

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 25 กิโลวัตต์

ภายในสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 25 กิโลวัตต์ ณ วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ประกอบด้วย 1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules) จำนวน 225 แผง ซึ่งคิดเป็นกำลังผลิตติดตั้ง 24.75 กิโลวัตต์ โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 3 แผง จะถูกต่อกันแบบอนุกรม เรียกว่า “สตริง (String)” ดังนั้นจึงมีสตริงทั้งหมด 75 ชุด แต่ละชุดจะถูกนำมาต่อขนานกัน เรียกว่า “อาร์เรย์ (Array)” โดยสถานีผลิตไฟฟ้าแห่งนี้ถูกแบ่งออกเป็น 5 อาร์เรย์ แสดงดังรูปภาพ 4.1 ซึ่งหมายความว่าใน 1 อาร์เรย์ ประกอบด้วย 15 สตริง ทำให้แรงดันไฟฟ้าสูงสุดและกระแสไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละอาร์เรย์ มีค่าเป็น 318 โวลต์ และ 15.75 แอมป์ ตามลำดับ 2) เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Solar Charger Controller) ซึ่งถูกติดตั้งภายในห้องควบคุมที่อยู่ถัดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำหน้าที่รองรับไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ 3) แบตเตอรี่แบบ Deep-Cycle จำนวน 40 ลูก โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 20 ลูก ต่อกันแบบอนุกรม ซึ่งมีค่าความจุไฟฟ้าทั้งหมดเท่ากับ 96 หน่วย และ 4) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ถูกใช้เพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ หรือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ (ตามมาตรฐานที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด) รวมถึงเป็นตู้ควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าอีกด้วย



(ก) แผงเซลล์แสงอาทิตย์

(ข) ห้องควบคุม

รูปภาพ 4.1 สถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 25 กิโลวัตต์



รูปภาพ 4.2 แผนผังระบบไฟฟ้าภายในสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 25 กิโลวัตต์



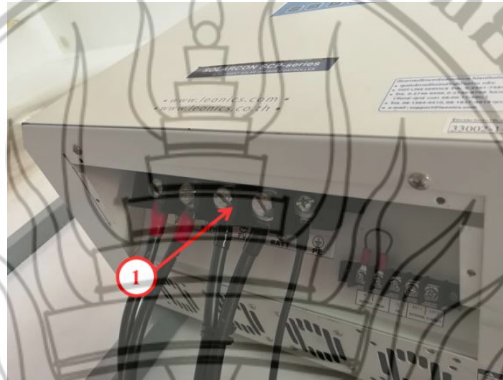
รูปภาพ 4.3 แผนผังแสดงตำแหน่งสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 25 กิโลวัตต์ และภาระทางไฟฟ้า

ส่วนภาระทางไฟฟ้าของสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 25 กิโลวัตต์ ประกอบด้วย แปลงเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm) และอาคารจำนวน 10 หลัง ได้แก่ สำนักงาน (Office) ร้านอาหาร (Restaurant) ร้านสะดวกซื้อ (Sixty Mart) ร้านกาแฟ (Green Villa Coffee) บ้าน DC One บ้านเพชร (Diamond house) บ้าน VIP (Green Cottage) บ้านทรงเอ (A-frame house) และ บ้านกล่อง (Box house) จำนวน 2 หลัง

4.2 ต้นแบบอุปกรณ์แสดงข้อมูลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า

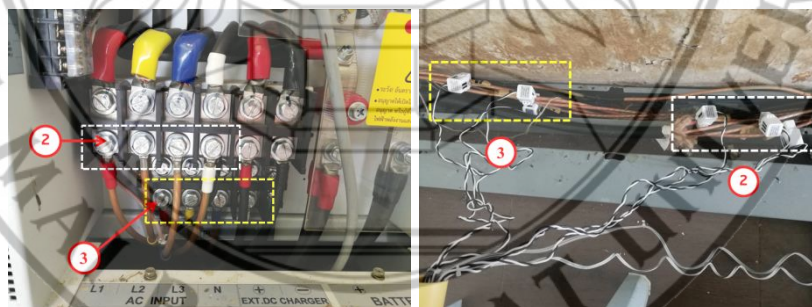
จากการสำรวจสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 25 กิโลวัตต์ พบว่าตำแหน่งในการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าประกอบด้วย 3 ตำแหน่งหลัก ๆ ดังนี้

- 1) ติดตั้ง R-shunt บริเวณตำแหน่งขั้วลบของเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ เพื่อเป็นการตรวจวัดกำลังการผลิตไฟฟ้าของสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 25 กิโลวัตต์



รูปภาพ 4.4 ตำแหน่งการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

- 2) ติดตั้ง Crocodile Clip (สำหรับตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า) บริเวณขั้วต่อสายไฟขาเข้า (AC Input) ภายในเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และติดตั้ง Current Transformer (สำหรับตรวจวัดกระแสไฟฟ้า) บริเวณสายไฟขาเข้าจากการไฟฟ้า เพื่อตรวจวัดปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม
- 3) ติดตั้ง Crocodile บริเวณขั้วต่อสายไฟขาออก (AC Output) ภายในเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และติดตั้ง Current Transformer บริเวณสายไฟขาออกไปยังภาระทางไฟฟ้า เพื่อตรวจวัดปริมาณความต้องการใช้พลังงานของชุมชนสี่เหลี่ยมโซนเอ (CMWG Zone A)

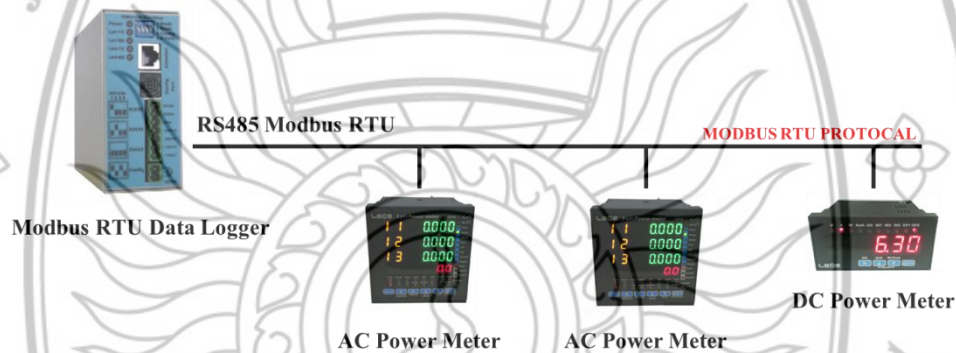


(ก) ตำแหน่งตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (ข) ตำแหน่งตรวจวัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ

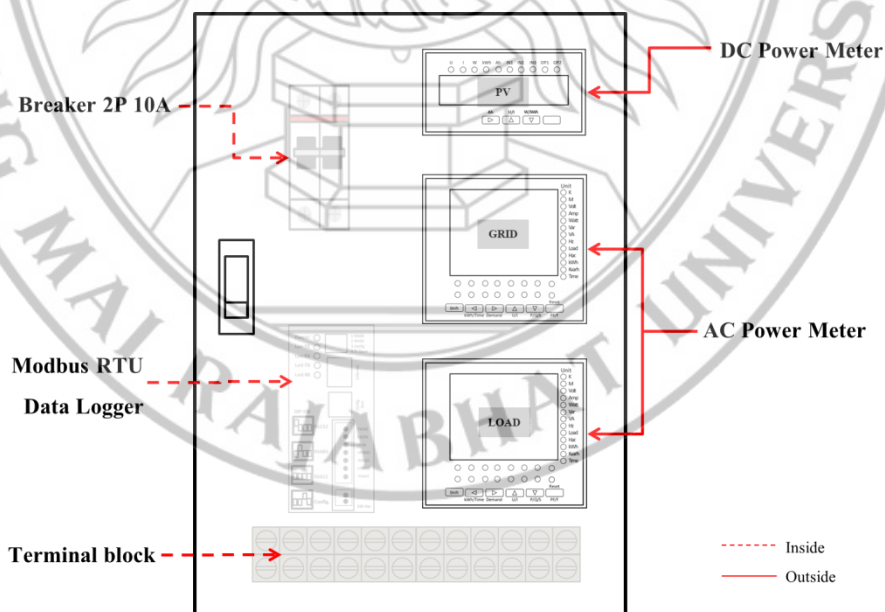
รูปภาพ 4.5 ตำแหน่งการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า และความต้องการใช้ไฟฟ้า

การออกแบบอุปกรณ์สำหรับการแสดงข้อมูลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าแบบ Real-time ดังแสดงในรูปภาพ 4.7 จึงประกอบด้วยมิเตอร์แสดงผล จำนวน 3 เครื่อง ได้แก่ มิเตอร์แสดงผลการ

ตรวจวัดไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Meter) และมิเตอร์แสดงผลการตรวจวัดไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 3 เฟส (3 Phase AC Power Meter) จำนวน 2 เครื่อง และเครื่องบันทึกอุปกรณ์ (Modbus RTU Data Logger) ที่สามารถเชื่อมต่อข้อมูลกับมิเตอร์ทั้ง 3 เครื่อง โดยการสื่อสารผ่านทางพอร์ต RS-485 ประกอบทั้งภายในอุปกรณ์แสดงผลฯ ยังถูกติดตั้งเบรกเกอร์แบบ 1 เฟส 2 ขั้ว พิกัด 10 แอมป์ เพื่อป้องกันไฟฟ้ากระแสเกิน หรือกระแสไฟฟ้าลัดวงจร ส่วนเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัด ได้แก่ Crocodile Clip จำนวน 8 ตัว และ Split Core Current Transformer ขนาด 100A/333mV จำนวน 6 ตัว เนื่องจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดถึง 68.2 แอมป์ รวมถึงสายไฟที่ใช้ภายในสถานีผลิตไฟฟ้า มีขนาด 16 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง (รวมทั้งฉนวนและตัวนำ) เท่ากับ 8.4 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงเลือก Current Transformer ที่มีขนาดรู้อย่างน้อย 16 มิลลิเมตร

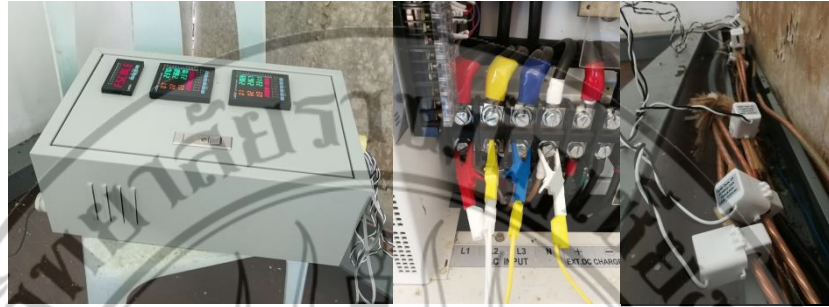


รูปภาพ 4.6 รูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบแสดงผลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า



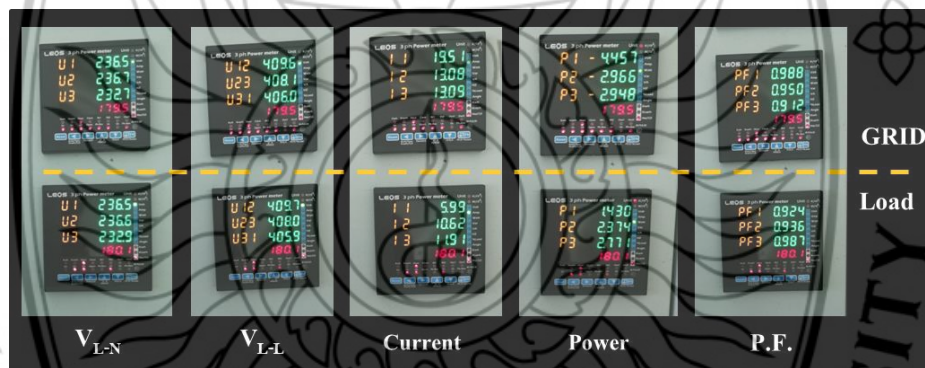
รูปภาพ 4.7 ต้นแบบอุปกรณ์แสดงผลการตรวจวัดพลังงาน

4.3 ผลทดสอบการใช้งานอุปกรณ์แสดงข้อมูลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า



รูปภาพ 4.8 ทดสอบใช้งานอุปกรณ์แสดงผลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า

จากการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์แสดงข้อมูลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า พบว่าอุปกรณ์แสดงผลฯ สามารถแสดงข้อมูลคุณสมบัติทางไฟฟ้าได้ครบตามจุดประสงค์ที่ต้องการ เช่น แรงดันไฟฟ้าในแต่ละเฟส (Line to Neutral) แรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟส (Line to Line) กระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟส กำลังไฟฟ้าในแต่ละเฟส และตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ฯลฯ



รูปภาพ 4.9 ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่แสดงบนมิเตอร์

จากรูปภาพ 4.9 จะเห็นว่าค่ากำลังไฟฟ้าของมิเตอร์สำหรับแสดงผลปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Grid) มีค่าเป็นลบ เนื่องจากสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 25 กิโลวัตต์ สามารถส่งกระแสไฟฟ้าย้อนคืนสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ ถ้าหากมีความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในชุมชนน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การทดสอบความเที่ยงตรง หรือความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจากอุปกรณ์แสดงผลฯ ที่จัดทำขึ้น ได้ทำการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์กับ Clamp Meter โดยจดบันทึกปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ และพิกัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากทั้ง 2 เครื่อง ทุก ๆ 5 นาที จำนวน 50 ครั้ง (ในรายงานเล่มนี้จะแสดงตัวอย่างค่าที่ตรวจวัดได้เพียงบางส่วนเท่านั้น) ซึ่งแสดงข้อมูลในตาราง 4.1 และตาราง 4.2 ตามลำดับ

ตาราง 4.1 เปรียบเทียบปริมาณกระแสไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์แสดงข้อมูลฯ ที่จัดทำ กับ Clamp Meter

เครื่องมือตรวจวัด		ค่าความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
อุปกรณ์แสดงผลการ ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า	Clamp Meter	
1. ปริมาณกระแสไฟฟ้า (แอมป์)		
12.37	12.32	0.41
15.88	15.84	0.27
16.73	16.50	1.39
16.30	16.35	0.33
18.07	18.15	0.44
19.34	19.27	0.35
13.09	13.11	0.17
8.69	8.54	1.81
7.18	7.23	0.68
5.75	5.81	1.06
...	...	...
เฉลี่ย		0.59

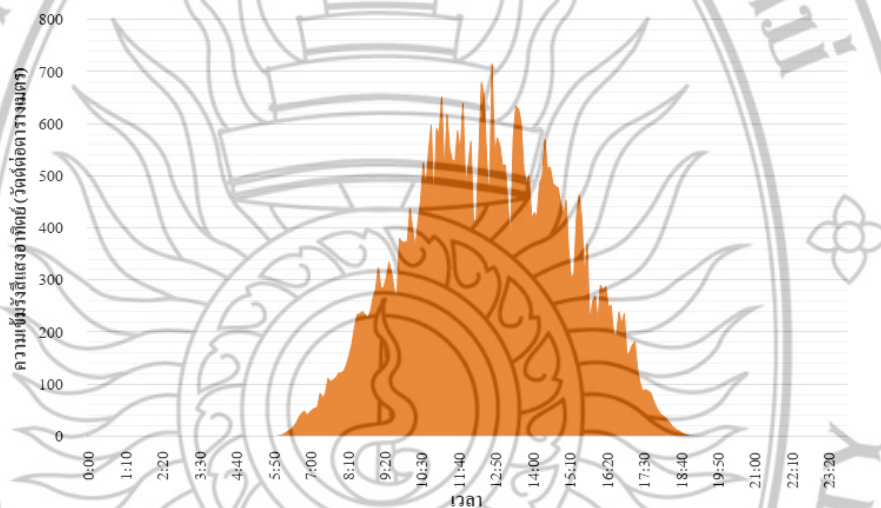
ตาราง 4.2 เปรียบเทียบพิกัดแรงดันไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์แสดงข้อมูลฯ ที่จัดทำ และ Clamp Meter

เครื่องมือตรวจวัด		ค่าความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
อุปกรณ์แสดงผลการ ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า	Clamp Meter	
1. พิกัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (โวลต์)		
228.14	228.22	0.04
227.22	228.62	0.61
227.58	227.79	0.09
226.83	226.77	0.03
227.31	227.12	0.08
229.83	228.97	0.38
228.50	229.53	0.45
228.13	228.52	0.17
229.44	229.13	0.14
230.01	228.82	0.52
...	...	...
เฉลี่ย		0.57

4.4 ผลการประเมินศักยภาพของสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 25 กิโลวัตต์

4.4.1 ผลการตรวจวัดค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์

การตรวจวัดค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ภายในพื้นที่ของวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โดยใช้เครื่องมือไพรานอมิเตอร์ที่ติดตั้งบนหลังคาของห้องควบคุม โดยทำการบันทึกข้อมูลลงใน SD Card ทุก ๆ 5 นาที หลังจากนั้นนำมาพล็อตกราฟด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และทำการเฉลี่ยค่ารังสีแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน ดังแสดงในรูปภาพ 4.10 เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าพลังงานแสงอาทิตย์ใน 1 วัน และชั่วโมงการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PSH) ตามสมการ (3.4)



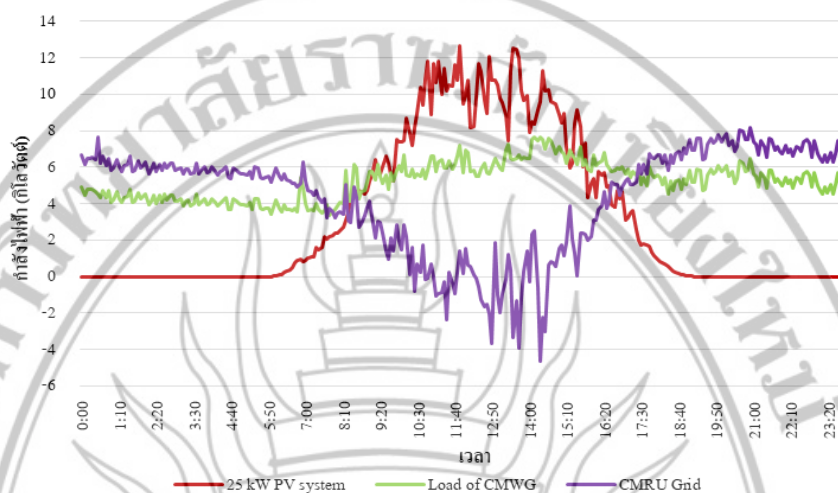
รูปภาพ 4.10 ค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ ณ วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย

ค่าพลังงานแสงอาทิตย์จากรูปภาพ 4.10 มีค่าเป็น 3.93 หน่วยต่อตารางเมตร (คิดเป็นชั่วโมงการทำงานเท่ากับ 3.93 ชั่วโมง) จากตาราง 3.1 จะระบุว่าในจังหวัดเชียงใหม่มีค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งปี เท่ากับ 4.92 หน่วยต่อตารางเมตร ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากการตรวจวัดด้วยไพรานอมิเตอร์ มีค่าต่ำกว่าค่อนข้างมาก เนื่องจากช่วงที่เก็บผลการวิจัยอยู่ในช่วงฤดูฝน ทำให้ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์มีความไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับปริมาณเมฆฝนในช่วงเวลานั้น ๆ

4.4.2 ผลการตรวจวัดข้อมูลทางไฟฟ้าภายในสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

จากการเก็บข้อมูลโดยใช้อุปกรณ์แสดงข้อมูลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าที่จัดทำขึ้นสำหรับสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 25 กิโลวัตต์ (Monitoring System for 25 kW PV System) ณ วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โดยทำการบันทึกข้อมูล ทุก ๆ 5 นาที และนำข้อมูลในแต่ละวันมาเฉลี่ย เพื่อหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (25 kW PV System) ค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในชุมชนสีเขียว

(Load of Chiang Mai World Green City : CMWG) และค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย (CMRU Grid) ซึ่งแสดงผลดังรูปภาพ 4.11



รูปภาพ 4.11 ค่าเฉลี่ยกำลังผลิตไฟฟ้า และความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในชุมชนสีเขียว

จากรูปภาพ 4.11 จะเห็นว่าการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะเริ่มทำงานตั้งแต่เวลา 7.00 น. - 18.00 น. โดยมีกำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 12.67 กิโลวัตต์ (ณ เวลา 11.50 น.) ซึ่งคิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด เท่ากับ 76.45 หน่วยต่อวัน (ลดค่าไฟได้ 321.83 บาทต่อวัน) ส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่จากระบบจำหน่ายไฟฟ้า มีค่าเป็น 104.43 หน่วยต่อวัน และค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในชุมชนสีเขียว โชนเอ มีค่าเท่ากับ 125.24 หน่วยต่อวัน ซึ่งถือว่ามีความใกล้เคียงกับที่คาดการณ์ไว้ในหัวข้อ 2.2.1

ในบางช่วงเวลากลางวัน จะเห็นกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามีค่าเป็นลบ เนื่องจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าภายในสถานีผลิตไฟฟ้าฯ แห่งนี้ สามารถส่งกระแสไฟฟ้าย้อนคืนสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ ถ้าหากมีกำลังผลิตไฟฟ้ามากเกินไปกว่าความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในชุมชนสีเขียว ส่วนในช่วงเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 17.00 น. – 6.00 น. จะเห็นว่าค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในชุมชนสีเขียวมีค่าน้อยกว่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ซึ่งจากการตรวจสอบ ประเมิน และวิเคราะห์ทางเทคนิค พบว่าแบตเตอรี่ที่ติดตั้งภายในสถานีผลิตไฟฟ้าฯ มีประสิทธิภาพการประจุไฟฟ้าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากอายุการใช้งานมากกว่า 5 ปีแล้ว ทำให้ไม่สามารถกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันได้ รวมถึงในช่วงเวลากลางคืน แบตเตอรี่ยังทำหน้าที่เป็นภาระทางไฟฟ้า (Load) แทนการเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับชุมชนสีเขียวอีกด้วย

4.4.3 ผลการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคของสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคของสถานีผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 25 กิโลวัตต์ ประกอบด้วย สมรรถนะการทำงานของระบบ (Performance Ratio : PR) ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจริง (Capacity Factor : CF) ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Efficiency Array) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 77.85% 12.87% และ 5.53% ตามลำดับ โดยค่าสมรรถนะการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 80% [12] แต่สถานผลิตไฟฟ้าฯ แห่งนี้มีค่าต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนด เนื่องมาจากเศษใบไม้ และฝุ่นละอองที่เกาะอยู่บนหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ดังนั้นควรหมั่นทำความสะอาดเป็นประจำในทุก ๆ ปี ส่วนค่าความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจริงต่ำกว่าในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดเล็กน้อย โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 13-19% (อ้างอิงจาก U.S Energy Information Administration : EIA) เพราะช่วงเวลา หรือวันเวลาที่ทำการตรวจวัดปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นช่วงฤดูฝน เป็นเหตุให้มีเมฆค่อนข้างมาก ทำให้ระบบสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพเท่าที่ควร ส่วนการคำนวณประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน กำหนดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง ซึ่งมีค่าประมาณ 4-9% [2]