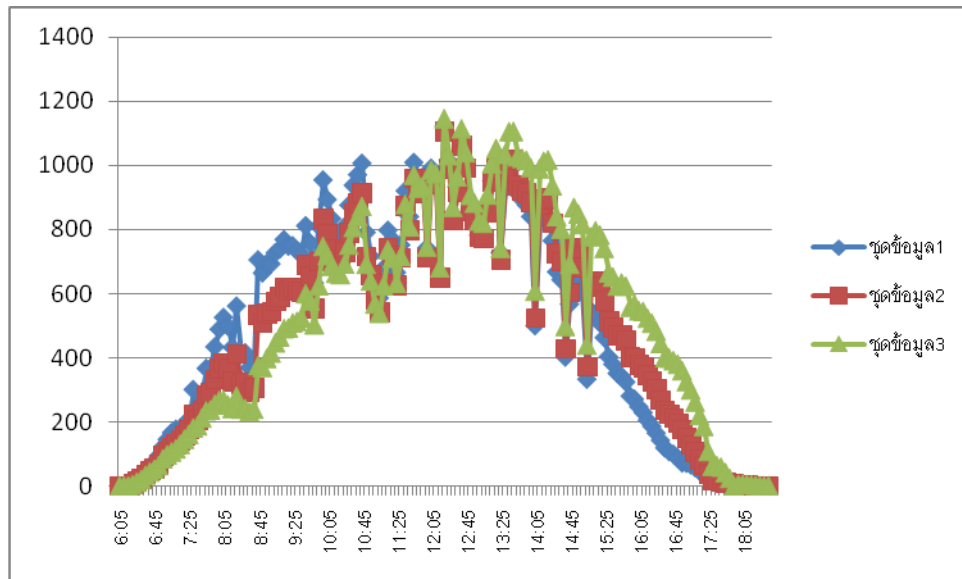


รูปที่ 4.5 การผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดที่ 2



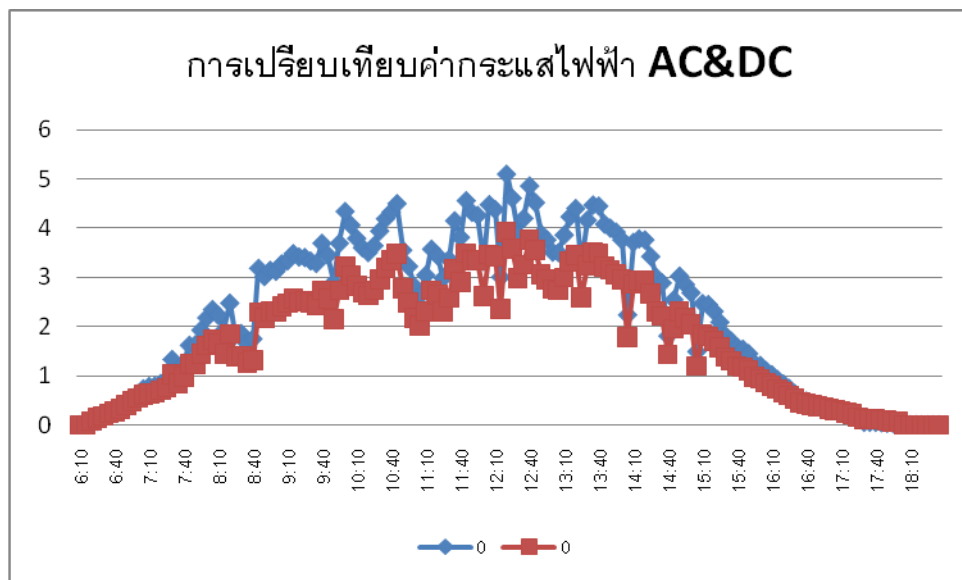
รูปที่ 4.6 การผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดที่ 3

รูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นค่าของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาต่าง ๆ กันของวัน ซึ่งจะเห็นได้ว่า กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะเริ่มผลิตและบันทึกได้ที่เครื่องอินเวอร์เตอร์เครื่องที่ 3 ตั้งแต่เวลา 6.15 น. ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะเพิ่มขึ้นไปจนถึงเวลาเที่ยงวันและลดลงเรื่อยๆตามความเข้มแสงที่เปลี่ยนแปลงไป จนกระทั่งเวลาเย็น

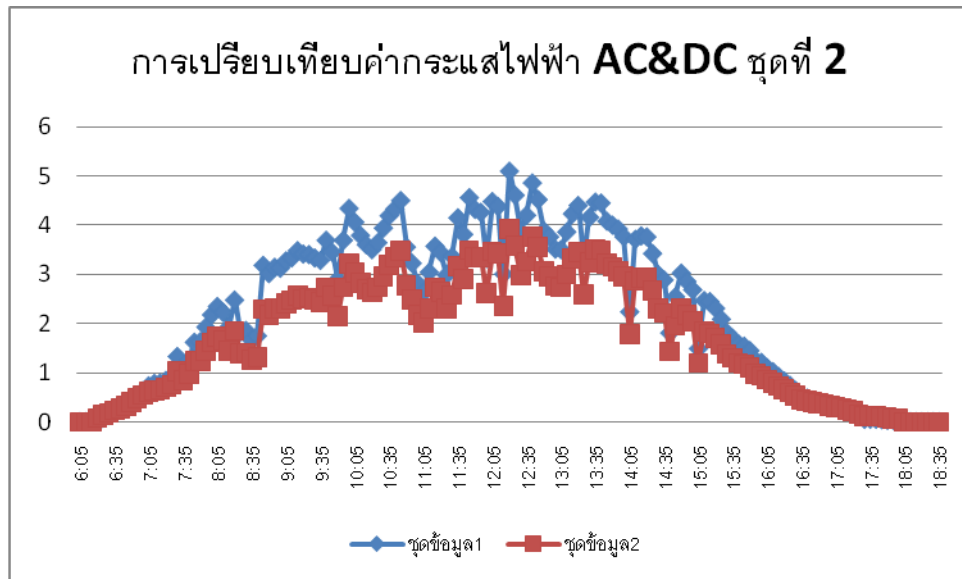


รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดที่ 1-3

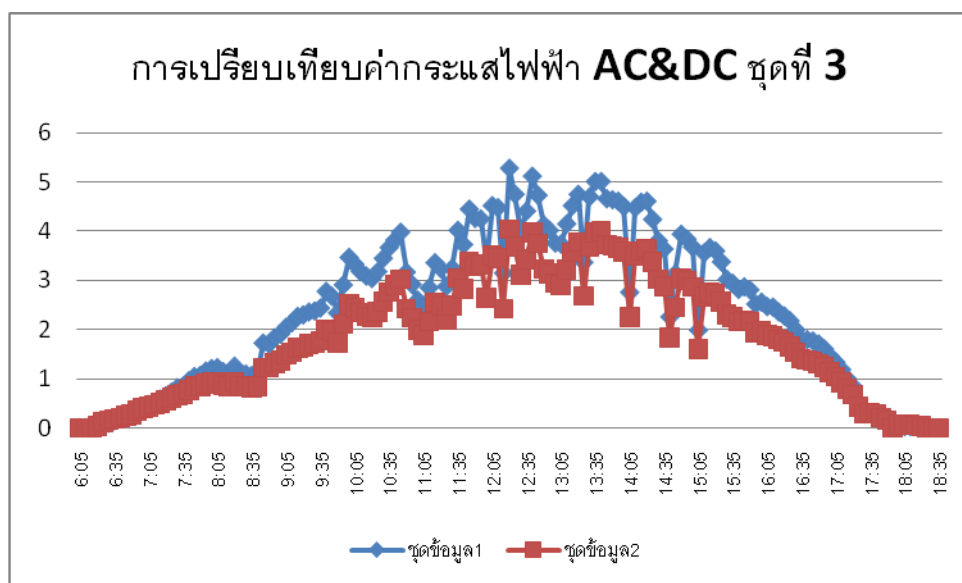
ส่วนรูปที่ 4.7 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบโฟโตโวลตาอิก ขนาด 5 กิโลวัตต์สูงสุดซึ่งประกอบไปด้วยค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เครื่องที่ 1 ถึง 3 โดยแสดงให้เห็นถึงค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในวันหนึ่งของอินเวอร์เตอร์ในแต่ละเครื่อง



รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าตรงและกระแสสลับ ชุดที่ 1

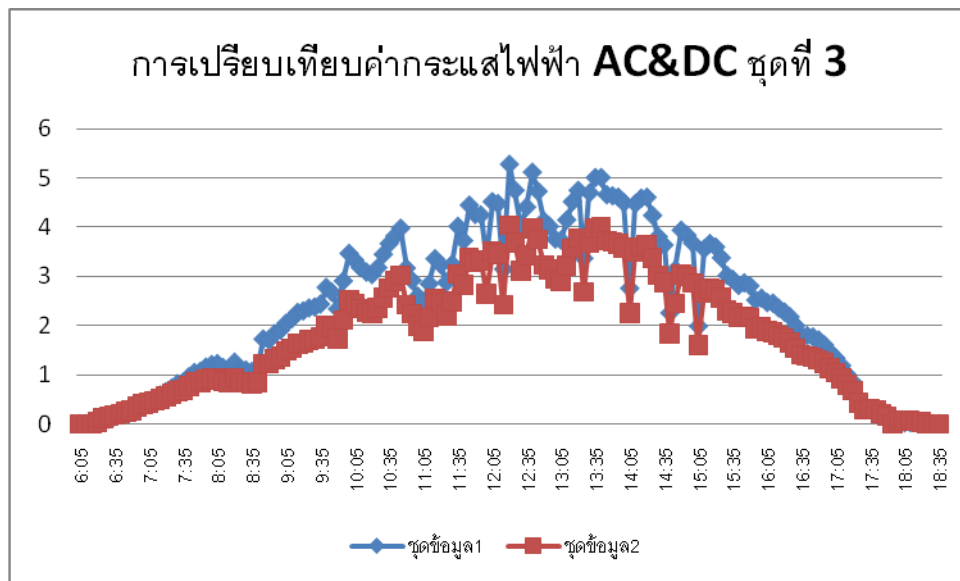


รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าตรงและกระแสสลับ ชุดที่ 2

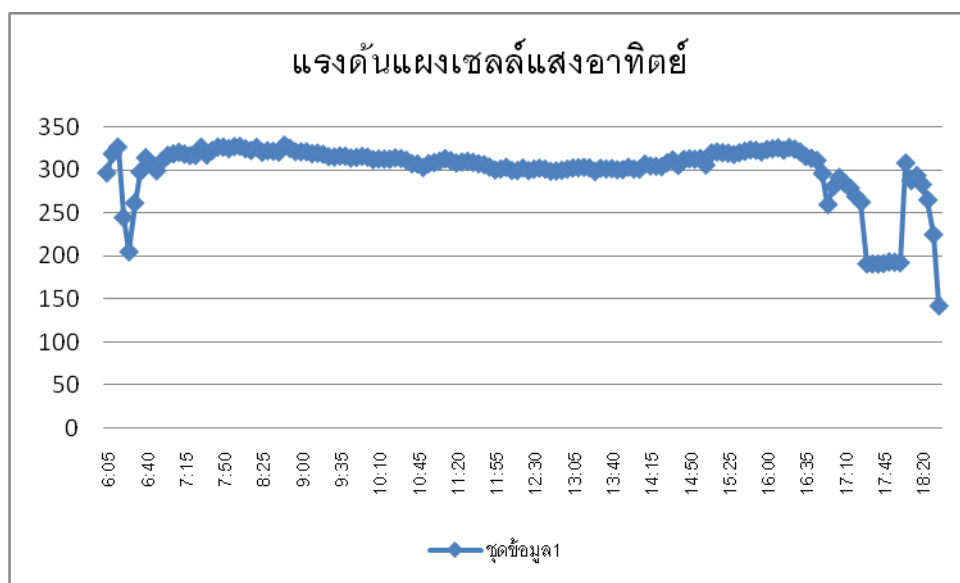


รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าตรงและกระแสสลับ ชุดที่ 3

ส่วนรูปที่ 4.8 – 4.10 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าที่ออกจากเครื่องอินเวอร์เตอร์และกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีค่าต่ำกว่าค่ากระแสที่วัดได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งนี้เนื่องจากค่าของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่สูงมากกว่า ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ถูกจำกัดให้อยู่ที่ระดับแรงดัน 220 โวลต์

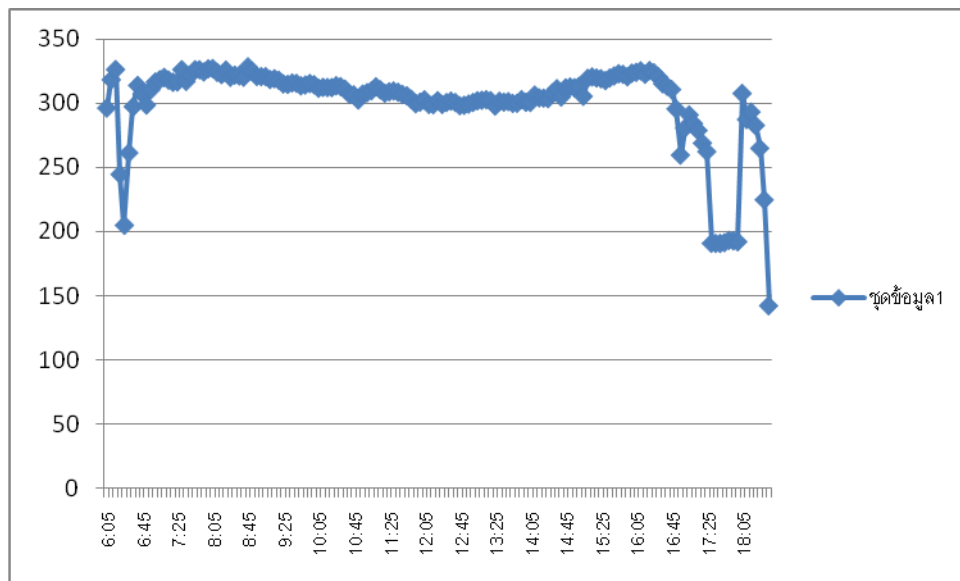


รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าตรงและกระแสสลับ ชุดที่ 1-3

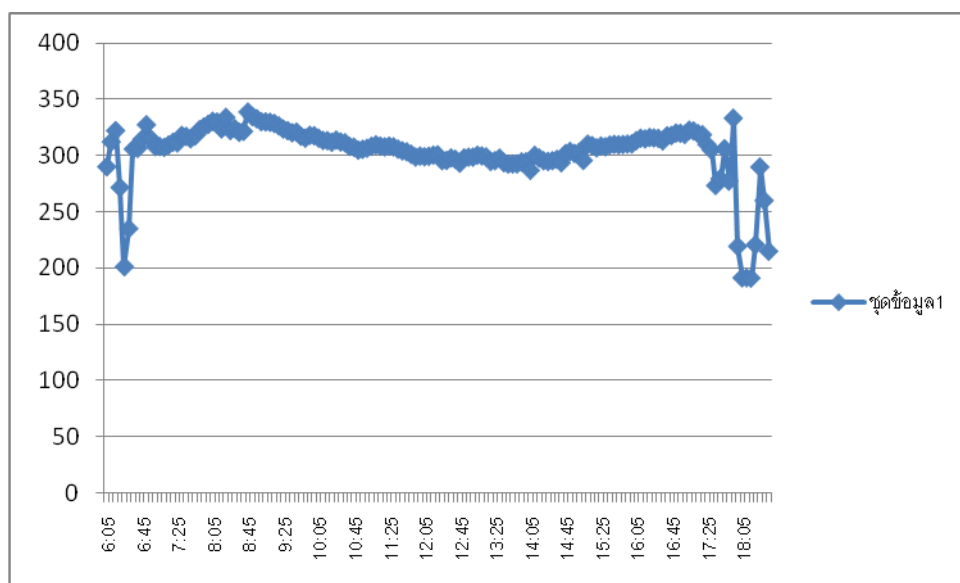


รูปที่ 4.12 ค่าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดที่ 1

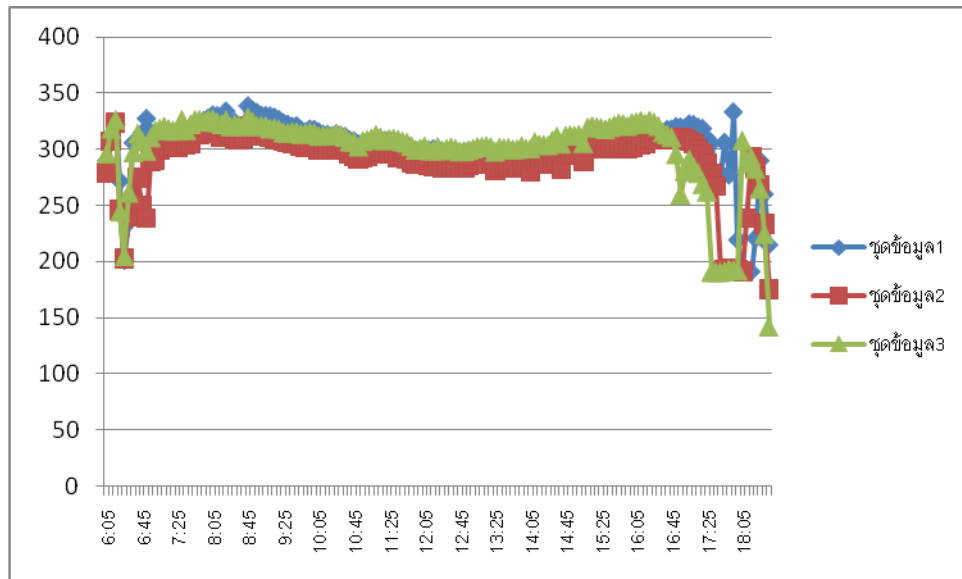
จากรูปที่ 4.12 ค่าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่วัดได้จากเครื่องบันทึกข้อมูล จากข้อมูลที่ได้พบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าประมาณ 340 โวลต์เมื่อเวลา 6.05 น. ของวัน และจะคงที่ตลอดจนกระทั่งเวลา 11.00 น.ค่าแรงดันไฟฟ้าจะลดลง อันเนื่องมาจากความร้อนสะสมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งค่าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชุดจะมีลักษณะทางไฟฟ้าที่เหมือนกัน ดังรูปที่ 4.13 – 4.14



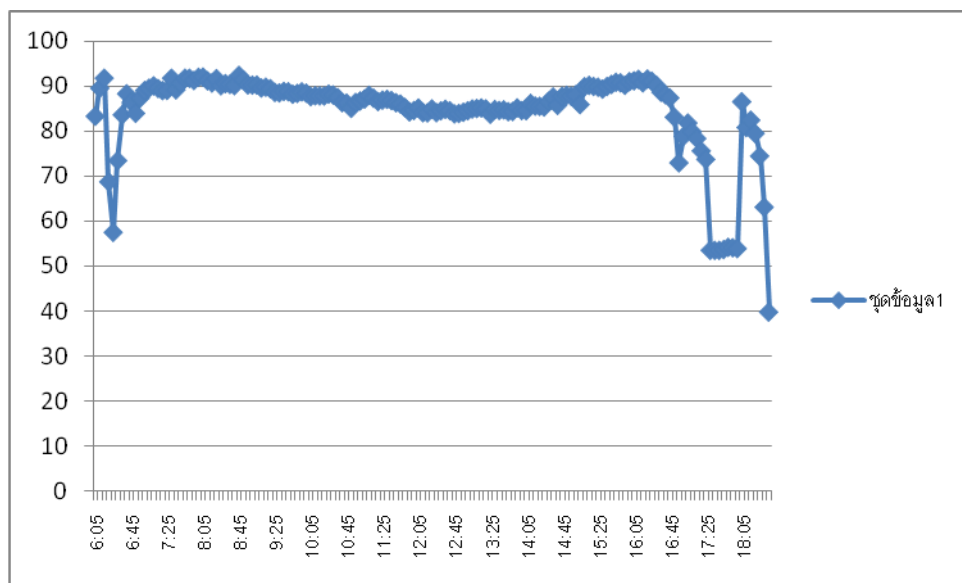
รูปที่ 4.13 ค่าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดที่ 2



รูปที่ 4.14 ค่าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดที่ 3

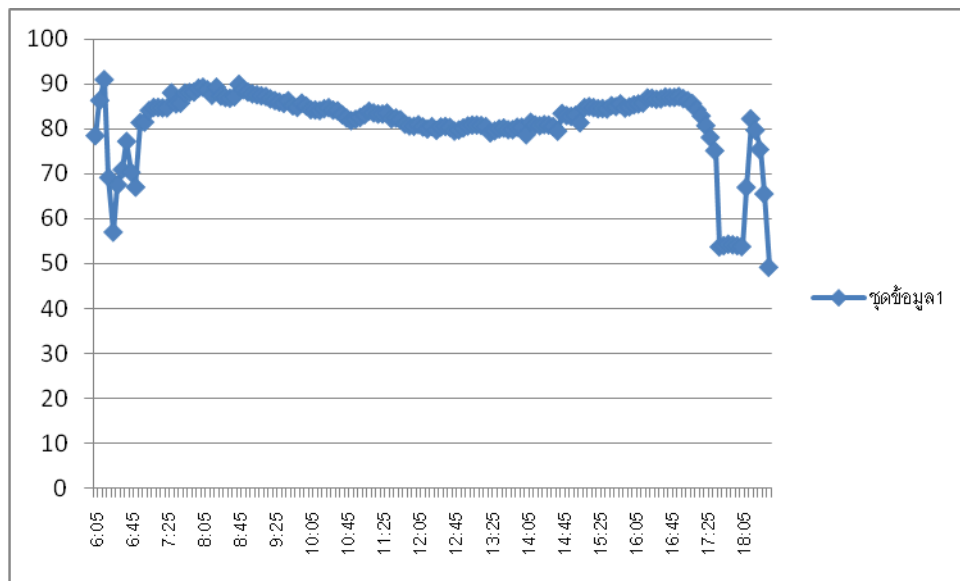


รูปที่ 4.15 การเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดที่ 1-3

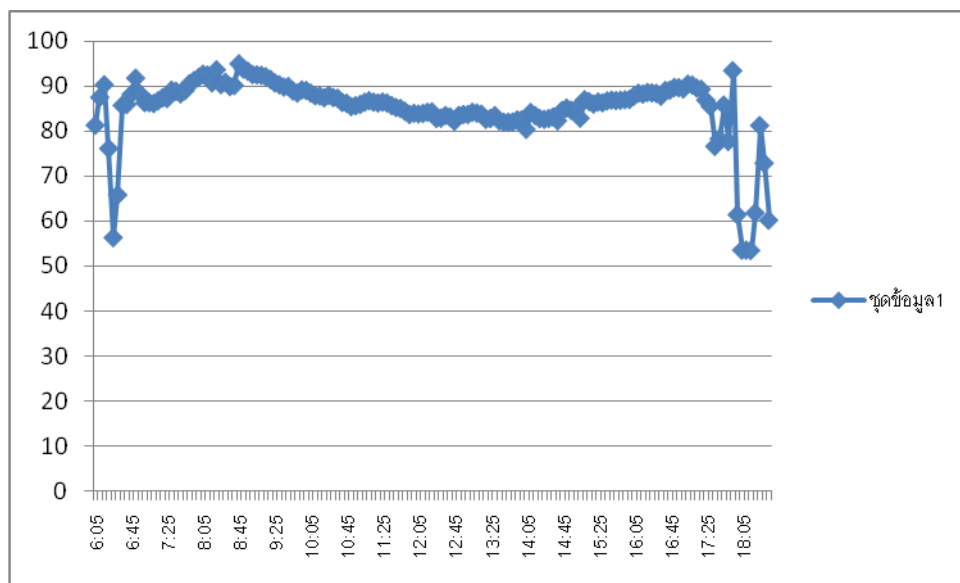


รูปที่ 4.16 ประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดที่ 1

จากรูปที่ 4.16 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการเกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละชุดซึ่งจะพบว่า ค่าแรงดันที่เกิดขึ้นบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีประสิทธิภาพในการเกิดแรงดันที่ ร้อยละ 90 ของแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับแรงดันระบบ 356 โวลต์

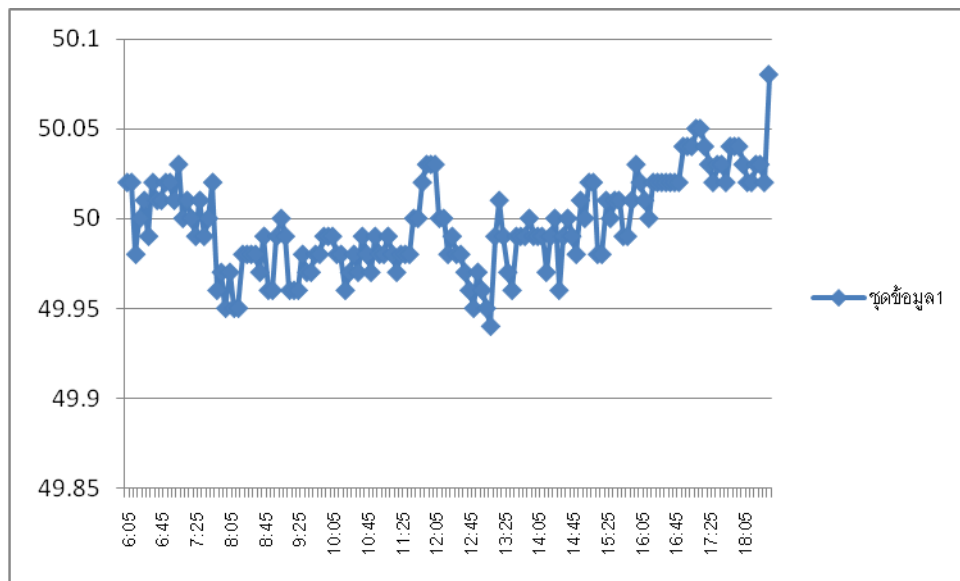


รูปที่ 4.17 ประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดที่ 2

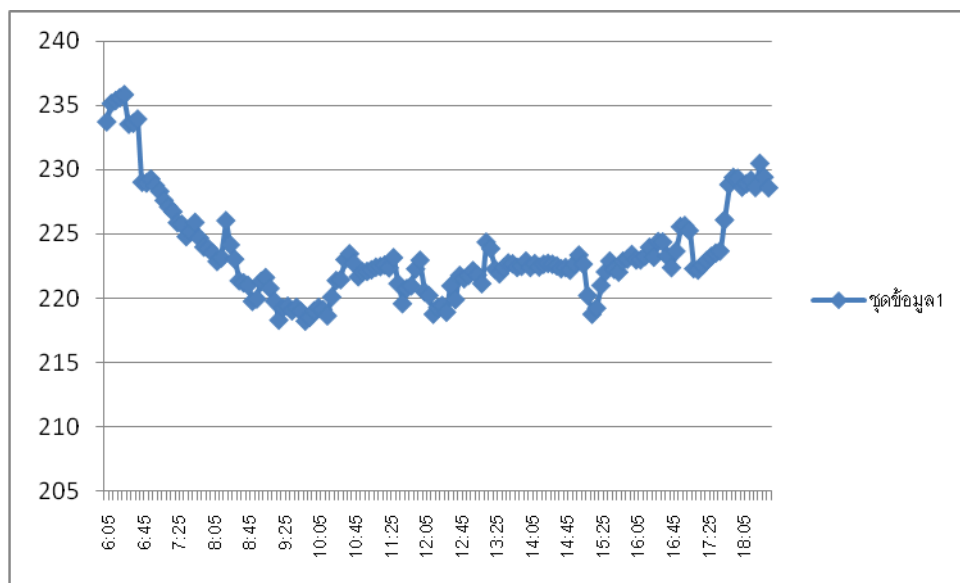


รูปที่ 4.18 ประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดที่ 3

จากรูปที่ 4.16 – 4.18 เป็นการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละกลุ่ม ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ได้ค่อนข้างดี อันเนื่องจากการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐาน ที่แสดงให้เห็นว่า ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจากระบบจะมีค่าประมาณ 356 โวลต์ซึ่งค่าที่บันทึกได้มีค่ามาก ที่มากกว่า ร้อยละ 85

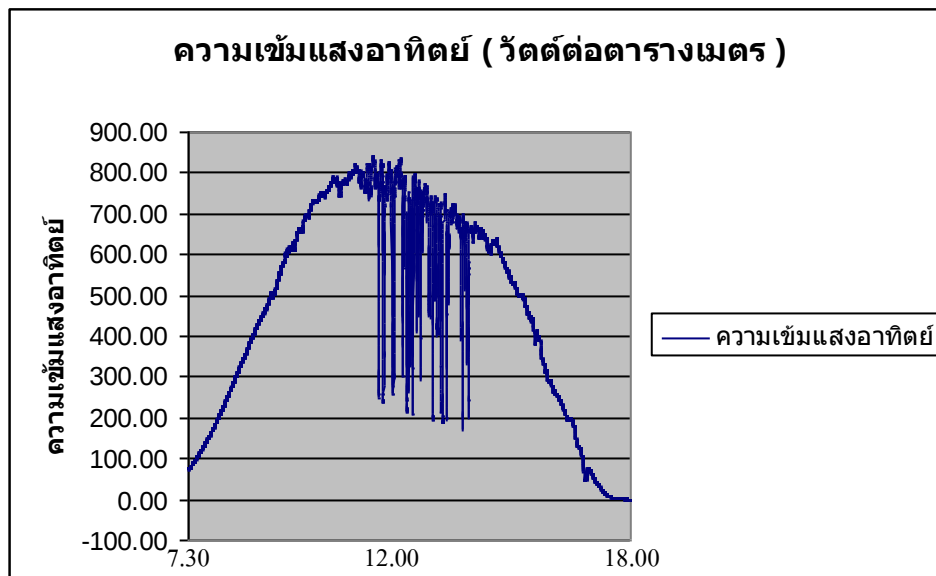


รูปที่ 4.19 ค่าความถี่ของอินเวอร์เตอร์ ขณะทำการเชื่อมต่อระบบ

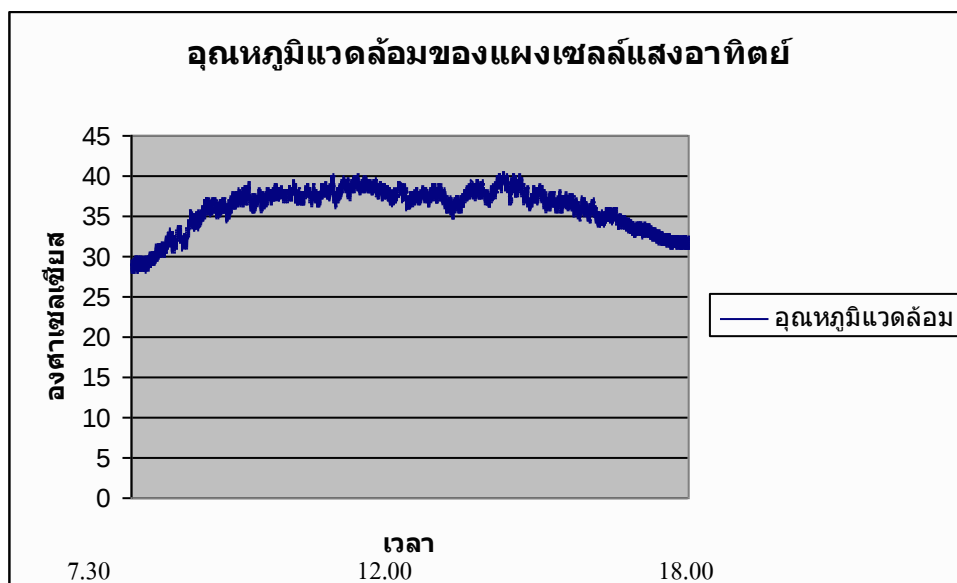


รูปที่ 4.20 ค่าแรงดันไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ ขณะต่อเชื่อมระบบ

จากรูปที่ 4.19 เป็นค่าความถี่ที่ได้รับจากเครื่องบันทึกข้อมูล ซึ่งค่าความถี่ที่ได้จะอยู่ระหว่าง 49.95 Hz ถึง 50.05 Hz เป็นค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าในการเชื่อมต่อระบบพลังงานทดแทน เข้ากับระบบของการไฟฟ้า ส่วนรูปที่ 4.20 แสดงให้เห็นค่าของแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากอินเวอร์เตอร์ ขณะทำการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ซึ่งค่าแรงดันที่วัดได้ช่วงระหว่าง 218 – 224 โวลต์



รูปที่ 4.21 ค่าความเข้มแสง ระหว่างวันขณะทำการวัดด้วย Reference Cell



รูปที่ 4.22 อุณหภูมิแวดล้อมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปที่ 4.21 แสดงให้เห็นค่าของความเข้มแสงอาทิตย์ในระหว่างวัน ซึ่งค่าที่วัดได้แสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่วัดได้จะเริ่มมีค่า เพิ่มขึ้นตามเวลาของวันนั้นๆ ซึ่งจากรูปข้อมูลที่วัดได้ค่าความเข้มแสงอาทิตย์จะเพิ่มมากขึ้นสูงสุดที่ประมาณ 800 วัตต์ต่อตารางเมตร เป็นข้อมูลที่ดีในการสอบนั้นหมายความว่า ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะเท่ากับกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่พิกัด ซึ่งเป็นข้อดีในการผลิตกำลังไฟฟ้า ส่วนรูปที่ 4.22 แสดงให้เห็นค่าอุณหภูมิ

แวลลุ่มของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งถ้ามีการพิจารณาจะพบว่า ค่าของแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะตกลงเล็กน้อย ตอนเที่ยงวันอันเนื่องมาจากอุณหภูมิสะสมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั่นเอง

4.6 สรุป

วิธีดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการออกแบบและวิเคราะห์ ระบบโฟโตโวลตาอิกเชื่อมต่อเข้ากับสายส่งของการไฟฟ้า โดยข้อมูลที่ได้ในการวิเคราะห์และจากการทดลอง ได้แก่

1. กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชุด
2. พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ จากระบบโฟโตโวลตาอิกในแต่ละวัน เก็บผ่านมิเตอร์เก็บค่า

พลังงานไฟฟ้า ประจำไซต์งาน

3. อุณหภูมิแวลลุ่มประจำไซต์งาน
4. ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ที่ได้จาก Reference Cell