

AEC-2014

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องถนนพลังงาน แสงอาทิตย์บนเกาะเต่า

Analysis and Comparison on the Economy of Solar Street Lighting System on Tao Island

กิตติพงษ์ ศรีพานุกุล, อนิรุทธ์ มัทธูจักษ์*, ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์, อำไพศักดิ์ ทีบุญมา, ธนรัฐ ศรีวีระกุล,
ทรงสุภา พุ่มชุมพล, ร.ท.สมญา ภูณะยา และ บงกช บุญเพชร

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ตำบลเมืองศรีโค อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

* E-mail: Sripanagul2011@hotmail.com, anirut.mat@gmail.com, A.Matthujak@ubu.ac.th. Tel: 0-4535-3309

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องถนนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบระบบไฟส่องถนนพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด 4 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline Silicon ร่วมกับโคม LED 2) ระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin Film ร่วมกับโคม LED 3) ระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline Silicon ร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์และ 4) ระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin Film ร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ ในการศึกษาได้ใช้เกาะเต่าเป็นพื้นที่ติดตั้งชุดทดลอง และจะติดตั้งชุดทดลองทั้งหมดใน 5 พื้นที่ที่ใกล้เคียงกันทั่วทั้งเกาะ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 20 ชุดทดลอง ซึ่งแต่ละชุดทดลองจะเก็บข้อมูลทุกๆ 15 นาทีและสามารถสำรองข้อมูลได้ 2 วัน ข้อมูลของแต่ละชุดทดลองจะถูกส่งโดยใช้ระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee ที่มีการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาเก็บและประมวลผลไว้ใน Computer server ส่วนกลาง ซึ่งสามารถตรวจสอบข้อมูลการทำงานต่างๆ ของทุกชุดทดลองได้บน Website นอกจากนี้ยังทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องถนนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์อีกด้วย จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องถนนที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 4 ระบบ พบว่าระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin Film ร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด และเมื่อนำระบบดังกล่าวทำการเปรียบเทียบกับระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งพบว่า ระบบนี้มีมูลค่าในปัจจุบันที่ถูกกว่าระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง โดยมีมูลค่าปัจจุบันที่ถูกกว่าถึง 4,054.58 บาท

คำหลัก: การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์, ไฟส่องถนนพลังงานแสงอาทิตย์, เกาะเต่า, ระบบสื่อสารไร้สาย

Abstract

The objective of this study is to economically analysis and comparison of 4 solar street lighting systems: 1) Crystalline Silicon solar cell with LED lamp 2) Thin Film Solar Cell with LED lamp 3) Crystalline Silicon solar cell with fluorescent lamp and 4) Thin Film Solar Cell with fluorescent lamp installed on Tao island. The 4 systems were installed in 5 nearby areas on the island, being totally 20 sets. The experiment will collect data every 15 minutes and can be backed up 2 days. The data on the

AEC-2014

island were transferred to the computer server on the main land using Zibee wireless network connected to a cellular network and the data will be stored in main computer or computer server. The data can be monitored via a website. Moreover, the street lighting connected grid power with 36 watts fluorescent lamp was economically compared with the solar street lighting systems. From the results, it was found that Thin Film solar cell with fluorescent lamp (TF) is the most suitable systems. When the TF was compared with the grid power lighting system, its present value is lower than that of the grid power lighting system, being 4054.58 THB

Keywords: economic analysis, solar street lighting, Koh Tao, wireless network

1. บทนำ

การวิจัยเกี่ยวกับระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ผ่านมามีการศึกษาอย่างต่อเนื่องในด้านต่างๆ อาทิเช่น ด้านการพัฒนาอุปกรณ์ของระบบ รวมไปถึงการประยุกต์ใช้งานจริง [1, 2]

ในปี ค.ศ. 1999 A.H.M.E. Reinders และคณะ [3] ได้ศึกษากำแพงพลังงานและระบบไฟส่องสว่าง ถนนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการติดตั้งระบบทั้งหมด 15 ชุดทดลอง และทำการเก็บข้อมูลของระบบทั้งหมด 9 ปี ซึ่งในการติดตั้งระบบไฟส่องสว่างถนน ได้ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ชนิด Poly-Crystalline Silicon ขนาด 80 วัตต์, แบตเตอรี่ขนาด 100 Ah และโคมไฟส่องสว่างถนนชนิด Low pressure sodium (LPS) ขนาด 18 วัตต์ จากการศึกษาพบว่า ในปีที่ 9 ระบบไฟส่องสว่างถนนส่วนใหญ่จะต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่เข้าไปทดแทนเช่น จากเดิมที่ใช้แบตเตอรี่ขนาด 100 Ah ต้องเปลี่ยนเป็น 65-70 Ah และโคมไฟส่องสว่างถนนต้องเปลี่ยนทดแทนเช่นกัน และปัญหาที่พบรองลงมาคือ ระบบชาร์จทั้งหมด

ในปี ค.ศ. 2009 Wu และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องสว่างถนน 3 ชนิด ดังนี้ 1) ระบบที่ใช้โคม LED ขนาด 100 W ติดตั้งร่วมกับสายส่ง 2) ระบบที่ใช้โคมปรอทขนาด 400 W ติดตั้งร่วมกับสายส่ง และ 3) ระบบที่ใช้โคม LED ขนาด 100 W ติดตั้งร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ ในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลจากคุณสมบัติของอุปกรณ์ ราคาของอุปกรณ์และค่าการติดตั้งเป็นข้อมูลในการคำนวณในการศึกษาจะทำการเปรียบเทียบระบบที่ใช้โคม LED

ขนาด 100 W ติดตั้งร่วมกับสายส่ง และระบบที่ใช้โคม LED ขนาด 100 W ติดตั้งร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ เปรียบเทียบกับระบบที่ใช้โคมปรอทขนาด 400 W ติดตั้งร่วมกับสายส่ง จากการศึกษาพบว่า ระยะเวลาคืนทุนของระบบที่ใช้โคม LED ร่วมกับมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.2 ปี และระบบที่ใช้โคม LED ขนาด 100 W ร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 3.3 ปี

ในปี ค.ศ. 2012 Allison N. Sperber [5] ได้ศึกษาระบบไฟส่องสว่างกลางแจ้ง โดยการติดตั้งโคม LED ขนาด 250x2 วัตต์ และขนาด 200x2 วัตต์ แทนที่โคมเดิมที่เป็น Sport Light ขนาด 1000x2 วัตต์ จากการศึกษาพบว่า ค่าความสว่างของโคม LED ขนาด 250x2 วัตต์ มีค่าความสว่างใกล้เคียงกับโคม Sport Light มากกว่าโคม LED ขนาด 200x2 วัตต์ ดังนั้นโคม LED ขนาด 250x2 วัตต์สามารถทดแทนโคม Sport Light ได้ ทำให้การใช้ น้ำมันดีเซลในการผลิตไฟฟ้าของระบบไฟส่องสว่างกลางแจ้งลดลง 4%

ในปี ค.ศ. 2012 Nagendra R Velaga และ Amit Kumar [6] ได้ทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องสว่างถนนที่จะทำการติดตั้งในพื้นที่ชนบทของประเทศอินเดีย ซึ่งระบบที่เลือกพิจารณามี 2 ระบบคือ ระบบไฟส่องสว่างถนนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโคม LED และระบบไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งร่วมกับโคม High Pressure Sodium (HPS) จากการศึกษาพบว่า ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโคม LED จะมีการลงทุนที่สูงกว่า แต่ถ้าพิจารณาการเดินทางสายส่งไฟฟ้าร่วมด้วย

AEC-2014

แล้ว ระบบไฟส่องสว่างถนนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโคม LED มีความเหมาะสมที่สุดที่จะติดตั้งในพื้นที่ชนบท เนื่องจากค่าในการลงทุนของระบบ HPS มีการลงทุนที่สูงกว่า 91,506 รูปี หรือคิดเป็น 71,190 บาท

ในปี ค.ศ. 2013 กิตติพงษ์ และคณะ [7] ได้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์บนเกาะเต่า ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาทั้งหมด 4 ระบบ ดังนี้ 1) ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline Silicon ร่วมกับโคม LED 2) ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline Silicon ร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ 3) ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin Film ร่วมกับโคม LED และ 4) ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin Film ร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ และทำการติดตั้งจริงในพื้นที่ของเกาะเต่าทั้งหมด 5 พื้นที่ รวมชุดทดลองที่ใช้ในการติดตั้งทั้งหมด 20 ชุด ในการศึกษา จะทำการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบทุกๆ 15 นาที โดยใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูลของระบบ (ASSL) ในการส่งข้อมูลของระบบจะใช้ระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee เป็นระบบส่งข้อมูล จากการวิเคราะห์พบว่า ระบบไฟส่องสว่างถนนที่เหมาะสมกับพื้นที่เกาะเต่ามากที่สุดคือระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline Silicon ร่วมกับโคม LED โดยมีประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์เท่ากับ $10.20 \pm 1.27\%$, ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าของระบบเท่ากับ 24.17 วัตต์ และค่าดัชนีการใช้พลังงานของระบบเท่ากับ 6.87% แต่ยังไม่มีการวิเคราะห์และเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 4 ระบบ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 4 ระบบ รวมถึงระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง ที่มีการติดตั้งจริงบนเกาะ ซึ่งในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์จะใช้ข้อมูลการทำงานของระบบ, ค่าการใช้ น้ำมันดีเซล ผลิตกระแสไฟฟ้า และค่าอื่นๆ จากบนเกาะ เพื่อเป็น

ข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณ ในการติดตั้งระบบฯ ได้เลือกเกาะเต่า อำเภอเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นพื้นที่ติดตั้งระบบไฟส่องสว่างถนนเพื่อทำการทดสอบ

2. การออกแบบชุดทดลอง

ในการออกแบบชุดทดลองเพื่อนำไปติดตั้งบนเกาะเต่า จะทำการออกแบบโดยใช้เงื่อนไข ซึ่งสามารถแยกการออกแบบได้ตามอุปกรณ์ ได้ดังนี้

1. โคมไฟส่องสว่างถนน

ในการ ออกแบบ โคมไฟส่องสว่างถนน จะทำการออกแบบโดยใช้เงื่อนไขคือ โคมไฟส่องสว่างถนนที่ใช้ในการออกแบบจะต้องเป็นโคม LED และโคมฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยที่สุด และให้ค่าความสว่างบนผิวถนนผ่านมาตรฐานของกรมทางหลวง คือ 2.1 Lux [8] จากการจำลองค่าความสว่างบนผิวถนนโดยใช้โปรแกรม DIALux 4.10 [9] พบว่า โคมไฟส่องสว่างถนน ที่ผ่านเงื่อนไข การออกแบบ คือ โคม LED ขนาด 20 วัตต์ และโคมฟลูออเรสเซนต์ขนาด 14x2 วัตต์

2. แผงโซลาร์เซลล์

ในการคัดเลือกแผงโซลาร์เซลล์เพื่อใช้ในการติดตั้ง จะทำการคัดเลือกโดย แผงที่ใช้ในการติดตั้งจะต้องเป็นแผงชนิด Crystalline Silicon และแผงชนิด Thin Film ซึ่งสามารถคำนวณหาขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ได้จาก ค่าพลังงานแสงตกกระทบที่เกาะเต่า [10] และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบฯ จากผลการคำนวณเทียบกับตารางคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ยี่ห้อ EverExceed [11] พบว่าขนาดของแผงโซลาร์เซลล์จะต้องมีขนาด 120-130 วัตต์

3. แบตเตอรี่

ในการคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่ จะใช้เงื่อนไขคือ ระบบฯ จะต้องสามารถสำรองไฟได้ไม่น้อยกว่า 3 วัน จากการคำนวณพบว่า แบตเตอรี่ที่ใช้ติดตั้งร่วมกับระบบฯ จะต้องมีขนาดเท่ากับ 100 แอมแปร์ ชั่วโมง

ดังนั้นผลที่ได้ จากการคำนวณ ของอุปกรณ์ต่างๆ สามารถแบ่งชุดทดลองออกเป็น 4 ระบบ ดังนี้

AEC-2014

ระบบที่ 1 แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline Silicon ติดตั้งร่วมกับโคม LED ใช้สัญลักษณ์ CL

ระบบที่ 2 แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline Silicon ติดตั้งร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ ใช้สัญลักษณ์ CF

ระบบที่ 3 แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin Film ติดตั้งร่วมกับโคม LED ใช้สัญลักษณ์ TL

ระบบที่ 4 แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin Film ติดตั้งร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ ใช้สัญลักษณ์ TF

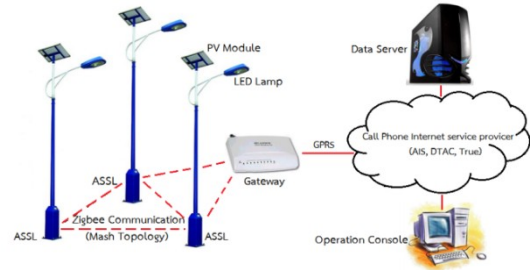
3. การติดตั้งชุดทดลอง

ในการติดตั้งชุดทดลอง จะทำการติดตั้งทั้ง 4 ระบบใน 5 พื้นที่ทั่วทั้งเกาะดังรูปที่ 1 รวมทั้งหมด 20 ชุดทดลอง ซึ่งในแต่ละชุดจะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด Advance Solar Street Lighting (ASSL) เพื่อทำการตรวจวัดและเก็บ ข้อมูล ของ ค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของระบบฯ โดยจะเก็บ ข้อมูล ทุกๆ 15 นาที ซึ่งสามารถสำรองข้อมูลได้ 2 วัน



รูปที่ 1 พื้นที่ติดตั้งชุดทดลองทั้งหมด 20 ชุด บน 5 พื้นที่ของเกาะเต่า (Zone)

ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ใน ASSL จะถูกส่งให้กับ Gateway โดยใช้ระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee ที่มีการสื่อสารแบบ Mash Topology ดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้น Gateway จะส่งข้อมูลให้กับ Server ซึ่งสามารถ ตรวจสอบและ Download ข้อมูลได้ใน Website: 118.175.71.77/webassltest1/Main.aspx



รูปที่ 2 การส่งข้อมูลของระบบไฟส่องถนนฯ แบบ Mesh Topology ที่ใช้ระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee

4. ข้อมูลและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

4.1 ข้อมูลการทำงานของชุดทดลอง

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์การทำงานของชุดทดลองเบื้องต้นจะทำการเก็บข้อมูลในระยะเวลา 1 เดือนคือ ตั้งแต่วันที่ 15 สิงหาคม ถึงวันที่ 15 กันยายน 2555

4.2 ราคาของอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้ง

ราคาของอุปกรณ์ที่ใช้ในการคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจะไม่รวมราคาของระบบเก็บข้อมูลการทำงานและระบบสื่อสาร เนื่องจากในการเก็บข้อมูลไว้ที่ส่วนกลางจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์รวบรวมข้อมูลทั้งระบบ (Super Computer) ซึ่งจะต้องมีการลงทุนที่สูงมาก ดังนั้นในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์นี้ จะทำการวิเคราะห์เฉพาะระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่รวมระบบส่งข้อมูลและระบบสื่อสาร ตารางที่ 1 ราคาและอายุการใช้งานของอุปกรณ์ [12]

ลำดับ	รายการ	ราคา (บาท)	อายุการใช้งาน (ปี)
1	แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline Silicon 120 W	9,725	20
2	แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin Film 120 W (60x2 W)	5,600	20
3	อุปกรณ์ควบคุมการประจุไฟฟ้า (Charger) MPPT	1,500	-
4	อุปกรณ์ควบคุมการประจุไฟฟ้า (Charger) PWM	900	-
5	โคมไฟส่องสว่างถนนชนิดหลอด LED	5,158	11
6	โคมไฟส่องสว่างถนนชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์	1,150	4
7	แบตเตอรี่	7,000	5
8	ชุดกึ่งโคม+ตู้ควบคุม+ค่าติดตั้ง	8,000	-

4.3 ข้อมูลและวิธีการคำนวณ

ในการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ จะแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้

1) ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า

ในการคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์จะใช้วิธีการ

AEC-2014

คำนวณหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (Present worth : PW) โดยใช้สมการที่ 1 ในการคำนวณ

$$PW = - (C_s + C_B) C_B (P/F, MRR\%, Y_B) - C_B (P/F, MRR\%, 2Y_B) - C_B (P/F, MRR\%, 3 Y_B) + Bf (P/F, MRR\%, Y_s) + SV (P/F, MRR\%, Y_s) \quad (1)$$

เมื่อ

PW คือ มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (บาท)

C_s คือ เงินลงทุนของแผงโซลาร์เซลล์รวมค่าติดตั้ง (บาท)

C_B คือ เงินลงทุนของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการเก็บ ประจุ (บาท)

MRR คือ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ขั้นต้นของ ธนาคารกรุงไทยเฉลี่ยย้อนหลังสามเดือน

Bf คือ รายได้หรือผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแผงพลังงาน แสงอาทิตย์เมื่อใช้ทดแทนการผลิตกระแสไฟฟ้า ด้วยเชื้อเพลิงน้ำมัน (บาท/ปี)

SV คือ มูลค่าซากของอุปกรณ์ (บาท)

Y_s คือ อายุการใช้งานของแผงโซลาร์เซลล์ (ปี)

Y_B คือ อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ (ปี)

2) ระบบแสงสว่าง

ในการคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์จะใช้วิธีการ คำนวณหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (Present worth : PW) โดยใช้สมการที่ 2 ในการคำนวณ

$$PW = - (C_{Li} + C_{La}) - C_{Li} (P/F, MRR\%, Y_{Li}) - C_{Li} (P/F, MRR\%, 2 Y_{Li}) - C_{Li} (P/F, MRR\%, 3 Y_{Li}) + Bf (P/F, MRR\%, Y_{La}) + SV (P/F, MRR\%, Y_{La}) \quad (2)$$

เมื่อ

PW คือ มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (บาท)

C_{Li} คือ เงินลงทุนของหลอดไฟฟ้า (บาท)

C_{La} คือ เงินลงทุนของโคมไฟฟ้าพร้อมค่าติดตั้ง (บาท)

MRR คือ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ขั้นต้นของ ธนาคารกรุงไทยเฉลี่ยย้อนหลังสามเดือน

Bf คือ ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้หลอด และโคมที่ใช้ในงานวิจัยเมื่อใช้ทดแทนหลอด และโคมแบบที่ติดตั้งอยู่เดิม (บาท/ปี)

SV คือ มูลค่าซากของอุปกรณ์ (บาท)

Y_{Li} คือ อายุการใช้งานของหลอด (ปี)

Y_{La} คือ อายุการใช้งานของโคม (ปี)

5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

5.1 การคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนของระบบ ผลิตกระแสไฟฟ้า

ในการคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิต กระแสไฟฟ้า จะใช้ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่แผง โซลาร์เซลล์ผลิตได้ ราคาและคุณสมบัติของอุปกรณ์ ทำการคำนวณโดยใช้สมการที่ 1 การคำนวณดังแสดง ในตารางที่ 2 จากการคำนวณ พบว่า การเลือกใช้แผง โซลาร์เซลล์ชนิด Thin film จะให้ผลตอบแทนการ ลงทุนเป็นมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ -18,646.95 บาท ส่วน แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline Silicon จะให้ ผลตอบแทนการลงทุนเป็นมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ - 19,479.64 บาท ซึ่งหมายความว่า การเลือกใช้แผง โซลาร์เซลล์ชนิด Thin Film ในการติดตั้ง จะขาดทุน น้อยกว่าแผงโซ ลาร์เซลล์ชนิด Crystalline Silicon โดยมีค่าต่างกันเท่ากับ 832.69 บาท หรือกล่าวได้ว่า แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin Film มีความคุ้มค่าทาง เศรษฐศาสตร์มากกว่า

5.2 การคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนของระบบ แสงสว่าง

ในการคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบแสง สว่าง จะทำการคำนวณโดยใช้สมการที่ 2 ซึ่งต้องมี ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณคือ ค่าพลังงานที่ใช้ไป ราคา และคุณสมบัติของอุปกรณ์ การคำนวณดังแสดงใน ตารางที่ 3 จากการคำนวณพบว่า การเลือกใช้โคม LED จะให้ผลตอบแทนการลงทุนเป็นมูลค่าปัจจุบัน เท่ากับ 775.00 บาท ส่วนโคมฟลูออเรสเซนต์ จะให้ ผลตอบแทนการลงทุนเป็นมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 1,341.85 บาท ซึ่งหมายความว่า การเลือกใช้โคม ฟลูออเรสเซนต์ติดตั้ง จะได้กำไรมากกว่าการเลือกใช้ โคม LED ติดตั้ง หรือกล่าวได้ว่า โคมฟลูออเรสเซนต์มี คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่า

AEC-2014

ตารางที่ 2 การคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า

ลำดับ	รายการ	สัญลักษณ์	การคำนวณ	ชนิดแผงโซลาร์เซลล์		หน่วย
				Crystalline (120 W)	Thin Film (120 W)	
ผลการประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้า						
1	พลังงานไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้	E_p	เก็บข้อมูล	131.02	106.91	หน่วย/ปี
2	ราคาพลังงาน/หน่วยที่ใช้น้ำมันดีเซลผลิตไฟฟ้า	E_c	ข้อมูลของการไฟฟ้าเกาะเต่า	11.00	11.00	บาท/หน่วย
3	ผลประหยัดค่าการผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำมันดีเซล	E_{save}	$E_p \times E_c$	1,441.22	1,176.01	บาท/ปี
การลงทุน						
4	ราคาแผงโซลาร์เซลล์	C_{so}	เฉลี่ยราคาตลาด	9,725.00	5,600.00	บาท
5	ราคา Charger	C_o	เฉลี่ยราคาตลาด	900.00	1,500.00	บาท/ชุด
6	ค่าติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์+ตู้ควบคุม	L_i	เฉลี่ยราคาตลาด	6,000.00	6,000.00	บาท/ชุด
7	อายุการใช้งานของแผงโซลาร์เซลล์	Y_s	ข้อมูลผู้ผลิต	20.00	20.00	ปี
8	ราคาแบตเตอรี่	C_b	เฉลี่ยราคาตลาด	7,000.00	7,000.00	บาท/ลูก
9	อายุการใช้งานของแบตเตอรี่	Y_b	ข้อมูลผู้ผลิต	5.00	5.00	ปี
การวิเคราะห์การลงทุน						
10	ราคาอุปกรณ์รวมการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์	C_s	$C_{so}+C_o+L_i$	16,625.00	13,100.00	บาท
11	มูลค่าซากของแผงโซลาร์เซลล์	SV	10% ของอุปกรณ์	972.50	560.00	บาท
12	อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	MRR	ธนาคารกรุงไทย	8.00	8.00	%
13	มูลค่าปัจจุบันของการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์	PW	สมการที่ 1	-19,479.64	-18,646.95	บาท

ตารางที่ 3 การคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนของระบบแสงสว่าง

ลำดับ	รายการ	สัญลักษณ์	การคำนวณ	ชนิดโคมไฟส่องสว่างถนน		หน่วย
				T5 (14 x2 W)	LED (20 W)	
ผลการประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้า						
1	กำลังไฟฟ้าที่ระบบใช้งาน	P1	เก็บข้อมูล	34.18	24.15	วัตต์/โคม
2	กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้เมื่อเทียบการใช้หลอด T8	E_p	46-P1	11.82	21.85	วัตต์/โคม
3	ชั่วโมงการใช้งานต่อปี	H_y	12x365	4,380.00	4,380.00	ชั่วโมง/ปี
4	พลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี	E_e	$E_p \times H_y / 1000$	51.77	95.70	หน่วย/ปี
5	ราคาพลังงาน/หน่วยที่ใช้น้ำมันดีเซลผลิตไฟฟ้า	E_c	PEA [12]	11.00	11.00	บาท/หน่วย
6	ผลประหยัดค่าการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมัน	E_{save}	$E_e \times E_c$	569.49	1,052.73	บาท/ปี
การลงทุน						
7	ราคาหลอดไฟ	C_{La}	ราคาตลาด	170.00	-	บาท
8	ราคาหลอดและโคมไฟ	C_{li+La}	ราคาตลาด	1,150.00	5,158.00	บาท/ชุด
9	ราคาติดตั้งโคม+กิ่งโคม	C_{li}	ราคาตลาด	1,800.00	1,800.00	บาท/โคม
10	ราคาติดตั้งหลอด	CL_{La}	ราคาตลาด	200.00	-	บาท
11	อายุการใช้งานหลอด	Y_{La}	ข้อมูลผู้ผลิต	4.00	11.00	ปี
12	อายุการใช้งานโคม	Y_{Li}	ข้อมูลผู้ผลิต	15.00	11.00	ปี
การวิเคราะห์การลงทุน						
13	มูลค่าซากของโคมไฟ	SV	10% ของอุปกรณ์	115.00	515.80	บาท
14	อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	MRR	ธนาคารกรุงไทย	8.00	8.00	%
15	มูลค่าปัจจุบันของการติดตั้งโคม	PW	สมการที่ 2	1,341.85	775.00	บาท

AEC-2014

ตารางที่ 4 การคำนวณต้นทุนของการติดตั้งคอมฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ ร่วมกับสายส่ง

ลำดับ	รายการ	สัญลักษณ์	การคำนวณ	ชนิดโคมไฟส่องสว่างถนน	หน่วย
				Flu 36W	
ค่าพลังงานไฟฟ้า					
1	กำลังไฟฟ้าของหลอด+บัลลาสต์	P1	ข้อมูลผู้ผลิต	46.00	วัตต์/โคม
2	ชั่วโมงการใช้งานต่อปี	Hy	12x365	4,380.00	ชั่วโมง/ปี
3	พลังงานที่ใช้ไปต่อปี	E _E	E _p xH _y /1000	201.48	หน่วย/ปี
4	ราคาพลังงาน/หน่วยที่ใช้น้ำมันดีเซลผลิตไฟฟ้า	E _C	PEA [12]	11.00	บาท/หน่วย
5	ค่าการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมัน	E _{save}	E _E x E _C	2,216.28	บาท/ปี
การลงทุน					
6	ราคาหลอดไฟ	C _{La}	ราคาตลาด	60.00	บาท
7	ราคาหลอด+โคมไฟ+บัลลาสต์	C _{li+La}	ราคาตลาด	500.00	บาท/ชุด
8	ราคาติดตั้ง+กิ่งโคม	C _{li}	ราคาตลาด	1,500.00	บาท/โคม
9	ราคาติดตั้งหลอด	C _{LLa}	ราคาตลาด	200.00	บาท
10	อายุการใช้งานหลอด	Y _{La}	ข้อมูลผู้ผลิต	4.56	ปี
11	อายุการใช้งานโคม	Y _{Li}	ข้อมูลผู้ผลิต	15.00	ปี
การวิเคราะห์การลงทุน					
12	มูลค่าซากของโคมไฟ	SV	10% ของอุปกรณ์	50.00	บาท
13	อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	MRR	ธนาคารกรุงไทย	8.00	%
14	มูลค่าปัจจุบันของการติดตั้งคอมฟลูออเรสเซนต์ 36 W	PW	สมการที่ 2	-21,359.68	บาท

5.3 การคำนวณต้นทุนของการติดตั้งคอมฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ ร่วมกับสายส่ง

ในการคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้โคมฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ ร่วมกับสายส่ง จะทำการคำนวณโดยใช้สมการที่ 2 ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ จะมาจากคุณสมบัติของอุปกรณ์ การคำนวณดังแสดงในตารางที่ 4 จากการคำนวณพบว่า การติดตั้งโคมฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ร่วมกับสายส่ง จะทำให้ มูลค่าปัจจุบันของการติดตั้งระบบนี้ขาดทุนเท่ากับ 21,358.68 บาท

5.4 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

จากการคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของ ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าและระบบแสงสว่าง สามารถรวมเป็นมูลค่าปัจจุบันของแต่ละระบบฯ ได้ ดังตารางที่ 5 ซึ่งจะพบว่าระบบที่มูลค่าปัจจุบันขาดทุนมากที่สุดคือ ระบบที่ติดตั้งโคมฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับสายส่ง เนื่องจากระบบนี้ไม่มีผลประหยัดจากค่าการใช้น้ำมันดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมีค่าเท่ากับ 21,359.68 บาท

และระบบที่มีมูลค่าปัจจุบันขาดทุนน้อยที่สุดคือระบบ TF โดยมีค่าเท่ากับ 17,305.10 บาท

เมื่อนำระบบ CL, CF, TL และ TF ทำการเปรียบเทียบกับระบบที่ใช้โคมฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ร่วมกับสายส่งพบว่า ระบบ TF สามารถลดมูลค่าปัจจุบันที่ขาดทุนได้มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 4,054.58 บาท หรือกล่าวได้ว่า ระบบ TF มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด

ตารางที่ 5 มูลค่าปัจจุบันของระบบฯ

ระบบที่	ชื่อระบบ	มูลค่าปัจจุบัน (บาท)
1	CL	-18,704.64
2	CF	-18,137.79
3	TL	-17,831.95
4	TF	-17,305.10
5	ฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับสายส่ง	-21,359.68

6 สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องสว่างถนนทั้ง 5 ระบบพบว่า ผลประหยัดส่วนใหญ่ของระบบฯ ได้จากโคมไฟ

AEC-2014

ส่องสว่างถนน เนื่องจากโคมไฟส่องสว่างถนนที่ใช้ในการศึกษามีใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าโคมไฟส่องสว่างถนนแบบเดิมที่มีขนาดกำลังไฟฟ้า 36 วัตต์ และเมื่อทำการเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้ง 4 ระบบพบว่าระบบที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์คือ ระบบที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin Film ร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ ใช้สัญลักษณ์ TF เนื่องจากระบบนี้มีมูลค่าปัจจุบันขาดทุนน้อยที่สุด

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองพัฒนาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] O.S. Sastry, V. Kamala Devi, P.C. Pant, G. Prasad, Rajesh Kumar and Bibek Bandyopadhyay. (2010). Development of white LED based PV lighting systems, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol. 94(9), pp. 1430-1433.
- [2] Wuthipong Suponthana, Nipon Ketjoy, Wattanapong Rakwichian. (2549). Performance Evaluation of Solar Home Systems in Hot Climate Condition mc-Si PWM versus a-Si MPPT Charger Controller System, *การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา
- [3] A.H.M.E. Reinders, Pramusitob, A. Sudradjat, V.A.P. van Dijk, R. Mulyadi, and W.C. Turkenburg. (1999). Sukatani revisited: on the performance of nine-year-old solar home systems and street lighting systems in Indonesia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 3(1), pp. 1-47.
- [4] M.s. Wu, H.H. Huang, B.J. Huang, C.W. Cheng. (2009). Economic feasibility of solar-

powered LED roadway lighting, *Renewable energy*, vol. 34(8), pp. 1934-1938.

[5] Allison N. Sperber, Andrew Curtis Elmore, Mariesa L. Crow and Jeffrey D. Cawfield. (2012). Performance evaluation of energy efficient lighting associated with renewable energy applications, *Renewable Energy*, vol. 44. Pp. 423-430.

[6] Nagendra R Velaga and Amit Kumar. (2012) Techno-economic Evaluation of the Feasibility of a Smart Street Light System A case study of Rural India, *Social and Behavioral Sciences*, vol. 62(24). Pp. 1220-1224.

[7] กิตติพงษ์ และคณะ . (2013).การวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบไฟส่องสว่างพลังงานแสงอาทิตย์บนเกาะเต่า, *การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร จังหวัดกรุงเทพมหานคร

[8] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2545). มาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

[9] DIALux 4.10. โปรแกรมสำหรับออกแบบระบบไฟส่องสว่าง , <http://www.dial.de/DIAL/en/dialux-international-download.html>

[10] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานร่วมกับ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร , www.dede.go.th/dede

[11] ตารางคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ชนิดยี่ห้อ EverExceed, www.everexceed.com

[12] คณะวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (2556). รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 โครงการพัฒนาและติดตั้งระบบไฟส่องสว่างถนนแบบประหยัดพลังงานโดยใช้หลอด LED โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์พร้อมระบบติดตามการทำงานแบบไร้สายที่เกาะเต่า , กองพัฒนาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค