

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพและแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพทางพลังงาน ของระบบสมาร์ตกริด

Analysis and Development of Energy Efficiency of Smart Grid System

การุณย์ ชัยวนิชย์¹ สุรัตน์ เศษโพธิ์^{1*} และนเรศ ไหญ่งวงศ์²
Karun Chaivanich¹, Surat Sedpho^{1*} and Naret Yaiwong²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบสมาร์ตกริดในมหาวิทยาลัยพะเยา ที่มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 500 kW และเพื่อเสนอแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่กระบวนการผลิต การขนส่ง การติดตั้ง การใช้งาน การบำรุงรักษาและการกำจัดซาก จากผลการวิเคราะห์พบว่า การผลิตไฟฟ้าที่ 1 kWh ใช้พลังงานสะสม 3.6 MJ ระบบสมาร์ตกริดใช้พลังงานสะสม 2.252 MJ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีพลังงานสะสมมากที่สุด คือ 2.234 MJ ซึ่งเท่ากับ 99.22 % ทำให้มีค่าพลังงานสุทธิเท่ากับ 1.347 ซึ่งหมายถึงระบบสมาร์ตกริดมีความคุ้มค่าทางพลังงานในระดับที่ควรปรับปรุง ดังนั้นการบำรุงรักษาระบบเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานจาก 20 ปี เป็น 25 ปี จะทำให้พลังงานสะสมของระบบลดลง 14.17 % และสำหรับแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบที่จะมีการติดตั้งเพิ่มในอนาคตนั้น การเลือกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการใช้พลังงานต่ำในกระบวนการผลิต นอกจากจะสามารถลดพลังงานสะสมในระบบได้แล้วยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบได้อีกทางหนึ่งเช่นกัน

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์ สมาร์ตกริด การประเมินวัฏจักรชีวิต พลังงานสะสม ประสิทธิภาพพลังงาน

Abstract

This research aims to analyze the energy efficiency of smart grid systems in University of Phayao with installed 500 kW solar panels, and to propose ways to increase the energy efficiency of the system according to Life Cycle Assessment framework from manufacturing, transportation, installation, operation, maintenance, and end of life. The results showed that the generated power from grid at 1 kWh uses accumulated energy of 3.61 MJ, while smart grid systems use accumulated energy of 2.252 MJ. The solar panels have the most accumulated energy of 2.234 MJ, which is equal to 99.22 % and making a total energy absorbed equal to 1.347. That means the energy efficiency of smart grid system have good energy efficiency. Therefore, the maintenance of the system to increase the service life from 20 years to 25 years will reduce the accumulated energy of the system by 14.17 %. The guideline to increase the efficiency of the system that will be installed in the future recommends a solar panel with low energy consumption in the manufacturing process, and in addition to being able to reduce the accumulated energy in the system also help increase the system performance in the other one as well.

Keywords: Solar Cell, Smart Grid, Life Cycle Assessment, Cumulative Energy Demand, Energy Efficiency

¹ นักศึกษาปริญญาเอก คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

¹ อ.ดร., สาขาวิชาพลังงานทดแทน คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

² อ., โปรแกรมวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 57100

¹ Doctoral student, Faculty of Energy and Environment, University of Phayao, Phayao, 56000

¹ Lecturer, Dr., Department of Renewable Energy, Faculty of Energy and Environment, University of Phayao, Phayao, 56000

² Lecturer, Energy Engineering and Electrical Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, 57100

* Corresponding author. E-mail address: edpho@gmail.com

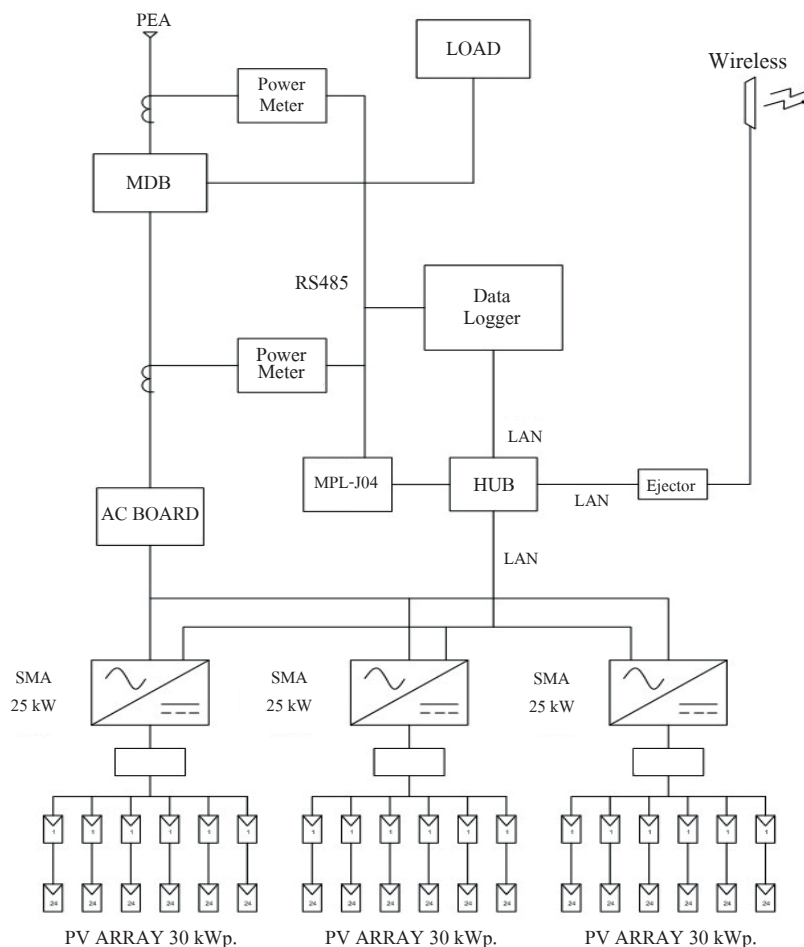
(Received: June, 5 2019; Revised: June, 22 2019; Accepted: July, 9 2019)

บทนำ

ปัจจุบัน โลกเผชิญกับปัญหาด้านพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งนับวันยังมีปริมาณเหลือใช้ลดลง อันเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อแนวโน้มทางด้านราคาของเชื้อเพลิงฟอสซิลให้สูงขึ้นเรื่อย ๆ ต้นทุนด้านพลังงานเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง เนื่องจากเชื้อเพลิงที่นำมาใช้จะต้องมีความเหมาะสมและไม่เป็นอุปสรรคต่อการใช้งานในระยะยาว จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดแนวคิดให้การสำรวจและหาแหล่งพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) เพื่อมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล พบว่าการนำพลังงานทดแทนมาใช้ร่วมกับการจัดการพลังงาน เช่น ระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการนำระบบควบคุมการทำงานและสั่งการ [1] ส่งผลให้พลังงานที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ถูกนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพและนำไปสู่การลดการใช้ทรัพยากรเพื่อการผลิตไฟฟ้าในอนาคตได้อย่างยั่งยืน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้และการผลิตไฟฟ้าตลอดทั้ง Supply Chain ของระบบสมรรถกิริยที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าตลอดอายุการใช้งานตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตวิเคราะห์หาจุดที่มีการใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญ วิเคราะห์ประสิทธิภาพทางพลังงาน (ความคุ้มค่าทางพลังงาน) รวมถึงนำเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเพื่อเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการบริหารจัดการระบบต่อไปในอนาคต

ระบบสมรรถกิริยของมหาวิทยาลัยพะเยา

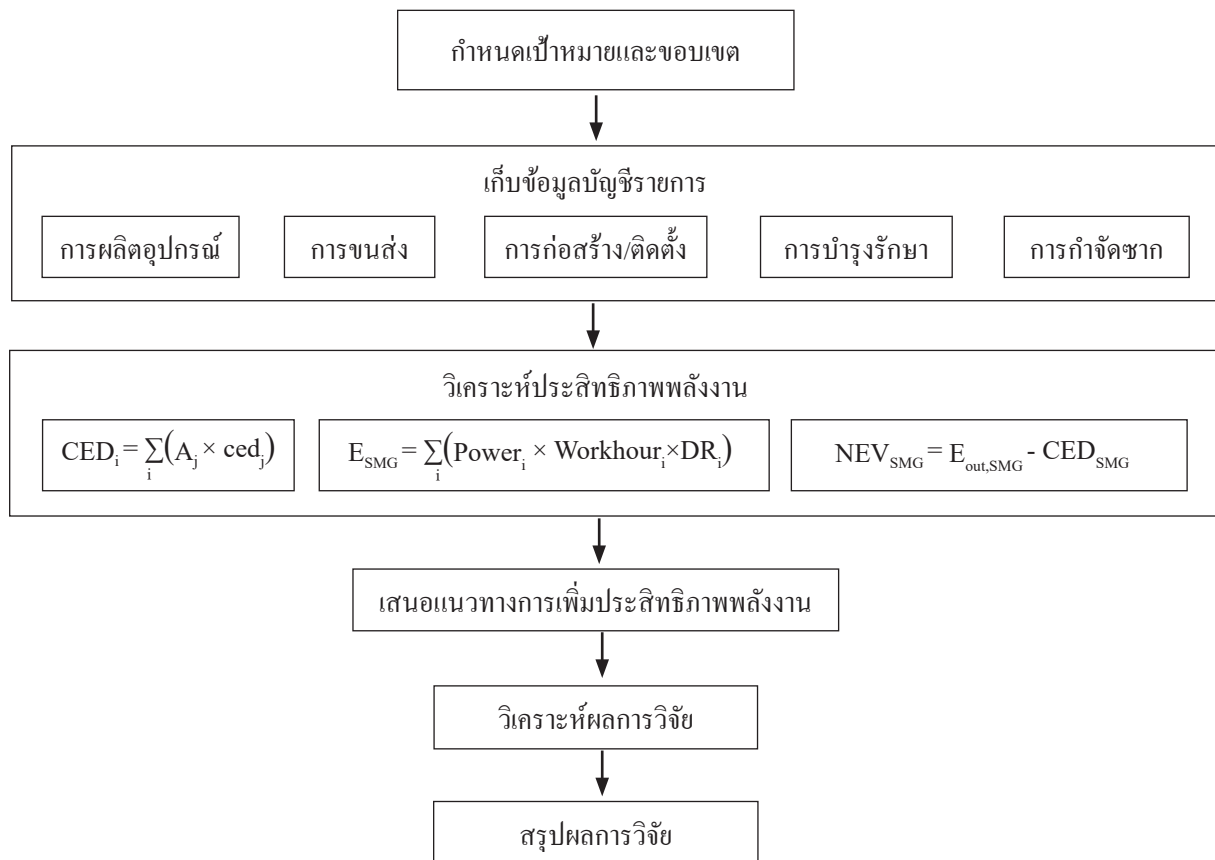
ระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับการจัดการไฟฟ้าอย่างชาญฉลาด หรือเรียกว่า ระบบสมรรถกิริยของมหาวิทยาลัยพะเยา ขนาด 500 kWp โดยแบ่งเป็นการติดตั้งบนหลังคา (Rooftop Installation) 470 kWp และมีการติดตั้งบนพื้นดิน (Ground Mounted Installation) 30 kWp ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผสม (Poly Crystalline) SHARP รุ่น (ND-AA250) กำลังการผลิตไฟฟ้า 250 วัตต์ต่อแผง และต่อเข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบจำหน่ายสายส่งของมหาวิทยาลัยพะเยาและบริหารจัดการควบคุมด้วยระบบสารสนเทศ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 90 kWp บนหลังคาอาคารคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพและแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของระบบสมาร์ตกริด โดยวิเคราะห์ตลอดทั้ง Supply Chain ตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

1. เป้าหมายและขอบเขต

การกำหนดเป้าหมายของงานวิจัยเป็นการกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate ขอบเขตการวิเคราะห์พลังงานจะเริ่มตั้งแต่ การผลิตอุปกรณ์ต่าง ๆ (Manufacturing) การขนส่ง (Transportation) การก่อสร้าง/ติดตั้ง (Construction and Installation) การบำรุงรักษา (Operation and Maintenance) และขั้นตอนการกำจัดซาก (End of Life) เพื่อหาจุดที่มีการใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญ โดยกำหนดหน่วยการศึกษา (Functional Unit) เป็น 1 kWh ของไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบ รวมถึงวิเคราะห์หาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพ โดยตั้งสมมติฐานว่าระบบมีอายุการใช้งาน 20 ปี [2]

2. การเก็บข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์หาพลังงานที่ใช้ในระบบทั้งหมด จะดำเนินการเก็บข้อมูลแยกตามช่วงวัฏจักรชีวิตของระบบ เริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตอุปกรณ์ การขนส่ง การก่อสร้าง การบำรุงรักษาและการกำจัดซาก และขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานสำหรับขั้นตอนการผลิตอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งในส่วนของระบบผลิตไฟฟ้าจาก เซลล์แสงอาทิตย์ และวัสดุในการก่อสร้าง/ติดตั้ง จะใช้ข้อมูลปริมาณของวัสดุอุปกรณ์จากคู่มือการติดตั้ง Smart Grid ม.พะเยา [3] ร่วมกับข้อมูลการใช้พลังงานในการผลิตอุปกรณ์และวัสดุชนิดนั้น ๆ ของฐานข้อมูล Ecoinvent [4] ในโปรแกรมสำเร็จรูป Sima Pro บนสมมติฐานว่าในกระบวนการผลิตอุปกรณ์และวัสดุชนิดเดียวกันจะมีการใช้พลังงานที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน

ข้อมูลการบำรุงรักษา (Maintenance) ระบบสมาร์ตกริดนั้นสามารถปฏิบัติจากคู่มือการบำรุงรักษา Smart Grid ม.พะเยา [3] สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลัก คือ การบำรุงรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์และการบำรุงรักษาเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการดูแลอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งานจะช่วยทำให้

ระบบสามารถผลิตไฟฟ้าได้ตามเป้าหมายและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงจะช่วยลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ได้อีกด้วย หลังจากเสร็จสิ้นโครงการ อุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบด้วย เซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ อุปกรณ์โครงสร้างอื่น ๆ สามารถแยกชิ้นส่วนและไปรีไซเคิลได้ ดังนั้น การคิดพลังงานในขั้นตอนการกำจัดซากนั้น จะคิดเฉพาะพลังงานที่ใช้สำหรับการขนส่งอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อไปยังจุดรับซื้อ/คัดแยก ซึ่งมีที่ตั้งอยู่ในจังหวัดพะเยา ข้อมูลการขนส่งในทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิต

3. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงาน

การวิเคราะห์พลังงานสะสม (Cumulative Energy Demand: CED) คือ การประเมินการใช้พลังงานทั้งพลังงานทางตรง (Direct Consumption) ได้แก่ การใช้ไฟฟ้า การใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ และพลังงานทางอ้อม (Indirect Consumption) ได้แก่ การใช้วัสดุต่าง ๆ ที่ไม่ใช่พลังงานแต่ในกระบวนการผลิตวัสดุนั้น มีการใช้พลังงานในการผลิต โดยจะวิเคราะห์ออกมาต่อหน่วยการผลิต เช่น ต่อชิ้น ต่อกล่อง หรือต่อหน่วยไฟฟ้า เป็นต้น การคิดค่าพลังงานสะสมในการผลิตไฟฟ้าของระบบสมรรถกิริต สามารถวิเคราะห์ได้ ดังสมการที่ (1)

$$CED_{SMG} = CED_{Man} + CED_{Tran} + CED_{Con} + CED_{O\&M} \quad (1)$$

CED_{SMG} คือ พลังงานสะสมของการผลิตไฟฟ้าจากระบบสมรรถกิริต (MJ), CED_{Man} คือ พลังงานสะสมในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ (MJ), CED_{Tran} คือ พลังงานสะสมในกระบวนการขนส่งอุปกรณ์ (MJ), CED_{Con} คือ พลังงานสะสมในกระบวนการก่อสร้างและติดตั้ง (MJ), $CED_{O\&M}$ คือ พลังงานสะสมในกระบวนการดำเนินงานและบำรุงรักษา (MJ)

ในการหาค่าพลังงานสะสมของแต่ละกระบวนการสามารถหาได้ ดังสมการที่ (2)

$$CED_i = \sum_j (A_{ij} \times ced_{ij}) \quad (2)$$

CED_i คือ พลังงานสะสมในขั้นตอน i (MJ), A_{ij} คือ ปริมาณทรัพยากร j ในขั้นตอนการผลิต i (unit), ced_{ij} คือ พลังงานสะสมของทรัพยากร j ในขั้นตอนการผลิต i (MJ/Unit)

ประมาณการไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบสมรรถกิริต ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมดจากระบบสมรรถกิริตที่ติดตั้ง มหาวิทยาลัยพะเยา ที่มีขนาดกำลังการติดตั้ง 500 kWp มีอายุการใช้งาน 20 ปี ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 156.25 วัตต์ต่อตารางเมตร [5] โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบสมรรถกิริตมีค่าเท่ากับ 912,500 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี โดยได้มีการคำนึงถึงค่าการลดลงของประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีค่าลดลงเท่ากับร้อยละ 0.5 ต่อปีจากประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เริ่มต้นที่ร้อยละ 13 [6] มีปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดอายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ 20 ปี เท่ากับ 17,409,129 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี ชั่วโมง/ปี สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ (3)

$$E_{SMG} = [Power_i \times Workhour_i \times (1 - DR_i)] \quad (3)$$

E_{SMG} คือ ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบสมรรถกิริตตลอดวัฏจักรชีวิต (kWh), $Power_i$ คือ กำลังการติดตั้งของระบบปีที่ i (kW), $Workhour_i$ คือ ชั่วโมงของการผลิตไฟฟ้าปีที่ i (Hour; h), DR_i คือ การลดลงของประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ปีที่ i (%)

ประสิทธิภาพทางพลังงาน (Energy Efficiency) คือ ตัวชี้วัดทางด้านพลังงานที่บ่งบอก ถึงความสามารถในการผลิตไฟฟ้าเทียบกับปริมาณพลังงานที่ใช้ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะแสดงเป็นค่าพลังงานสุทธิของระบบ (Net Energy Value: NEV) ซึ่งค่าพลังงานสุทธิของระบบสมรรถกิริตจะวิเคราะห์ต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ 1 kWh ดังสมการที่ (4)

$$NEV_{SMG} = E_{out,SMG} - CED_{SMG} \quad (4)$$

NEV_{SMG} คือ พลังงานสุทธิของระบบสมรรถกิริต, $E_{out,SMG}$ คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ 1 kWh (MJ), CED_{SMG} คือ พลังงานสะสมของพลังงานในการผลิตไฟฟ้า 1 kWh (MJ) ผลที่ได้จากการหาค่าพลังงานสุทธิจะเป็นค่าที่ไม่มีหน่วยและสามารถเป็นไปได้ 3 กรณี คือ

กรณีที่ 1 NEV_{SMG} เท่ากับ 0 หมายถึง ระบบที่พิจารณามีความสามารถในการผลิตพลังงานและการใช้พลังงานเท่ากัน มีประสิทธิภาพทางพลังงานและมีความคุ้มค่าทางพลังงานในระดับพอใช้

กรณีที่ 2 NEW_{SMG} มากกว่า 0 หมายถึง ระบบที่พิจารณามีความสามารถในการผลิตพลังงานมากกว่าการใช้พลังงาน มีประสิทธิภาพทางพลังงานและมีความคุ้มค่าทางพลังงานในระดับดี (หากมีค่าที่สูงขึ้นจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นตามไปด้วย)

กรณีที่ 3 NEW_{SMG} น้อยกว่า 0 หมายถึง ระบบที่พิจารณามีความสามารถในการผลิตพลังงานน้อยกว่าการใช้พลังงาน มีประสิทธิภาพทางพลังงานและมีความคุ้มค่าทางพลังงานในระดับควรปรับปรุง (หากมีค่าที่ต่ำลงจะทำให้ระบบ- มีประสิทธิภาพต่ำลงเช่นกัน)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ข้อมูลบัญชีรายการ (Life Cycle Inventory: LCI) ของระบบสมาร์ตกริด และพลังงานสะสม (Cumulative Energy Demand) ข้างต้นจะถูกนำมาวิเคราะห์พลังงานสะสม (Cumulative Energy Demand) เพื่อหาค่าประสิทธิภาพพลังงานโดยแยกตามขั้นตอนเพื่อวิเคราะห์หาจุดที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด แสดงดังตารางที่ 1-4 และ แสดงดังภาพที่ 3

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์พลังงานสะสมในขั้นตอนการผลิตอุปกรณ์ของระบบสารถีที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า 1 kWh

รายการ	ค่า LCI		ค่า CED (MJ/หน่วย)	ผลคูณ (MJ)
	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ	
PV- Solar Cell	0.00218	kg	1023.91	2.234
Inverter 25 kW	2.67E-12	kg	2872.22	7.67E-09
Total				2.2349

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์พลังงานสะสมขั้นตอนการขนส่งอุปกรณ์ของระบบสมาร์ตกริดที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า 1 kWh

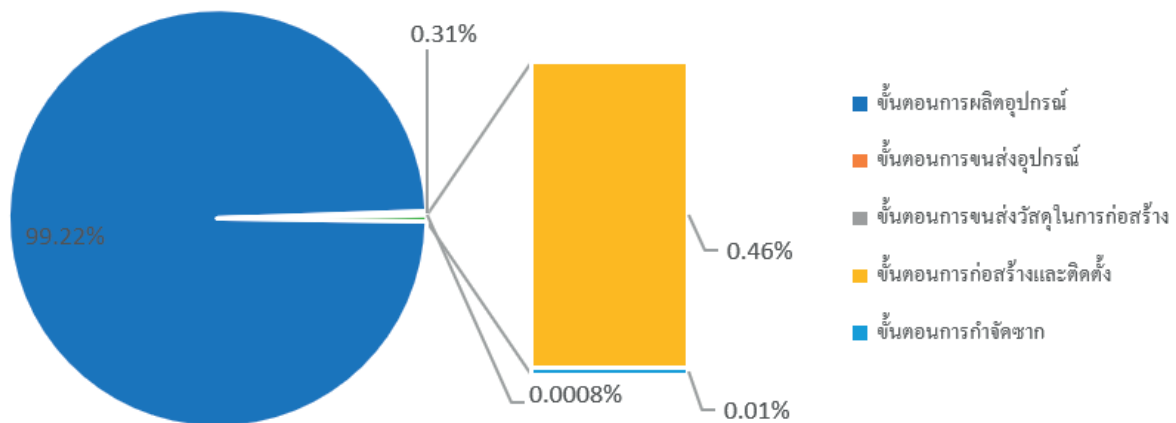
รายการ	ค่า LCI	ระยะทาง	แบบการใช้ระยะทาง			
	ปริมาณ (ตัน)		หน่วย (ตัน-กม.)	พาหนะ	ค่า CED (MJ/หน่วย)	ผลคูณ
PV- Solar Cell	2.18E-06	3,385	0.0073	Transport Fright, SEA	0.09331	0.0006
PV- Solar Cell	2.18E-06	791	0.0017	lorry 7.5-16 metric ton	3.46979	0.0059
Inverter 25 kW	4.65E-08	640	2.98E-05	lorry 7.5-16 metric ton	3.46979	1.03E-04
Total						0.0067

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์พลังงานสะสมขั้นตอนการขนส่งวัสดุในการก่อสร้างของระบบสมรรถกิริยาที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า 1 kWh

รายการ	ค่า LCI	ระยะทาง (กม.)	แบบการใช้ระยะทาง			
	ปริมาณ (ตัน)		หน่วย (ตัน-กม.)	พาหนะ	ค่า CED (MJ/หน่วย)	ผลคูณ
Copper	3.15E-08	28	8.82E-07	lorry 7.5-16 metric ton	3.46979	3.06E-06
Aluminum	2.97E-08	28	8.32E-07	lorry 7.5-16 metric ton	3.46979	2.89E-06
Steel	1.22E-07	28	3.44E-06	lorry 7.5-16 metric ton	3.46979	1.19E-05
Total						1.79E-05

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์พลังงานสะสมขั้นตอนการกำจัดซากของระบบสมาร์ตกริดที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า 1 kWh

รายการ	ค่า LCI	ระยะทาง (กม.)	แบบการใช้ระยะทาง			
	ปริมาณ (ตัน)		หน่วย (ตัน-กม.)	พาหนะ	ค่า CED (MJ/หน่วย)	ผลคูณ
PV- Solar Cell	2.18E-06	28	6.111E-05	lorry 7.5-16 metric ton	3.46979	2.12E-04
Inverter 25 kW	4.65E-08	28	1.302E-06	lorry 7.5-16 metric ton	3.46979	4.52E-06
Copper	3.15E-08	28	8.823E-07	lorry 7.5-16 metric ton	3.46979	3.06E-06
Aluminum	2.97E-08	28	8.321E-07	lorry 7.5-16 metric ton	3.46979	2.88E-06
Steel	1.23E-07	28	3.443E-06	lorry 7.5-16 metric ton	3.46979	1.19E-05
Total						0.00023



ภาพที่ 3 สัดส่วนของพลังงานสะสมของการผลิตไฟฟ้า 1 kWh ของระบบสมาร์ตกริด

พลังงานที่ใช้ (พลังงานสะสม) ในการผลิตไฟฟ้าจากระบบสมาร์ตกริดจำนวน 1 kWh มีค่าเท่ากับ 2.252 MJ จากผลการวิเคราะห์พลังงาน พบว่า ช่วงที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดคิดเป็น 99.22 เปอร์เซ็นต์ของทั้งระบบ คือ ช่วงการผลิตอุปกรณ์ของระบบสมาร์ตกริด โดยมีการใช้พลังงานไป 2.234 MJ เพื่อผลิตไฟฟ้าจำนวน 1 kWh ซึ่งพลังงานที่ใช้มาจากอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า คือ เซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีจำนวนทั้งสิ้น 2,000 แผง อีกทั้งในกระบวนการผลิตยังมีขั้นตอนที่ซับซ้อนและหลายกระบวนการ [7] ขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานรองลงมา คือ การใช้พลังงานในการขนส่งเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งมีการนำเข้ามาจากญี่ปุ่นด้วยเรือและมีการขนส่งด้วยรถบรรทุกมายังมหาวิทยาลัยพะเยา โดยขั้นตอนนี้มีการใช้พลังงานคิดเป็น 0.742 เปอร์เซ็นต์ของการใช้พลังงานทั้งหมด โดยส่วนใหญ่มาจากการขนส่งภายในประเทศ ส่วนของการใช้พลังงานในขั้นตอนอื่น ๆ มีนัยสำคัญน้อยมากเมื่อเทียบกับพลังงานที่ได้กล่าวไปข้างต้น

1. แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของระบบสมาร์ตกริดในปัจจุบัน

แผนการปฏิบัติการและบำรุงรักษา (Plant Operation & Maintenance) เป็นสิ่งที่สำคัญ ดังนั้น วิธีการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ส่งผลให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.83 [8] ซึ่งอาจส่งผลทำให้ยืดอายุการใช้งานของระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากระบบสมาร์ตกริดจาก 20 ปี ออกไปเป็น 25 ปี เนื่องจากมีการปฏิบัติการบำรุงรักษาตามแผนเป็นหลักอย่างสม่ำเสมอ หากมีการใช้งานระบบได้มากถึง 25 ปี จะทำให้ไฟฟ้าที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นจาก 17,409,129 kWh เป็น 21,495,346.88 kWh แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลเปรียบเทียบวิเคราะห์พลังงานสะสมตลอดอายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ 20 ปีและ 25 ปี ต่อการผลิตไฟฟ้า 1 kWh

ขั้นตอน	ผลรวม CED (MJ/kWh)	
	20 ปี	25 ปี
ขั้นตอนการผลิตอุปกรณ์	2.2349	1.9183
ขั้นตอนการขนส่งอุปกรณ์	0.00678	0.00549
ขั้นตอนการขนส่งวัสดุในการก่อสร้าง	1.79E-05	1.45E-05
ขั้นตอนการก่อสร้างและติดตั้ง	0.010645	0.00862
ขั้นตอนการกำจัดซาก	0.000234	0.0146
ผลรวมทั้งระบบสมาร์ตกริด	2.252	1.947

เมื่อมีการยืดเวลาการใช้ระบบสมาร์ตกริดจาก 20 ปี เป็น 25 ปี พบว่า ค่าพลังงานสะสมลดลงจาก 2.252 MJ/kWh เป็น 1.947 MJ/kWh หรือ 13.56 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ค่าพลังงานสุทธิเพิ่มขึ้นจาก 1.347 เป็น 1.652 ซึ่งบ่งบอกว่าระบบมีประสิทธิภาพทางพลังงานและมีความคุ้มค่าทางพลังงานในระดับดี ดังนั้น การบำรุงรักษาระบบอย่างสม่ำเสมอก็มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าการเลือกอุปกรณ์เพื่อใช้ในการติดตั้งระบบเลย

2. การวางแผนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางพลังงานในอนาคต

มหาวิทยาลัยพะเยามีโครงการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มเติมอีก 2 เมกะวัตต์ ภายใน 5 ปี ดังนั้น การวางแผนการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานเพื่อรองรับการติดตั้งเพิ่มเติมจึงเป็นสิ่งจำเป็น จากผลงานวิจัยข้างต้น จะเห็นได้ว่าพลังงานสะสมส่วนใหญ่เกิดมาจากพลังงานที่สะสมมาจากระบบการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เป็นอุปกรณ์หลักของระบบสมาร์ตกริด ซึ่งในกระบวนการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเดียวกันก็จะมีการใช้พลังงานที่ไม่แตกต่างกัน โดยผลการวิเคราะห์พลังงานสะสมของระบบเดิม (0.5 เมกะวัตต์) กับระบบเพิ่มเติม (2 เมกะวัตต์) แสดงดังตารางที่ 6 ซึ่งในขั้นตอนบำรุงรักษาหากผู้ดูแลระบบทำตามคู่มือบำรุงรักษาอย่างเคร่งครัด อุปกรณ์ทุกอย่างจะสามารถใช้งานได้ตลอดอายุโครงการทั้ง 20 ปี ในส่วนของการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการบำรุงรักษาและเพิ่มประสิทธิภาพนั้น สมมติให้มีการใช้แรงงานคนและมีการใช้น้ำในปริมาณไม่มาก จึงไม่ได้นำมาคิดรวมในการวิเคราะห์

ค่าพลังงานสะสมในการผลิตไฟฟ้า 1 kWh จากระบบสมาร์ตกริดที่ติดตั้งใหม่โดยมีการเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตในประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 1.9135(MJ/1kWh) หรือ 1.72 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าพลังงานสุทธิเป็น 1.686 ซึ่งจะพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางพลังงานได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้น หากทางมหาวิทยาลัยพะเยาต้องการ ที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มเติมโดยคำนึงถึงประสิทธิภาพทางพลังงานที่สูงขึ้น การเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงมีกระบวนการผลิตที่ใช้พลังงานน้อย ก็จะสามารถทำให้เพิ่มประสิทธิภาพทางพลังงานได้มากขึ้น ทั้งนี้ การพิจารณาดังกล่าวต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะปัจจัยทางด้านเงินลงทุนด้วย

ตารางที่ 6 ผลเปรียบเทียบพลังงานสะสมในกำลังการผลิต 0.5 MW และ 2 MW ตลอดอายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ 25 ปี

ขั้นตอนกระบวนการ	พลังงานสะสม (MJ/kWh) ในการผลิตไฟฟ้า 1 kWh	
	กำลังการผลิต 0.5 MW	กำลังการผลิต 2 MW
ขั้นตอนการผลิตอุปกรณ์	1.9183	1.90
ขั้นตอนการขนส่งอุปกรณ์	0.00549	0.00385
ขั้นตอนการขนส่งวัสดุในการก่อสร้าง	1.45E-05	1.46E-05
การก่อสร้างและติดตั้ง	0.00862	0.00866
ขั้นตอนการกำจัดซาก	0.0146	0.00019
ผลรวมทั้งระบบสมาร์ตกริด	1.947	1.9135

สรุปผลการศึกษา

ประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบสมาร์ตกริดในมหาวิทยาลัยพะเยา มีการใช้พลังงาน (พลังงานสะสม) เพื่อผลิตไฟฟ้า 1 kWh (3.6 MJ) เท่ากับ 2.252 MJ โดยเซลล์แสงอาทิตย์มีพลังงานสะสมมากที่สุด 2.234 MJ หรือคิดเป็นสัดส่วน 99.22 เปอร์เซ็นต์ของการใช้พลังงานทั้งหมดของระบบตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต และมีค่าประสิทธิภาพทางพลังงานสุทธิเท่ากับ 1.347 ซึ่งบ่งบอกว่า ระบบสมาร์ตกริดมีประสิทธิภาพทางพลังงานและความคุ้มค่าทางพลังงานในระดับดี สำหรับระบบเดิมที่ได้ดำเนินการติดตั้งไปแล้วการบำรุงรักษาที่ดีจะทำให้ระบบสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจากผลงานวิจัย พบว่า การบำรุงรักษาระบบเพื่อให้มีอายุการใช้งานที่นานขึ้นจาก 20 ปี เป็น 25 ปี สามารถลดพลังงานสะสมลงได้ 14.17 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้อีกด้วย สำหรับแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบที่จะติดตั้งเพิ่มเติมในอนาคตนั้น การเลือกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีกระบวนการผลิตที่ดี (มีการใช้พลังงานน้อย) รวมถึงมีประสิทธิภาพสูง จะสามารถลดพลังงานสะสมของระบบและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kohsri, S. (2011). *Smart Grid Energy Management System for Stand Alone Renewable Energy Power Generation*. Master Degree Thesis. Rajamangala University of Technology Thanyaburi.
- [2] Thinpan, S., & Thanarak, P. (2013). Carbon Dioxide Emission Assessment of Thin Film Amorphous Silicon for Electric Generation. *Naresuan University Journal*, 21(3), 49-58.
- [3] University of Phayao. (2016). *Operation & Maintenance Smart grid System Manual University of Phayao*. Phayao: Sharp Thai Co., Ltd.
- [4] Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (2016). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Hayama, Kanagawa, Japan : The Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- [5] Panprayun, G. (2017). 8 kWp Rooftop PV System and Feasibility of System Expansion. *Journal of Professional Routine to Research*, 4(2), 76-86.
- [6] Jordan, D. C., & Kurtz, S. R. (2013). Photovoltaic Degradation Rates - An Analytical Review, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 21(1), 12-29.
- [7] Achara, N. (2014). Solar Cell Standard and Improved Manufacturing Processes. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, 3(1), 162-167.
- [8] Ketjoy, N., & Konyu, M. (2012). The Dust Effect on Photovoltaic Module Surface to Photovoltaic Power Generation. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 32(11), 555-562.