บทที่ 4
ผลการวิจัย/การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษาออกแบบระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล สำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือน

1. ผลการศึกษาออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การศึกษาและออกแบบระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล สำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือน พบว่า เริ่มจากการวิเคราะห์ปริมาณแผงโซล่าเซลล์ วิเคราะห์ปริมาณกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ได้โดยเฉลี่ยใน 1 วัน ทำงานร่วมกับอินเวอร์เตอร์ขนาด 1,500 วัตต์ สำหรับแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ พร้อมระบบกันย้อนของกระแสไฟฟ้า (Zero Export) วิเคราะห์หลักการทำงานของอุปกรณ์เชื่อมต่อผ่านระบบเครือข่ายไร้สายให้สามารถควบคุมการทำงานของระบบได้ในระยะไกล และการออกแบบระบบให้แสดงค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซล่าเซลล์ โดยสามารถคำนวณหารายละเอียดของอุปกรณ์ได้ดังต่อไปนี้

1.1. ปริมาณแผงโซล่าเซลล์

เนื่องจากความต้องการกำลังไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ขนาด 1,500 วัตต์ เริ่มทำงานตามคุณลักษณะที่ระบุไว้ที่ตัวเครื่องมีความต้องการแรงดันไฟฟ้า 80-450 โวลต์ (MPPT Voltage Range) โดยเริ่มทำงานที่ 80 โวลต์ โดยในงานวิจัยใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 350 วัตต์ ต่อแผง ดังนั้น

ค่าแรงดันแผงโซล่าเซลล์ขนาด 350 วัตต์ = 46.60 โวลต์ (±ร้อยละ 5)

ค่ากระแสแผงโซล่าเซลล์ขนาด 350 วัตต์ = 9.52 แอมแปร์ (±ร้อยละ 5)

ดังนั้น ขนาดของแรงดันและกระแสแผงโซล่าเซลล์ที่เหมาะสมต่อการใช้งานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 233 โวลต์ ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 9.52 แอมแปร์ จำนวนแผงโซล่าเซลล์ 5 แผง หรือขนาดกำลังวัตต์รวมเท่ากับ 1,750 วัตต์ จำนวน 1 String (ต่อแผงอนุกรม) โดยสังเกตที่ค่า Voc (Open Circuit Voltage) และค่า Isc (Short Circuit Current) ของแผงโซล่าเซลล์ ตามลำดับ

1.2. ปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าใน 1 วัน

ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ใน 1 วันโดยเฉลี่ยมีปริมาณเท่ากับ 5 ชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยตั้งแต่ช่วงเวลา 08.00 ถึง 17.00 น. โดยแผงโซล่าเซลล์ขนาด 1,750 วัตต์ ต่อร่วมกับอินเวอร์เตอร์ขนาด 1,500 วัตต์ ทำงานเต็มประสิทธิภาพ จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าต่อวันจะเท่ากับ

$$W = (\text{กำลังการผลิตของอินเวอร์เตอร์} \times 5) / 1,000$$

เมื่อ

W คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าใน 1 วัน (หน่วย)

เมื่อต้องการหาขนาดการผลิตกระแสไฟฟ้าใน 1 วัน สามารถคำนวณได้ดังนี้

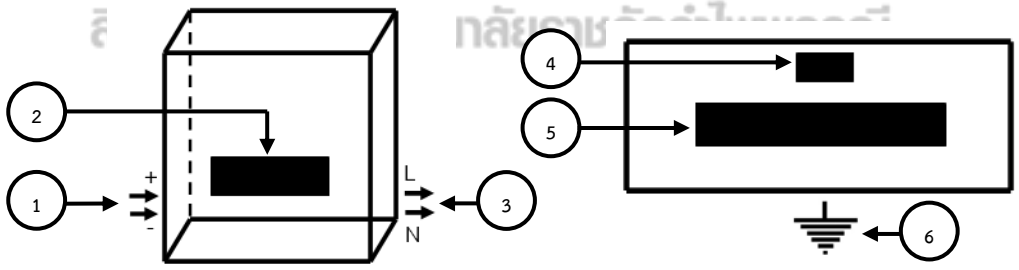
$$W = (1,500 \times 5) / 1,000$$
$$= 7,500 / 1,000$$
$$= 7.5 \text{ หน่วย}$$

ดังนั้น กำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เท่ากับ 7.5 หน่วยต่อวัน หรือ 225 หน่วยต่อเดือน สามารถประหยัดค่ากระแสไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวันได้เป็นเงิน 850-950 บาทต่อเดือน โดยคำนวณจากค่าบริการการใช้กระแสไฟฟ้าที่ 4.2 บาทต่อหน่วย (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2561)

เมื่อทำการคำนวณหาคุณลักษณะอุปกรณ์ที่นำมาต่อเป็นระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และคำนวณขนาดการผลิตกระแสไฟฟ้าใน 1 วัน พบว่า อุปกรณ์ทั้งหมดของระบบมีรายละเอียดประกอบด้วย โซล่าเซลล์ขนาด 350 วัตต์ จำนวน 5 แผง อินเวอร์เตอร์ขนาด 1,500 วัตต์ โดยจะสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพในช่วงเวลาที่แผงโซล่าเซลล์มีระดับความเข้มแสงสูงสุดด้วยระยะเวลา 4-5 ชั่วโมงต่อวัน สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 225 หน่วยต่อเดือน หรือสามารถลดค่าไฟฟ้าภายในครัวเรือนต่อเดือนได้ 850-950 บาท

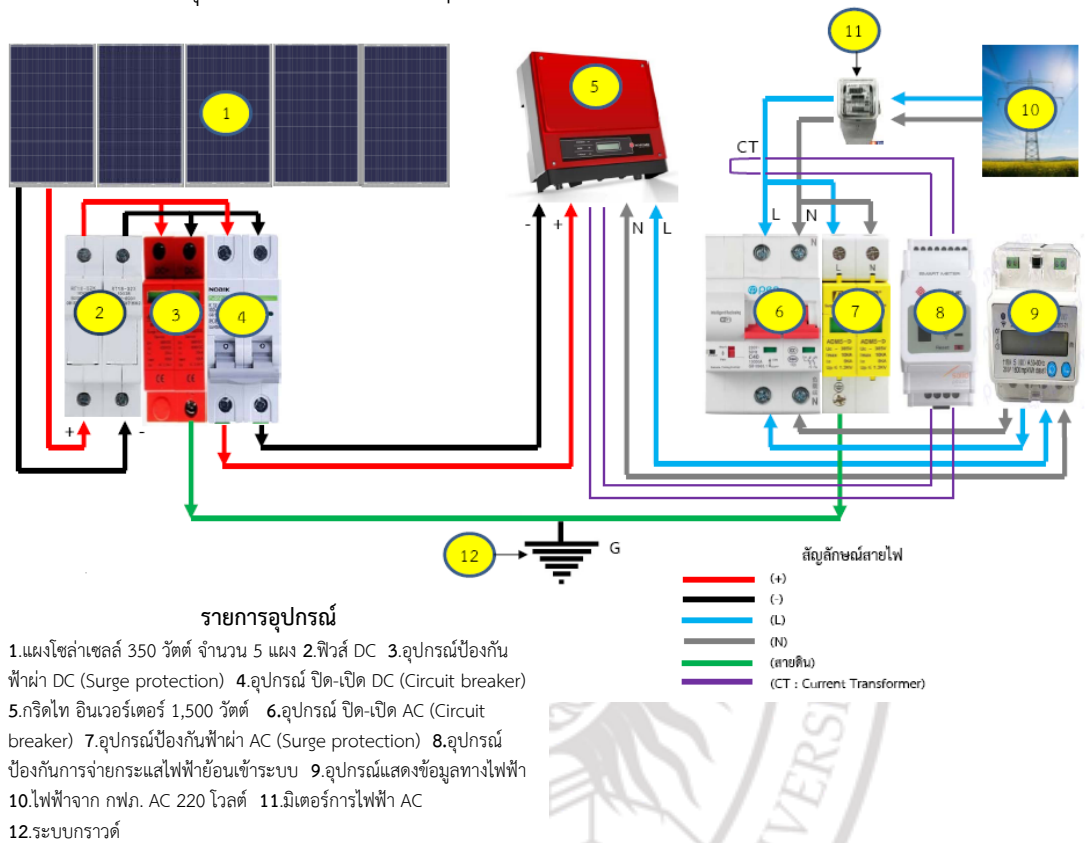
2. ศึกษาออกแบบชุดควบคุมระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล สำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือน

การศึกษาและออกแบบชุดควบคุมระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล สำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือน พบว่า ตู้ควบคุมที่นำมาใช้เก็บอุปกรณ์เป็นตู้คอนซูมเมอร์ขนาด 20 ช่อง ดังภาพที่ 4.1 อินเวอร์เตอร์ขนาด 1,500 วัตต์ สำหรับแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ประกอบด้วย (1) ช่องเชื่อมต่อไฟฟ้ากระแสตรงที่มาจากตู้ควบคุมด้วยหัว MC4 จำนวน 2 ช่อง (ขั้วบวก และขั้วลบ) (2) มอนิเตอร์แสดงการทำงานของเครื่องอินเวอร์เตอร์แบบรวม ประกอบด้วย กำลังวัตต์ (Power) แรงดันไฟฟ้า (DC) กระแสไฟฟ้า (DC) แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) กระแสไฟฟ้า (AC) อุณหภูมิภายใน เป็นต้น (3) แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเชื่อมต่อระหว่างอินเวอร์เตอร์กับตู้ควบคุม (4) ตู้ควบคุมติดตั้งวัตต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อวัดปริมาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกับวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน (5) อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน ประกอบด้วย ฟิวส์ไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินพิกัด อุปกรณ์เซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้าระบบการทำงาน อุปกรณ์ป้องกันไฟกระโชกทางไฟฟ้ากระแสตรง (DC Surge Protector) เพื่อป้องกันในกรณีที่เกิดไฟกระโชกรุนแรง อุปกรณ์เซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ อุปกรณ์ป้องกันไฟกระโชกทางไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Surge Protector) และอุปกรณ์แสดงข้อมูลทางไฟฟ้า (Power Smart Energy Meter) และ (6) ระบบกราวด์ เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วขณะระบบทำงาน



ภาพที่ 4.1 ชุดควบคุมระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล

จากการศึกษาและออกแบบอุปกรณ์สำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถออกแบบวงจรการเชื่อมต่อดังภาพที่ 4.2 ประกอบด้วย แผงโซล่าเซลล์ อินเวอร์เตอร์ อุปกรณ์ป้องกันการจ่ายกระแสไฟฟ้าย้อนเข้าระบบ อุปกรณ์แสดงข้อมูลทางไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.2 แผนผังระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล

สามารถอธิบายแผนผังการเชื่อมต่อระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล สำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือนได้ดังนี้ (1) โดยเมื่อมีแสงแดดตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้เกิดแรงดัน และกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าระบบ โดยผ่าน (2) ฟิวส์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้งขั้วบวก (+) และขั้วลบ (-) ผ่าน (3) อุปกรณ์ป้องกันไฟกระโชกทางไฟฟ้ากระแสตรงก่อนเข้าระบบ (4) เซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อป้อนกระแสไฟฟ้าไหลเกินพิกัด (5) อินเวอร์เตอร์แปลงให้เป็นแรงดัน และกระแสไฟฟ้าสลับ โดยมี (10) การเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าที่มาจากส่วนของการไฟฟ้าผ่าน (11) หม้อมิเตอร์สำหรับบันทึกหน่วยไฟฟ้า เพื่อเข้าสู่อินเวอร์เตอร์ โดยกระแสไฟฟ้าจะผ่าน (6) อุปกรณ์เซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ผ่าน (7) อุปกรณ์ป้องกันไฟกระโชกทางไฟฟ้ากระแสสลับ โดยลักษณะของการทำงานอินเวอร์เตอร์จะทำการซิงค์สัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากอินเวอร์เตอร์กับไฟที่มาจากระบบของการไฟฟ้า ดังนั้นหากยังไม่ได้ป้อนไฟที่มาจากระบบการไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์ก็จะไม่สามารถทำงาน อีกทั้งเมื่อระบบทำงานจะป้อนกระแสไฟฟ้าไปยังโหลดหรืออุปกรณ์ภายในบ้านพักอาศัยเท่านั้น จะไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังส่วนของการไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์ (8)

ป้องกันการย้อน CT (Current Transformer) โดยนำไปคล้องที่สายไฟหลักเส้นไลน์ (L) ซึ่งหน้าที่ของ CT จะคอยจำกัดการผลิตกระแสไฟฟ้าให้พอดีกับที่โหลดต้องการ และยังมีอุปกรณ์ (9) ที่ช่วยเรื่องการบริหารจัดการการทำงานของระบบแสดงข้อมูลทางไฟฟ้า (Power Smart Energy Meter) ซึ่งจะทำให้ทราบข้อมูลต่าง ๆ เช่น ปริมาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ และปริมาณหน่วยไฟฟ้าผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยการเชื่อมต่อระบบไวไฟ (WiFi) ซึ่งจะทำให้สะดวกต่อการบริหารจัดการทำงานอีกด้วย โดยการติดตั้งสิ่งที่ต้องคำนึงถึง และควรได้รับการเชื่อมต่อ คือ (12) ระบบกราวด์ เนื่องจากเป็นระบบไฟฟ้ากระแสตรงอาจจะมีกระแสไฟฟ้ารั่วตามอุปกรณ์ต่าง ๆจึงควรเชื่อมต่อระบบกราวด์ตั้งแต่แผงโซล่าเซลล์ และอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมเพื่อป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วอีกด้วย และเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา วสท. 022013-59 เรื่อง มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศ : ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2561)

ผลการติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกลสำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือน

1. ผลการติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า อุปกรณ์ที่ควบคุมระบบการทำงานจะถูกติดตั้งลงในตู้ควบคุมกันน้ำขนาดความกว้าง 44.6 เซนติเมตร ยาว 22 เซนติเมตร และลึก 11.7 เซนติเมตร ดังภาพที่ 4.3 (รายละเอียดภาคผนวก ง) โดยทำการติดตั้งฟิวส์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 32 แอมแปร์ 1,000 โวลต์ อุปกรณ์ป้องกันไฟกระโชกทางไฟฟ้า (DC Surge Protector) ขนาด 20 กิโลแอมแปร์ 1,000 โวลต์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 32 แอมแปร์ 440 โวลต์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 32 แอมแปร์ 220 โวลต์ สามารถเชื่อมต่อผ่านระบบเครือข่ายได้ อุปกรณ์ป้องกันไฟกระโชกทางไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Surge Protector) ขนาด 20 กิโลแอมแปร์ 420 โวลต์ บริเวณด้านหน้าติดตั้งมอนิเตอร์แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 100 แอมแปร์ 100 โวลต์ ด้านข้างติดตั้งอินเวอร์เตอร์ขนาดความกว้าง 34.4 เซนติเมตร ยาว 27.4 เซนติเมตร และสูง 12.8 เซนติเมตร โดยเชื่อมสัญญาณไฟฟ้าด้วย VCT สายไฟขนาด 3*2.5 ตารางมิลลิเมตร

ภาพที่ 4.3 ชุดควบคุมระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แล้วเชื่อมต่อเข้ากับระบบของการไฟฟ้า ด้วยแผงโซล่าเซลล์ขนาด 350 วัตต์ จำนวน 5 แผง ผ่านอินเวอร์เตอร์ขนาด 1,500 วัตต์ โดยเมื่อแผงโซล่าเซลล์รับพลังงานจากแสงอาทิตย์เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า แรงดันและกระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านสายไฟ (PV1-F) ขนาด 1*4 ตารางมิลลิเมตร เข้ามายังตู้ควบคุมผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่อ (MC4) ขั้วบวก (+) และขั้วลบ (-) ที่อยู่ด้านล่างของตู้ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านไปที่ฟิวส์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ และอุปกรณ์ป้องกันไฟกระโชกทางไฟฟ้า (Surge Protector) โดยมีมอนิเตอร์แสดงปริมาณแรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากโซล่าเซลล์ หลังจากนั้นจะถูกแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับขนาดมากกว่า 230 โวลต์ ควบคุมโดยสวิตช์ปิด-เปิดที่สามารถควบคุมผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้ และเพื่อความปลอดภัยของระบบ จึงได้มีการติดตั้งระบบกราวด์ โดยใช้แท่งทองแดงขนาด 1.8 เมตร ฝังลงในพื้นดินใกล้กับจุดติดตั้งบริเวณดังกล่าวด้วย ซึ่งให้เป็นมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า วสท.2001-56 เรื่อง มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2556 (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2563)

2. ผลการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ (Solar Cell) แรงดันสูง

ผลการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ พบว่า บริเวณสำหรับติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ เป็นหลังคาแบบเมทัลชีต ทิศทางหลังคาหันไปทางทิศใต้ หลังคามีความลาดเอียงในระดับ 15 ถึง 20 องศา โดยอุปกรณ์ติดตั้งประกอบด้วย รางอะลูมิเนียมขนาด 2.1 เมตร ตัวยึดหลังคาเมทัลชีต (L-FEET) ตัวต่อราง เอ็นแคลมป์ มิดแคลมป์ ดังภาพที่ 4.4 โดยใช้พื้นที่ขนาดความกว้าง 5 เมตร ยาว 2 เมตร นับจากแผงทางด้านซ้ายมือเท่ากับจำนวน 5 แผง ซึ่งจะสามารถรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ดีตลอดทั้งวัน (รายละเอียดดังภาคผนวก ฉ) อีกทั้งเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้ง วสท. 022013-59 เรื่อง มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย : ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ด้านมุมองศาการติดตั้งเมื่อเทียบกับทิศใต้ (True South) ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบ (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2561)

ภาพที่ 4.4 การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนหลังคาเมทัลชีต

การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์เริ่มต้นจากคำนวณพื้นที่ที่ต้องการวางแผงโซล่าเซลล์ขนาด 2x1 ตารางเมตรต่อแผง ทั้งหมดจำนวน 5 แผง (ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้) นำขายึดหลังคาเมทัลชีต (L-FEET) วางบนสันนูนของหลังคาเมทัลชีตด้วยการนำสักรูเดิมออก แล้วนำตัวยึดหลังคาเจาะลงไปให้

ยึดกับคาน โดยมีระยะห่างระหว่างจุดยึด 1.2 เมตร จำนวน 8 จุด (บน 4 จุด ล่าง 4 จุด) นำราง อะลูมิเนียม (Aluminum Rail) วางบนขายึดหลังคาเพื่อติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ไปตามแนวยาวต่อกัน นำแผงโซล่าเซลล์วางจากด้านซ้ายไปทางขวา หลังจากนั้นนำอุปกรณ์จับยึดด้านข้างแผงโซล่าเซลล์ (End Clamp Solar Module) ให้แน่นไม่สามารถขยับตัวได้ วางแผงโซล่าเซลล์ด้วยอุปกรณ์จับยึดระหว่างแผงโซล่าเซลล์ (Middle Clamp Solar Module) ขันนอตยึดให้แน่น ทำการติดตั้งแผงถัดไปจนครบจำนวน 5 แผง โดยใช้ชุดต่อรางอลูมิเนียมได้ (Rail Splice Kit) ให้พอดีกับจำนวนแผงโซล่าเซลล์ เนื่องจากความยาวของรางอะลูมิเนียมมีขนาด 2.10 เมตรต่อราง โดยการยึดแผงโซล่าเซลล์ยังเป็นการป้องกันกระแสลมพัดพาแผงโซล่าเซลล์ให้ตกหล่นไปยังด้านล่างอีกด้วย

ในการเชื่อมต่อวงจรของแผงโซล่าเซลล์นั้น เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ที่แผงโซล่าเซลล์แต่ละแผงจะมีขั้วที่แตกต่างกันคือ มีขั้วบวก (+) และขั้วลบ (-) ทำให้เวลาที่ต่อแผงนั้นต้องคำนึงถึงการออกแบบการใช้งาน โดยจะต่อในลักษณะวงจรอนุกรม คือนำขั้วบวก (+) แผงที่ 1 ไปเข้าขั้วลบ (-) ของแผงที่ 2 และนำขั้วบวก (+) ของแผงที่ 2 ไปเข้าขั้วลบ (-) ของแผงที่ 3 จนครบจำนวน 5 แผง เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่สูง แต่ปริมาณกระแสไฟฟ้าจะเท่ากันตลอด

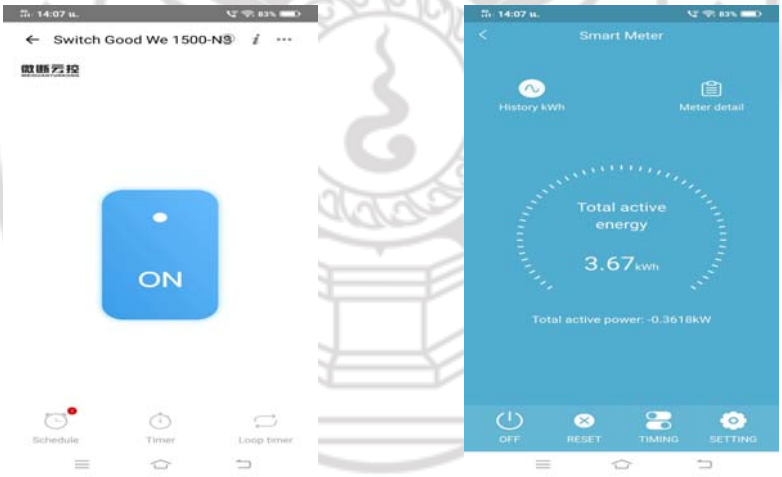
ผลการวิเคราะห์และประเมินผลประสิทธิภาพการใช้งานระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล สำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือน

1. ผลการศึกษาการใช้งานระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล สำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือน

หลังติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ในการเริ่มต้นใช้งานควรตรวจสอบการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าภายในบ้าน โดนนำสายสัญญาณไฟฟ้าไปต่อกับขั้วไลน์ (L) และขั้วนิวตรอน (N) ของตู้ควบคุมภายในบ้าน โดยต่อไลน์ (L) พ่วงกับลูกเซอร์กิต และต่อสายนิวตรอน (N) เข้ากับบาร์นิวตรอน ดังภาพที่ 4.5 ส่วนสายสัญญาณการป้องกันการย้อนของกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ CT (Current Transformer) นำไปคล้องที่สายไฟหลักเส้นไลน์ (L) ที่มาจากการไฟฟ้าโดยเริ่มดำเนินงานในช่วงเวลา 08.00 ถึง 17.00 น. ระบบ ฯจะสร้างกระแสไฟฟ้าโดยตรงจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อส่งให้อินเวอร์เตอร์แปลงไฟจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

ภาพที่ 4.5 การเชื่อมต่อระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การใช้งานเริ่มต้นโดยทำการเปิดสวิตช์เบรกเกอร์ควบคุมการทำงานทางฝั่งไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ในกล่องควบคุมไปที่ตำแหน่ง “On” เพื่อเชื่อมต่อสัญญาณเครือข่ายคอมพิวเตอร์ให้สามารถสั่งงานผ่านทางแอพพลิเคชั่นได้ ดังภาพที่ 4.6 หลังจากนั้นทำการเปิดสวิตช์ควบคุมการทำงานทางฝั่งไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ไปที่ตำแหน่ง “On” เพื่อรับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มาจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 350 วัตต์ จำนวน 5 แผง เพื่อเปิดระบบให้อินเวอร์เตอร์ทำงาน สังเกตสถานะมอนิเตอร์ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับจะแสดงค่าปริมาณค่าแรงดัน ค่ากระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มแสงที่ตกกระทบแผงโซล่าเซลล์ โดยสังเกตจากมอนิเตอร์แสดงผล ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จะมีปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา โดยประสิทธิภาพแผงโซล่าเซลล์จะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการทำงาน โดยระบบ ฯยังสามารถตั้งเวลาการทำงานเพื่อเชื่อมต่อกับระบบของการไฟฟ้าในเวลาเช้า 08.00 น. และตัดการเชื่อมต่อระบบ ฯ ในตอนเย็นหลังเวลา 17.00 น. หรือสามารถตัดการเชื่อมต่อในช่วงเวลาที่มีเหตุจำเป็น เช่น มีฝนฟ้าคะนอง ปิดระบบเพื่อการซ่อมบำรุงรักษา เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ผ่านทางแอพพลิเคชั่นด้วยอุปกรณ์ Power Smart Energy Meter เพื่อสะดวกต่อการดูข้อมูลปริมาณทางไฟฟ้า



ภาพที่ 4.6 การสั่งงาน และตรวจสอบระบบการทำงานผ่านทางแอพพลิเคชั่น

2. ผลการวิเคราะห์ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกลสำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือน

การทดสอบระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล สำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือน พบว่า การทดสอบดำเนินงานโดยการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 17.00 น. เฉลี่ย 6 ครั้งใน 1 ชั่วโมง จำนวน 3 ครั้ง อุณหภูมิโดยเฉลี่ย 32-35 องศาเซลเซียส บันทึกปริมาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และปริมาณความเข้มแสงที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ ทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ก่อนเข้าอินเวอร์เตอร์ และปริมาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) กำลังไฟฟ้า ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) หลังผ่านอินเวอร์เตอร์ เพื่อตรวจสอบปริมาณพลังงานที่ได้เฉลี่ยใน 1 วัน ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล สำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือน ทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าแรงดัน (โวลต์)	ค่ากระแส (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ความเข้มแสง (ลักซ์)
08.00 น.	175.77	1.90	333.96	28,595
09.00 น.	175.41	4.01	702.07	38,963
10.00 น.	167.32	6.79	1,135.04	49,107
11.00 น.	166.27	7.13	1,188.10	50,951
12.00 น.	170.58	7.03	1,201.80	51,162
13.00 น.	164.27	8.73	1,432.76	57,015
14.00 น.	161.59	8.62	1,392.47	56,407
15.00 น.	164.29	6.83	1,121.39	49,625
16.00 น.	166.91	5.02	838.29	40,671
17.00 น.	164.94	2.97	491.67	30,654

ผลการวิเคราะห์ทดสอบระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล สำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือนทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง (DC) พบว่า ค่าปริมาณแรงดัน กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 350 วัตต์ จำนวน 5 แผง จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ผ่านไป โดยการวัดด้วยเครื่องมือทดสอบความเข้มแสง (Light Intensity Meter) ยี่ห้อ Pro's Kit รุ่น MT-4017 โดยปริมาณแรงดันไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 161.59 ถึง 175.77 โวลต์ ซึ่งเป็นค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่อินเวอร์เตอร์สามารถทำงานได้ (MPPT Voltage Range) ในช่วง 80 ถึง 450 โวลต์ ซึ่งเมื่อเริ่มต้นระยะเวลา 08.00 น. ความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์จะยังมีปริมาณน้อย โดยเฉลี่ยเท่ากับ 28,595 ลักซ์ มีค่าปริมาณแรงดัน กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 175.77 1.90 และ 333.96 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น แนวโน้มความเข้มแสงเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการโคจรของดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก สามารถวัดค่าปริมาณความเข้มแสงได้สูงสุดในเวลาช่วง 13.00 น. มีค่าเท่ากับ 57,015 ลักซ์ มีค่าปริมาณแรงดัน กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 164.27 8.73 และ 1,432.76 ตามลำดับ เนื่องมาจากดวงอาทิตย์เคลื่อนที่มาอยู่ในตำแหน่งตั้งฉากกับแผงโซล่าเซลล์ ส่งผลให้แผงโซล่าเซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เต็มประสิทธิภาพ และจะมีค่าเฉลี่ยแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาหลังจาก 14.00 น. ดังภาพที่ 4.7 กราฟจะมีลักษณะเป็นรูปพาลาโบล่า ซึ่งค่าปริมาณความเข้มแสงจะอยู่ในช่วงสูงตั้งแต่เวลา 12.00 น. ถึง 14.00 น. โดยหากปริมาณความเข้มแสงสูง แผงโซล่าเซลล์ก็จะผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาปริมาณมากเช่นกัน สอดคล้องกับศรายุทธ์ และคณะ (2563) ได้ศึกษาพัฒนาระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานปั๊มลมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้ภาชนะบรรจุลมขนาด 36 ลิตร ติดตั้งมอเตอร์ไม่มีชุดแปลงถ่าน (Brushless DC Motor) 24 โวลต์ 350 วัตต์ ขนาด 500 รอบ ขับ

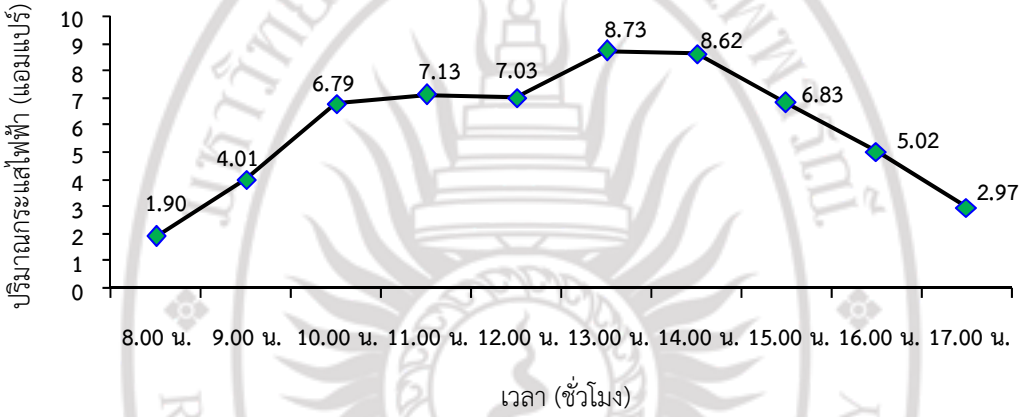
ด้วยมู่เล่ขนาด 3 นิ้ว ไปยังปั๊มลูกสูบขนาดมู่เล่ตัวตาม 6 นิ้ว ด้วยแผงโซล่าเซลล์ขนาด 325 วัตต์ จำนวน 1 แผง ผ่านตู้ควบคุมภายในติดตั้งฟิวส์ไฟฟ้ากระแสตรง เซอร์กิตเบรกเกอร์ และอุปกรณ์ป้องกันไฟกระโชกทางไฟฟ้า (Surge Protector) มอนิเตอร์แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า สวิตช์แบบปรับหมุน ไฟโชว์สถานะในตำแหน่งปิด และตำแหน่งเปิดของระบบ พบว่า หลังติดตั้งระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ทดสอบการทำงานในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 17.00 น. โดยเฉลี่ย 6 ครั้งใน 1 ชั่วโมง วัดปริมาณความเข้มแสง ปริมาณแรงดันไฟฟ้า ปริมาณกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ และปริมาณความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยช่วงเวลาการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือช่วงเวลา 13.00 น. ใช้ระยะเวลาการบรรจุลมลงในภาชนะขนาด 36 ลิตรด้วยเวลา 7.42 นาที ด้วยแรงดัน 36.85 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 7.23 แอมแปร์ กำลังไฟฟ้า 259.26 วัตต์ และความเร็วรอบ 426.80 รอบต่อนาที

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกลสำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือน ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

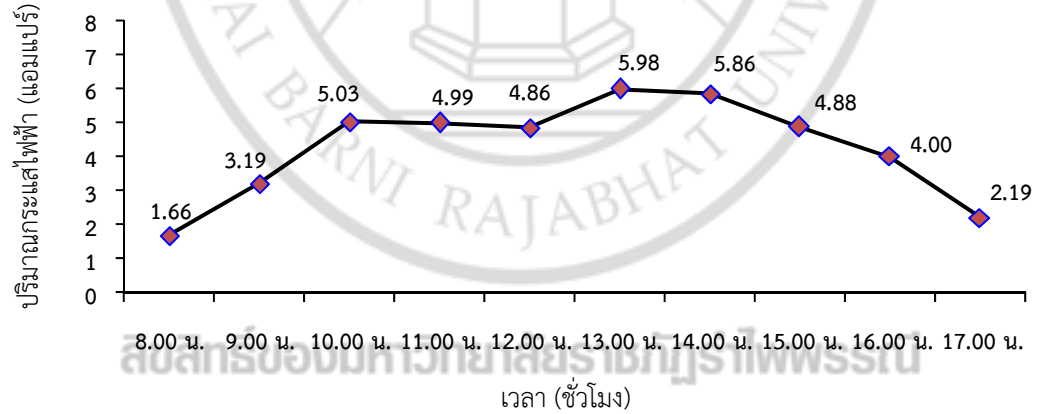
ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าแรงดัน (โวลต์)	ค่ากระแส (แอมแปร์)	ค่าเพาเวอร์ เฟคเตอร์ (PF)	ค่ากำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (KWh)
08.00 น.	233	1.66	0.95	367.37	0.00
09.00 น.	235	3.19	0.98	747.78	0.49
10.00 น.	235	5.03	0.99	1,166.09	1.39
11.00 น.	235	4.99	0.98	1,167.72	2.30
12.00 น.	236	4.86	0.98	1,202.54	3.30
13.00 น.	236	5.98	0.99	1,399.03	4.49
14.00 น.	236	5.86	0.99	1,360.88	5.80
15.00 น.	236	4.88	0.99	1,138.45	6.89
16.00 น.	235	4.00	0.98	810.89	7.67
17.00 น.	235	2.19	0.95	511.41	8.10

ผลการวิเคราะห์ทดสอบระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล สำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือน ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) พบว่า ค่าปริมาณแรงดันเฉลี่ยตลอดทั้งวันตั้งแต่เวลา 08.00 น.-17.00 น. อยู่ในช่วง 233-236 โวลต์ ซึ่งเป็นค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าปกติที่อินเวอร์เตอร์ทำงาน (Nominal Output Voltage) ในช่วง 220-240 โวลต์ โดยเป็นแรงดันที่มาจากการไฟฟ้าผสมกับแรงดันที่มาจากอินเวอร์เตอร์ทางเฟสไฟฟ้า ค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าเริ่มต้นเวลา 08.00 น. ที่ระดับ 1.66 แอมแปร์ ค่าเพาเวอร์เฟคเตอร์ 0.95 ได้ค่ากำลังไฟฟ้าเท่ากับ 367.37 วัตต์ โดยในช่วงเริ่มต้นยังมีปริมาณความเข้มแสงน้อยทำให้ได้ค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าน้อย และเมื่อระยะเวลาผ่านไป โดยสามารถวัดค่าปริมาณค่ากระแสไฟฟ้าได้สูงสุดในเวลาช่วง 13.00 น. ที่ระดับ 5.98 แอมแปร์ เนื่องมาจากมีปริมาณความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์สูงสุด เนื่องมาจากดวงอาทิตย์เคลื่อนที่มาอยู่ในตำแหน่ง

ตั้งฉากกับแผงโซล่าเซลล์ ทำให้สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้ามากสุดที่ระดับ 1,399.03 วัตต์ ค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าสะสมต่อชั่วโมงเท่ากับ 4.49 กิโลวัตต์ฮาวร์ (kWh) โดยสอดคล้องกับประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด (Max. Output Current) ที่ระดับ 7.5 แอมแปร์ (กู๊ดวี, 2563) โดยปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีปริมาณลดลงหลังจากระยะเวลา 14.00 น. เนื่องมาจากการโคจรของดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก ดังภาพที่ 4.8 กราฟจะมีลักษณะเป็นรูปพาลาโบล่า และยังได้ค่าปริมาณพลังงานสะสมตลอดทั้งวันเท่ากับ 8.10 กิโลวัตต์ฮาว (KWh) หรือ 8.10 ยูนิตต่อวัน หรือปริมาณ 243 ยูนิตต่อเดือน โดยหากปริมาณความเข้มแสงมาก อินเวอร์เตอร์ก็จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้เต็มประสิทธิภาพเช่นกัน



ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ของระยะเวลา และปริมาณกระแสไฟฟ้า ทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง (DC)



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของระยะเวลา และปริมาณกระแสไฟฟ้า ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

ผลการวิเคราะห์ทดสอบระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล สำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือน พบว่า ในช่วงเริ่มต้นค่าปริมาณความเข้มแสงจะผลต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อทางด้านอินพุตขาเข้า (DC) และทางด้านเอาต์พุตขาออก (AC) โดยต่อแผงโซล่าเซลล์ขนาด 350 วัตต์ จำนวน 5 แผง ร่วมกับอินเวอร์เตอร์ขนาด 1,500 วัตต์ ต่อขนานระบบกับ

การไฟฟ้าเพื่อใช้กระแสไฟฟ้าในระดับครัวเรือน โดยในช่วงเวลาเริ่มต้น 08.00 น. ปริมาณความเข้มแสงที่ระดับ 28,595 ลักซ์ จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าตรงจากแผงโซล่าเซลล์ได้ 1.90 แอมแปร์ และเมื่อผ่านเข้าอินเวอร์เตอร์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าสลับได้ 1.66 แอมแปร์ และจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากการโคจรของดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกส่งผลให้ช่วงเวลา 13.00 น. ปริมาณความเข้มแสงที่ระดับ 57,015 ลักซ์ จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับมีค่า 8.73 และ 5.98 ตามลำดับ โดยใน 1 วัน สามารถสะสมพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 8.10 หน่วยต่อวัน หรือ 243 หน่วยต่อเดือน โดยจะสามารถลดค่ากระแสไฟฟ้าต่อเดือนได้ 950-1,050 บาทต่อเดือน เหมาะสมกับการใช้งานในระดับครัวเรือนที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่สูงมากนัก ที่ระดับ 1,500-1,800 บาทต่อเดือน สอดคล้องกับสมบัติ นพจนสุภาพ (2560) ได้ทำการศึกษาระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์สำนักวิทยบริการ เพื่อลดค่าไฟฟ้าถูกออกแบบให้เป็นระบบพลังงานไฟฟ้าบนหลังคา ระบบประกอบด้วยแผงโซล่าเซลล์ขนาด 200 วัตต์ จำนวน 80 แผ่น ติดตั้งทำมุมเอียงไปทางทิศใต้ 15 องศา และอุปกรณ์กริดไทอินเวอร์เตอร์ขนาด 20 กิโลวัตต์ ระบบนี้ติดตั้งขนาด 16 กิโลวัตต์ เป็นแบบออนกริดต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าในสำนักวิทยบริการ ผลจากงานวิจัยนี้สามารถ 1) ผลิตกำลังไฟฟ้าประมาณ 57.6 กิโลวัตต์ (หน่วย)/วัน หรือ 1,728 หน่วย/เดือน หรือ 20,736 หน่วย/ปี 2) ลดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 288 บาท/วัน หรือ 8,640 บาท/เดือน หรือ 103,680 บาท/ปี (คิดบนฐานค่าไฟฟ้าหน่วยละ 5 บาทต่อหน่วย) 3) คืนค่าลงทุนภายในประมาณ 7.3 ปี หรือ 7 ปี 4 เดือน 4) เพิ่มกำลังประสิทธิภาพในการผลิตในช่วงเช้า และลดกำลังประสิทธิภาพในการผลิตในช่วงบ่ายเนื่องจากการสะสมความร้อนในแผงโซล่าเซลล์ ระบบนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับอาคารอื่นๆ ในช่วงของการใช้ไฟฟ้ากลางวันเพื่อลดค่าไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี