ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาของมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น ขนาด 250 กิโลวัตต์ ในบริบทของมหาวิทยาลัยสีเขียว

Solar Photovoltaic (PV) Rooftop System in Northeastern University, Khonkaen, rated at 250 kW on Context of Green University

ประกรณ์ชัย พลรัตนศักดิ์[1] และ ชัยพร อัดโดดดร[2]

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น[1, 2]

199/19 ถ.มิตรภาพ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000[1, 2]

E-mail: chaiporn.add@neu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนที่นิยมในประเทศไทยคือแหล่งผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญเช่น อาร์เรย์ของแผงโซล่าเซลล์ อินเวอร์เตอร์ เป็นต้น การผลิตไฟฟ้าแบบสมาร์ทนี้ส่งเสริมให้มหาวิทยาลัยอยู่ในบริบทของมหาวิทยาลัยสีเขียว โดยการออกแบบให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาด 250 kW จากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซื้อไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าภายนอก การศึกษาตัวชี้วัดด้านเศรษฐศาสตร์ดังนี้ อัตราผลตอบแทนภายในระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ การประหยัดประจำปี และต้นทุนการผลิต จากการศึกษาพบว่าสถานะก่อนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์นั้นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าภายนอกมีค่าเท่ากับ 1,200,080 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี สถานะหลังการปรับปรุง ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับ 350,400 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ต้นทุนการติดตั้งประมาณ 40 บาทต่อวัตต์ โดยค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าประหยัดได้เป็นร้อยละ 29.20% ต่อปี อ้างอิงที่ราคาพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยของมหาวิทยาลัยคือ 4.30 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี มูลค่าทางการเงินที่ประหยัดได้คือ 1,506,720 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุนคือ 6.64 ปี

Abstract

This paper presents the most popular renewable energy sources as clean energy sources and generating power using photovoltaic (PV) with components such as solar array, inverter for generating smart energy on context of Green University. Solar roof is designed to produce 250 kW of electricity from the rooftop solar system and study other economic indicators such as internal rate of return payback period net present value annual savings and production cost. The study found that using electrical energy in university before installation as 1,200,080 kWh per year. The amount of electricity produced is 350,400 kWh per year. Installation cost 40 baht per watt and reduced electric power 350,400 kWh per year

accounting for 29.20%, the price of energy per unit as 4.30 baht per kilowatt hour per year. Energy saving value 1,506,720 baht per year, payback period 6.64 years.

1. บทนำ

ปัจจุบันเกิดปัญหาขึ้นหลายอย่างเกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นแหล่งพลังงานหลักในการผลิตไฟฟ้า วิธีการแก้ปัญหานี้ทำได้โดยการเลิกหรือลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล แล้วใช้พลังงานทดแทนอย่างเช่นพลังงานแสงอาทิตย์แทน โดยปัญหาแรกที่เกิดขึ้นกับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล คือ ภาวะโลกร้อน ซึ่งการเพิ่มการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ในการผลิตไฟฟ้าจะมีผลทำให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมหลายอย่าง ซึ่งภาวะโลกร้อนทำให้เกิดผลกระทบหลายอย่าง อาทิเช่น ทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ปัญหาที่สอง คือ อากาศเป็นพิษ มลพิษหลายอย่างที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้าทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอน ปัญหาที่สาม คือ ราคาการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้าสูงมาก สูงกว่าการใช้พลังงานทดแทนอย่างเช่นพลังงานแสงอาทิตย์มาก ในความเป็นจริงต้นทุนในการสร้างโรงงานถ่านหินใหม่จะสูงถึง 3,500 ดอลลาร์ต่อกิโลวัตต์ และคาดว่าจะสูงขึ้นต่อไป ปัญหาอื่นๆที่เกิดขึ้นที่เห็นได้ชัดในปัจจุบันนี้ คือ น้ำและดินเป็นมลพิษ ในทางกลับกัน ถ้าใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้า [1] จะทำให้ได้ความสะอาด, ไม่มีมลภาวะ และน่าเชื่อถือได้ โดยการเชื่อมต่อกันแบบปิดผนึกที่สามารถทนแดดและทนฝน เรียกว่า โมดูล ที่สามารถต่อได้ทั้งแบบอนุกรมหรือแบบขนานและมีอยู่ 2 ประเภท คือ ระบบ Grid-tied และระบบ Stand-alone ซึ่งระบบ Grid-tied จะต่ออยู่กับเพาเวอร์ กริดตลอดเวลาและไม่ต้องการแบตเตอรี่สะสมพลังงาน เมื่อระบบผลิตพลังงานเกินกว่าพลังงานที่ต้องการส่วนเกินจะสูบกลับสู่ระบบไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ ระบบจะไม่ทำงานเมื่อไฟฟ้าดับเว้นแต่จะมีแบตเตอรี่สำรอง ส่วนระบบ Stand-alone จะเป็นแบบพึ่งพาตัวเองทั้งหมดโดยไม่ได้เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้า จะผลิตไฟฟ้าเวลากลางวันและเก็บส่วนเกินไว้เวลากลางคืน

พลังงานไฟฟ้าถือเป็นรากฐานที่สำคัญสำหรับการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมของประเทศ โดยมีแนวโน้มของการขยายกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นทุกปีตามความต้องการใช้ไฟฟ้า ซึ่งจากรายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2559 ความต้องการใช้ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2558 สูงถึง 192,189 กิกะวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.3 จากปีก่อน โดยใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าสูงถึงร้อยละ 67 หากในอนาคตเกิดการขาดแคลนก๊าซธรรมชาติย่อมส่งผลต่อความมั่นคงทางพลังงาน นอกจากนั้นก๊าซธรรมชาติยังเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งในหลายรัฐบาลที่ผ่านมาได้ตระหนักถึงปัญหา และเป็นที่มาของแผนพัฒนาพลังงานทดแทน (REDP) พ.ศ. 2551 - 2565 มีระยะเวลา 15 ปี โดยมีเป้าหมายในการเพิ่มส่วนแบ่งของพลังงานทดแทนในการผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมถึงร้อยละ 20 ต่อมาได้ประเมินผลการดำเนินงานแล้วจึงปรับเป้าหมายให้มีความเหมาะสมมากขึ้นแล้วจึงประกาศแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555 - 2564) โดย

ปรับเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนจากเดิมร้อยละ 20 ภายใน พ.ศ. 2565 เป็นร้อยละ 25 ภายใน พ.ศ. 2564 ต่อมาใน พ.ศ. 2558 กระทรวงพลังงานได้ประกาศใช้แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 - 2579 (AEDP2015) เป็นฉบับที่ 3 และเป็นส่วนหนึ่งในแผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติในปัจจุบัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนที่นิยมที่สุดในปัจจุบันนี้ อันได้แก่ แหล่งจ่ายพลังงานที่สะอาดผลิตพลังงานโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (PV) [2,3] และส่วนประกอบต่างๆ อาทิเช่น ขนาดของอาร์เรย์ พิกัดของอินเวอร์เตอร์ และพิกัดอื่นๆ สำหรับโหลดทางไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อออกแบบให้ผลิตพลังงาน 250 kW จากระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา และศึกษาตัวชี้วัดด้านเศรษฐกิจอื่นๆ อีก อาทิเช่น อัตราผลตอบแทนภายใน ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ การประหยัดประจำปี และต้นทุนการผลิต และแนะนำส่วนประกอบที่จำเป็นระหว่างระบบ PV และโหลดที่ต้องการ ตรวจสอบราคาที่คาดหวังไว้ตามมาตรฐานวิศวกรรม และข้อจำกัดในการออกแบบจริง

2. ส่วนประกอบของระบบ PV

1.1. เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell)

ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด (Solar Array) [4] เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าใช้งานตามที่ต้องการ โดยการต่อกันแบบอนุกรม จะเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และการต่อกันแบบขนาน จะเพิ่มกระแสไฟฟ้า

2.2 เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller)

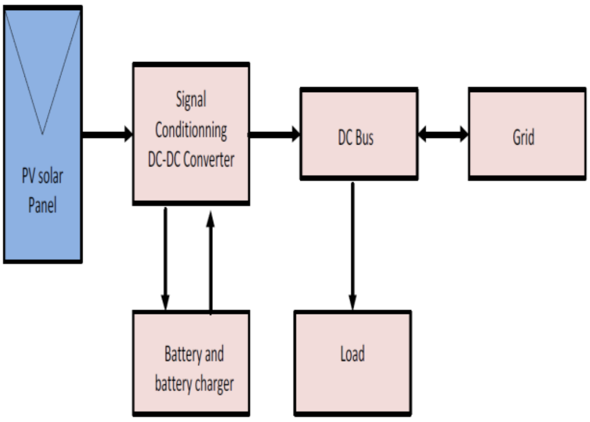
ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วย ดังนั้นการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ คือ เมื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็มแล้ว จะหยุดหรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า ระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในกรณีที่มีการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เท่านั้น

2.3 แบตเตอรี่ (Battery)

ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้เวลาที่ต้องการ เช่น ในเวลากลางคืนซึ่งไม่มีแสงอาทิตย์

2.4 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับทุกชนิด และ Modified Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับเช่น ระบบปรับอากาศ เป็นต้น [5]



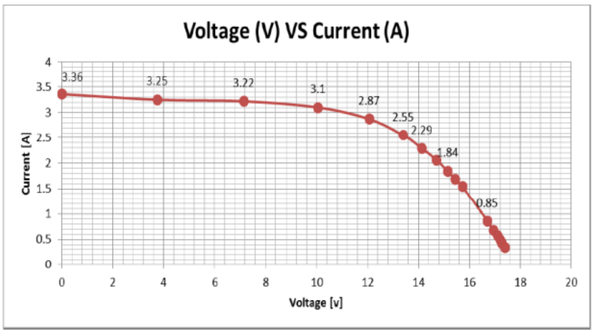
รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ PV

3. ระบบติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด

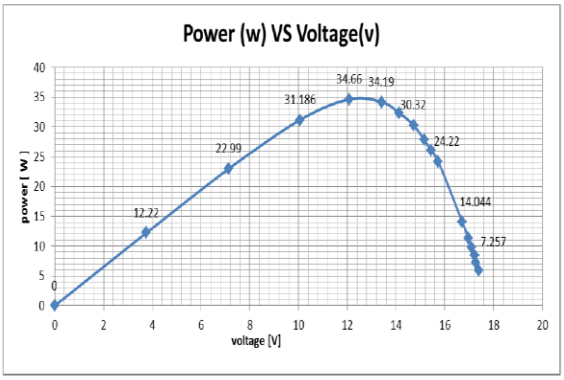
Maximum Power Point Tracking หรือ MPPT หมายถึง ขั้นตอนวิธี (algorithm) ที่ถูกรวมเข้าไว้ในอุปกรณ์ควบคุมอิเลคทรอนิคส์ ซึ่งใช้ในการทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าให้ได้สูงสุด (maximum power) [6] ทั้งนี้กำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ความเข้มของแสงอาทิตย์ (Solar radiation), อุณหภูมิสภาพแวดล้อม (Ambient temperature) และอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell temperature) ระบบ MPPT ได้รับการออกแบบให้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์สำหรับทำการตรวจสอบกำลังไฟฟ้าขาออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดเวลา เพื่อให้ได้ค่ากำลังผลิตสูงสุดในแต่ละเวลาตามค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ได้รับ ในรูปของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ด้วยขั้นตอนวิธีของ MPPT ที่จะทำให้ได้กำลังไฟฟ้ามากขึ้น หากตรวจสอบพบว่า กลุ่มแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใดให้ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขาออกสูงกว่า จะย้ายจุดควบคุมไปยังแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าส่งออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

หลักการสำคัญของระบบ MPPT คือ ดึงกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้มากที่สุด โดยการทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด กล่าวคือ MPPT ทำงานโดยการตรวจสอบที่เอาต์พุตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในระบบ จากนั้นกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายออกเพื่อทำการประจุลงในแบตเตอรี่ และทำการแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าสูงสุดเพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าสูงสุดในการประจุแบตเตอรี่ นอกจากนี้ ยังสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC load) ที่ต่อโดยตรงกับแบตเตอรี่ได้อีกด้วย ระบบ MPPT มีประสิทธิภาพสูงหากทำงานภายใต้สภาวะเหล่านี้ ในสภาวะอุณหภูมิต่ำ แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำงานได้ดีโดยเฉพาะฤดูหนาวแต่จะมีช่วงเวลาการตกกระทบของแสงอาทิตย์ (Sun hours) ที่สั้น

การติดตั้งอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยระบบ MPPT จะทำให้เกิดการผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดมากยิ่งขึ้นไปอีกและมีการสูญเสียพลังงานน้อยมาก โดยจะมีคุณลักษณะระหว่างแรงดันเอาต์พุต PV และกระแสเอาต์พุต PV ดังรูปที่ 2 ในสภาวะที่มีการประจุแบตเตอรี่ต่ำ เนื่องจากมีอัตราการประจุแบตเตอรี่ต่ำจะทำให้กระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ MPPT มากขึ้น ดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 คุณลักษณะระหว่างแรงดันเอาต์พุต PV และกระแสเอาต์พุต PV



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกำลังไฟฟ้าที่โหลดความต้านทานต่างๆ

4. ระบบที่นำเสนอ

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 250 กิโลวัตต์ ติดตั้งบนส่วนหลังคาของอาคาร 9 พิกัด 16.4217526,102.8154756 ตำแหน่งที่ติดตั้งมีมุมอะซิมุทเท่ากับ 15 องศา และมีมุมซีนิธเท่ากับ 15 องศา ดังรูปที่ 4 ดังนี้

รูปที่ 4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาด 250 กิโลวัตต์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น

4.1 ส่วนประกอบของระบบ

4.1.1 แผงเซลล์อาทิตย์

เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในโครงการ ได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) โดยแผงเซลล์อาทิตย์ (Solar module) เกิดขึ้นจากเซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นแล้วทำให้เป็นแผงเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน โดยด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วยแผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย

4.1.2 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อสายส่ง

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติในการสร้างไฟฟ้ากระแสสลับที่มีลักษณะรูปคลื่นที่ออกมาแบบ sine wave เพื่อให้ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับทุกชนิด ใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสามเฟส (Grid tied inverter) ทำหน้าที่

เชื่อมโยงระหว่างระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบจำหน่าย และภาระไฟฟ้า โดยรับไฟฟ้ากระแสตรงจากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งมีความถี่และแรงดันเดียวกับระบบจำหน่าย โดยอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสามารถทำงานตามหน้าที่ ดังนี้

1) แปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ

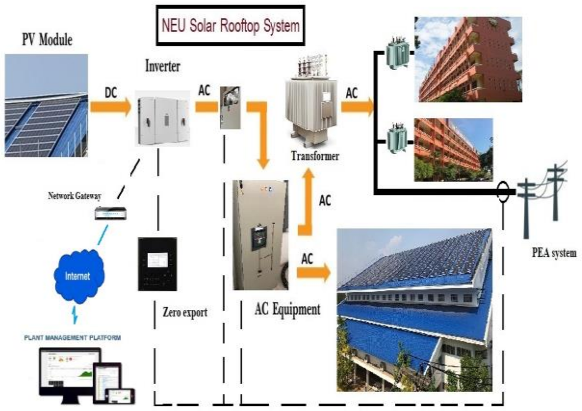
2) ปรับการทำงานของอินเวอร์เตอร์ให้ทำงานที่จุดสูงสุดของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Maximum Power Point Tracking, MPPT)

3) สามารถบันทึกข้อมูลการทำงานของอินเวอร์เตอร์ได้

4) มีฟังก์ชันป้องกันทั้งด้านไฟฟ้ากระแสตรง และไฟฟ้ากระแสสลับ

4.1.3 การเชื่อมต่อระบบ

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ของมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวม 32 โมดูล แต่ละโมดูลมีขนาด 1,665 × 991 มิลลิเมตร กำลังการผลิตไฟฟ้า 250 วัตต์ต่อโมดูล ประสิทธิภาพร้อยละ 15.1 ติดตั้งแยกเป็น 3 แผง โดยแบ่งเป็น 2 สตริง สตริงละ 16 แผง มีกำลังการผลิตไฟฟ้ารวม 250 กิโลวัตต์ ส่วนเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ามี 5 ตัวๆ ละ 50 กิโลวัตต์ รวม 250 กิโลวัตต์ แรงดันไฟฟ้า 220/380 โวลต์ 3 เฟส ประสิทธิภาพร้อยละ 98 พร้อมอุปกรณ์ป้องกัน ทำการเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น ดังรูปที่ 5 ดังนี้



รูปที่ 5 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาของมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่นกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

4.2 การวิเคราะห์ต้นทุนและการเงิน

กำหนดให้:

1) สถานะก่อนการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จากระบบการไฟฟ้า 1,200,080 kWh/ปี

2) สถานะหลังการปรับปรุง

- กำลังผลิตต่อตารางเมตร 160.0 W/m2
- พื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง 1,562.5 m^2

ขนาดกำลังติดตั้ง 250 kW

- ชั่วโมงในการผลิตไฟฟ้าเทียบเท่าเฉลี่ย 3.84 ชั่วโมง/วัน
- จำนวนวันทำงานของระบบ 365.0 วัน
- ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ 350,400 kWh/ปี

ดังแสดงในสมการของตารางที่ 1 ลำดับที่ 11

3) วิเคราะห์ราคาค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้

- ต้นทุนการติดตั้ง 40 บาท/W

- งบประมาณต้นทุนการติดตั้ง 10,000,000 บาท
- ค่าบำรุงรักษาเฉลี่ย 50,000 บาท/ปี
- อายุการใช้งาน 25.0 ปี
- ต้นทุนไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ต่อหน่วย 1.28/kWh

ดังแสดงในสมการของตารางที่ 1 ลำดับที่ 17

4) สรุปผลการประหยัดและการลงทุน

- สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้ 100%
- ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เดิม 1,200,080 kWh/ปี
- ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 350,400 kWh/ปี
- ราคาพลังงานต่อหน่วย 4.30 บาท/kWh
- มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้ 1,506,720 บาท/ปี

ดังแสดงในสมการของตารางที่ 1 ลำดับที่ 26

- การลงทุน 10,000,000 บาท
- ระยะเวลาคืนทุน 6.64 ปี

ดังแสดงในตารางที่ 1 การวิเคราะห์ต้นทุนและการเงิน ดังนี้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ต้นทุนและการเงิน

รายการคำนวณประเมินผลประหยัดพลังงาน					
มาตรการ ติดตั้ง Solar Cell ผลิตกระแสไฟฟ้า					
ลำดับ	**รายการ**	**สัญลักษ์**	**Input**	**Output**	**หน่วย**
1	**สถานะก่อนการปรับปรุง**				
2	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จากระบบการไฟฟ้า	En_1	1,200,080		kWh/ปี
3	**สถานะหลังการปรับปรุง**				
4	ติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์				
5	กำลังผลิตต่อตารางเมตร	$\dot{w}_{PV}$	160.0		W/m2
6	พื้นที่แผง Solar Cell ติดตั้ง	A_{PV}	1,562.5		m2
7	ขนาดกำลังพิกัดติดตั้ง	$\dot{W}_P$		250.0	kW
8	ชั่วโมงในการผลิตไฟฟ้าเทียบเท่าเฉลี่ย	Hr_{eq}	3.84		ชม./วัน
9	จำนวนวันทำงานของระบบ	D	365.0		วัน
10	ร้อยละการทำงานของระบบ	$\%LF$	100.0%		%
11	ปริมาณพลังไฟฟ้าที่ผลิตได้	$E = \dot{W}_P \times Hr_{eq} \times D \times \%LF$		350,400	kWh/ปี
12	วิเคราะห์ราคาค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้				
13	ต้นทุนการติดตั้ง	I_{PV}	40.0		บาท/W
14	ประมาณต้นทุนการติดตั้ง	I		10,000,000	บาท
15	ค่าบำรุงรักษาเฉลี่ย	MT	50,000.0		บาท/ปี
16	อายุการใช้งาน	Lf	25.0		ปี
17	ต้นทุนไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ต่อหน่วย	$UC_{PV} = (I + MT \times Lf)/(E \times Lf)$		1.28	บาท/kWh
18	**ประมาณการผลประหยัด**				
19	สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้	$\%AB$	100.0%		%
20	พลังงานไฟฟ้าที่ลดได้	$\Delta E = E \times \%AB$		350,400	kWh/ปี
21	**สรุปผลประหยัดและการลงทุน**				
22	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เดิม	En_1		1,200,080	kWh/ปี
23	ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้	ΔE		350,400	kWh/ปี
24	คิดเป็นร้อยละ	$\%\Delta E = \Delta E / En_1$		29.2%	%
25	ราคาพลังงานต่อหน่วย	UC	4.30		บาท/kWh
26	มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้	$SC = \Delta E \times UC$		1,506,720	บาท/ปี
27	การลงทุน	I	10,000,000		บาท
28	ระยะเวลาคืนทุน	$PB = I/SC$		6.64	ปี

5. บทสรุป

การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ซึ่งเป็นระบบการผลิตไฟฟ้าแบบสมาร์ทสำหรับบริบทของมหาวิทยาลัยสีเขียว โดยการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 250 กิโลวัตต์ จากการวิเคราะห์ทางพลังงานไฟฟ้าและเศรษศาสตร์พบว่า สถานะก่อนติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้าคือ 1,200,080 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี สถานะหลังการปรับปรุง ระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ผลิตไฟฟ้าได้ 350,400 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ที่ต้นทุนการติดตั้ง 40 บาทต่อวัตต์ พลังงานไฟฟ้าที่ลดได้ 350,400 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นร้อยละ 29.20% ราคาพลังงานต่อหน่วย 4.30 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้ 1,506,720 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 6.64 ปี ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

[1] กันต์ ปานประยูร, “ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 8 กิโลวัตต์และความเป็นไปได้ของการขยายระบบ”, Journal of Professional Routine to Research Volume 4, August 2017, หน้า 76-86.

[2] M.H. Albadi and Colleagues, “Designing up to 50 kW Solar PV Rooftop System”, ICSGCE 2014 Conference of Smart Grid and Clean Energy, pp. 1-11.

[3] Y. Pradeep Kumar and V.Tejaswitha, “Design and Development of Solar Roof Top PV Power Systems”, International Journal of Engineering and Techniques - Volume 4 Issue 1, Jan - Feb 2018, pp. 8-17.

[4] Karthik Atluri, Sunny M Hananya and Bhogula Navothna, “Performance of Rooftop Solar PV System with Crystalline Solar Cells”, 2018 National Power Engineering Conference (NPEC).

[5] An Overview for Builders in the Pacific Northwest, “Solar Electric System Design, Operation and Installation”, 2009 Washington State University Extension Energy Program.

[6] ประกรณ์ชัย พลรัตนศักดิ์ และชัยพร อัดโดดดร. “การติดตามหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้พัลส์วิดธ์มอดูเลชั่นที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์”. Engineering Journal of Siam University, Volume 21, Issue1, No.40, January-June 2020. หน้า 67-78.