O-CP10

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่ห่างไกล

Analysis and Comparison on Suitability of Solar Street Lighting system on remote area

กิตติพงษ์ ศรีพนากุล*, อนิรุตต์ มัทธุจักร์, ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์, อำไพศักดิ์ ทีบุญมา,
ธนรัฐ ศรีวีระกุล, ทรงสุภา พุ่มชุมพล, ร.ท.สมญา ภูนะยา และ บงกช บุญเพชร

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ตำบลเมืองศรีไค
อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190
โทร 0-4535-3309 E-mail: Sripanagul2011@hotmail.com, anirut.mat@gmail.com, A.Matthujak@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่ห่างไกล โดยในการออกแบบระบบฯ จะใช้โปรแกรม DIALux version 4.10 ทำการจำลองค่าความสว่างบนผิวถนนเพื่อคัดเลือกโคมไฟส่องสว่างถนน และใช้วิธีสมดุลพลังงานคำนวณหาขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ จากการออกแบบจะได้ระบบฯ 4 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ร่วมกับโคม LED (CL) 2) ระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin film ร่วมกับโคม LED (TL) 3) ระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ (CF) และ 4) ระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin film ร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ (TF) โดยทำการติดตั้งทั้ง 4 ระบบ ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งมีพื้นที่ติดตั้งทั้งหมด 5 พื้นที่ทั่วทั้งเกาะเต่ารวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 20 ชุดทดลอง ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดของแต่ละชุดทดลองจะถูกเก็บไว้ในระบบเก็บข้อมูลของแต่ละชุด หลังจากนั้นข้อมูลเหล่านั้นจะถูกส่งผ่านระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee ที่มีการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายโทรศัพท์ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาเก็บไว้ใน Computer server ส่วนกลาง ซึ่งสามารถตรวจสอบข้อมูลการทำงานต่างๆ ของทุกชุดทดลองได้บน Website จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานของระบบฯ พบว่า ระบบฯ ที่เหมาะสมทางด้านวิศวกรรมคือระบบ CL ส่วนระบบที่มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์คือระบบ TF ดังนั้นในการคัดเลือกระบบฯ ที่เหมาะสมที่จะนำไปติดตั้งที่เกาะเต่าจึงจัดทำเกณฑ์การคัดเลือกขึ้น ซึ่งเกณฑ์จะมีเนื้อหาครอบคลุมถึงการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์รวมถึงความพึงพอใจของคนในพื้นที่ ผลที่ได้จากเกณฑ์การคัดเลือกพบว่า ระบบฯ ที่เหมาะสมสำหรับเกาะเต่าคือ ระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ร่วมกับโคม LED เนื่องจากเป็นระบบฯ ที่ได้คะแนนจากเกณฑ์การคัดเลือกสูงที่สุด

คำสำคัญ: ไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์, เกาะเต่า, ระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee, เกณฑ์การคัดเลือก

1. บทนำ

การวิจัยเกี่ยวกับระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่องในด้านต่างๆ อาทิด้านการพัฒนาอุปกรณ์ของระบบรวมไปถึงการประยุกต์ใช้งานจริง [1, 2] โดยในปี ค.ศ. 2009 Wu และคณะ [3] ได้ทำการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องสว่างถนน 3 ระบบ ดังนี้ 1) ระบบที่ใช้โคม LED ขนาด 100 W ติดตั้งร่วมกับสายส่ง 2) ระบบที่ใช้โคมปรอทขนาด 400 W ติดตั้งร่วมกับสายส่ง และ 3) ระบบที่ใช้โคม LED ขนาด 100 W ติดตั้งร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ ในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลจากคุณสมบัติของอุปกรณ์ ราคาของอุปกรณ์และค่าการติดตั้งเป็นข้อมูลในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ โดยการศึกษาจะทำการเปรียบเทียบระบบฯ ที่ใช้โคม LED ขนาด 100 W ติดตั้งร่วมกับสายส่ง และระบบฯ ที่ใช้โคม LED ขนาด 100 W ติดตั้งร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ เปรียบเทียบกับระบบฯ ที่ใช้โคมปรอทขนาด 400 W ติดตั้งร่วมกับสายส่ง จากการศึกษาพบว่า ระยะเวลาคืนทุนของระบบที่ใช้โคม LED ร่วมกับสายส่งมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.2 ปี และระบบที่ใช้โคม LED ขนาด 100 W ร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 3.3 ปี

ในปี ค.ศ. 2012 Nagendra R Velaga และ Amit Kumar [4] ได้ทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องสว่างถนนที่จะทำการติดตั้งในพื้นที่ชนบทของประเทศอินเดีย ซึ่งระบบที่เลือกพิจารณามี 2 ระบบคือ ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโคม LED และระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งร่วมกับโคม High Pressure Sodium (HPS) จากการประเมินพบว่า ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโคม LED จะมีการลงทุนที่สูงกว่า แต่ถ้าพิจารณาการเดินสายส่งไฟฟ้าร่วมด้วยแล้ว ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโคม LED มีความเหมาะสมที่สุดที่จะติดตั้งในพื้นที่ชนบท เนื่องจากค่าในการลงทุนของระบบ HPS มีการลงทุนที่สูงกว่า 91,506 รูปี หรือคิดเป็น 71,190 บาท

ในปี ค.ศ. 2013 กิตติพงษ์ ศรีพนากุล และคณะ [5] ได้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์บนเกาะเต่า ซึ่งมีทั้งหมด 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 โดยทำการติดตั้งจริงในพื้นที่ของเกาะเต่าทั้งหมด 5 พื้นที่ รวมชุดทดลองที่ใช้ในการติดตั้งทั้งหมด 20 ชุด ในการศึกษาจะทำการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบทุกๆ 15 นาที โดยใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูลของระบบ (ASSL) และจะส่งข้อมูลการทำงานของระบบโดยใช้ระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee เป็นระบบส่งข้อมูล จากการวิเคราะห์พบว่า ระบบไฟส่องสว่างถนนที่เหมาะสมกับพื้นที่เกาะเต่าทางด้านวิศวกรรมศาสตร์มากที่สุดคือระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ร่วมกับโคม LED โดยมีประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์เท่ากับ 10.20±1.27%, ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าของระบบเท่ากับ 24.17 วัตต์ และค่าดัชนีการใช้พลังงานของระบบเท่ากับ 6.87% ต่อมาในปีเดียวกัน กิตติพงษ์ ศรีพนากุล และคณะ [6] ได้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์บนเกาะเต่าทั้งหมด 4 ระบบ รวมถึงทำการเปรียบเทียบกับระบบไฟส่องถนนทั่วๆ ไปที่ใช้

พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ด้วย จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องถนนที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 4 ระบบ พบว่าระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin film ร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด และเมื่อนำระบบดังกล่าวทำการเปรียบเทียบกับระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งพบว่า ระบบนี้มีมูลค่าในปัจจุบันที่ถูกกว่าระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง โดยมีมูลค่าปัจจุบันที่ถูกกว่าถึง 4,054.58 บาท จะเห็นได้ว่างานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น [5,6] เมื่อพิจารณาตามความเหมาะสมที่แตกต่างกันจะได้ระบบที่แตกต่างกัน จึงยังไม่สามารถทำการคัดเลือกระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมติดตั้งบนเกาะเต่าได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอตัวอย่างหรือแนวทางการคัดเลือกระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์จากทั้งหมด 4 ระบบ โดยออกแบบเกณฑ์การตัดสินใจ ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมถึงการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์รวมถึงความพึงพอใจของคนในพื้นที่ โดยข้อมูลส่วนใหญ่ในเกณฑ์ได้นำเสนอในงานวิจัยก่อนหน้านี้ [5,6] และในแต่ละข้อของเกณฑ์จะมีน้ำหนักคะแนนให้ตามความเหมาะสม ส่วนการติดตั้งระบบฯ และเก็บข้อมูล ใช้พื้นที่เกาะเต่า อำเภอเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นพื้นที่ศึกษา

2. การออกแบบชุดทดลอง

ในการออกแบบระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์หรือชุดทดลองที่จะนำไปติดตั้งบนเกาะเต่า จะทำการออกแบบโดยใช้เงื่อนไข ซึ่งสามารถแยกการออกแบบได้ตามอุปกรณ์ ได้ดังนี้

2.1 โคมไฟส่องสว่างถนน ในการออกแบบโคมไฟส่องสว่างถนน จะทำการออกแบบโดยใช้เงื่อนไขคือ โคมที่ใช้ในการออกแบบจะต้องเป็นโคมหลอด LED และโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยที่สุด และให้ค่าความสว่างบนผิวถนนผ่านมาตรฐานของกรมทางหลวง คือ 2.1 Lux [7] จากการจำลองค่าความสว่างบนผิวถนนโดยใช้โปรแกรม DIALux 4.10 [8] พบว่า โคมไฟส่องสว่างถนนที่ผ่านเงื่อนไขการออกแบบคือ โคมหลอด LED ขนาด 20 วัตต์ และโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 28 วัตต์ (14x2 วัตต์)

2.2 แผงโซลาร์เซลล์ ในการคัดเลือกแผงโซลาร์เซลล์เพื่อใช้ในการติดตั้ง จะทำการคัดเลือกโดย แผงที่ใช้ในการติดตั้งจะต้องเป็นแผงชนิด Crystalline silicon และแผงชนิด Thin film ซึ่งสามารถคำนวณหาขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ได้จากค่าพลังงานแสงตกกระทบที่เกาะเต่า [9] และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบฯ จากผลการคำนวณเทียบกับตารางคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ยี่ห้อ EverExceed [10] พบว่าขนาดของแผงโซลาร์เซลล์จะต้องมีขนาด 120-130 วัตต์

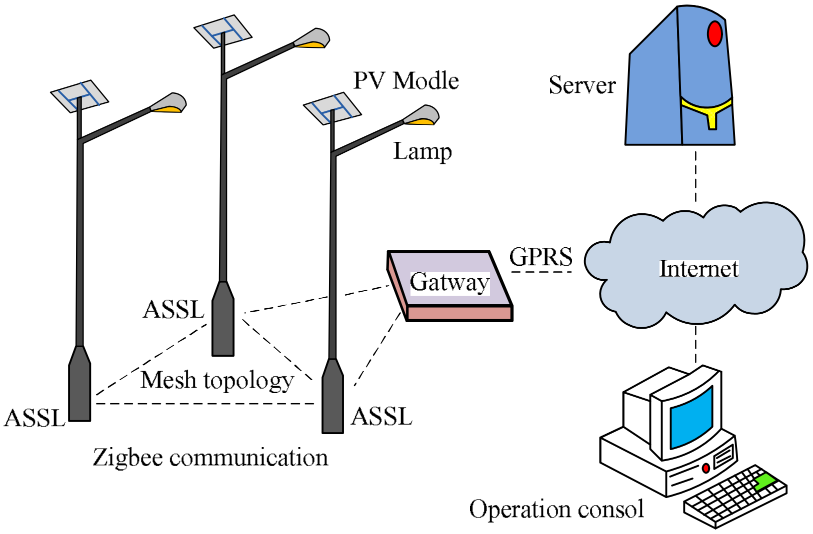
2.3 แบตเตอรี่ ในการคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่ จะใช้เงื่อนไขคือ ระบบฯ จะต้องสามารถสำรองไฟได้ไม่น้อยกว่า 3 วัน จากการคำนวณพบว่า แบตเตอรี่ที่ใช้ติดตั้งร่วมกับระบบฯ จะต้องมีขนาดเท่ากับ 100 แอมแปร์ชั่วโมง ดังนั้นผลที่ได้จากการคำนวณของอุปกรณ์ต่างๆ สามารถแบ่งชุดทดลองออกเป็น 4 ระบบ ดังนี้

1) แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ติดตั้งร่วมกับโคม LED ใช้สัญลักษณ์ CL
2) แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ติดตั้งร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ ใช้สัญลักษณ์ CF
3) แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin film ติดตั้งร่วมกับโคม LED ใช้สัญลักษณ์ TL
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) เพื่อทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของระบบฯ โดยจะเก็บข้อมูลทุกๆ 15 นาที ซึ่งสามารถสำรองข้อมูลได้ 2 วัน โดย ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ใน ASSL จะถูกส่งให้กับ Gateway โดยใช้ระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee ที่มีการสื่อสารแบบ Mash Topology ดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้น Gateway จะส่งข้อมูลให้กับ Server ซึ่งสามารถตรวจสอบและ Download ข้อมูลได้ใน Website: 118.175.71.77/webassltest1/Main.aspx

รูปที่ 1 พื้นที่ติดตั้งชุดทดลองทั้งหมด 20 ชุด บน 5 พื้นที่ของเกาะเต่า



รูปที่ 2 การส่งข้อมูลของระบบไฟส่องสว่างถนนฯ แบบ Mesh Topology ที่ใช้ระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee

4. หลักการและเงื่อนไขการคัดเลือกระบบฯ

ในการคัดเลือกระบบฯ จะใช้เกณฑ์ที่จัดทำขึ้น [11] เพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการทำงานของระบบฯ โดยในเกณฑ์ที่จัดทำขึ้นนี้ มีเนื้อหาครอบคลุมการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์รวมถึงความพึงพอใจของคนในพื้นที่ ซึ่งในแต่ละข้อของเกณฑ์การตัดสินใจจะมีน้ำหนักคะแนนให้ตามความเหมาะสม เพื่อให้เกิดความสมดุลในการตัดสินใจ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 เกณฑ์ในการประเมินระบบผลิตกระแสไฟฟ้า ในส่วนของเกณฑ์การประเมินระบบผลิตกระแสไฟฟ้า จะใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจทั้งหมด 8 ข้อ ดังนี้

1) ราคา (System Cost) หมายถึง ราคาของแผงโซลาร์เซลล์และราคาของอุปกรณ์ประกอบที่ใช้ร่วมกับแผงนั้นๆ โดยจะใช้ราคาอ้างอิงในปัจจุบันเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบ และให้คะแนนตามราคาที่สูงกว่าและต่ำกว่าเท่านั้น ค่าน้ำหนักของราคากำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10%

2) ความไวแสงของแผงโซลาร์เซลล์ (Sensitivity) หมายถึง ความเร็วของการตอบสนองของแผงโซลาร์เซลล์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ค่าความไวแสงนี้เป็นคุณลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งของแผงโซลาร์เซลล์ ค่าน้ำหนักของความไวของแผงนี้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10%

3) การเสื่อมประสิทธิภาพ (Degrading) หมายถึง การลดลงของความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งดูได้จากประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ที่ลดลงตามระยะเวลา กำหนดค่าน้ำหนักของการเสื่อมประสิทธิภาพให้มีค่าเท่ากับ 10%

4) การสิ้นเปลืองการใช้พลังงานเฉลี่ยหรือดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Utilization Index, EUI) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประโยชน์ของพลังงานแสงตกกระทบทั้งวันของแต่ละระบบฯ กำหนดให้มีค่าน้ำหนักของคะแนนเท่ากับ 20%

5) ประสิทธิภาพชั่วขณะ (Current Efficiency) หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงตกกระทบไปเป็นพลังงานไฟฟ้า ณ ช่วงเวลาใดๆ กำหนดค่าน้ำหนักของประสิทธิภาพชั่วขณะให้มีค่าเท่ากับ 10%

6) อุณหภูมิสะสมของแผง (Temperature Rise) หมายถึง อุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์ที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากความร้อนของแสงแดดที่ตกกระทบแผงโซลาร์เซลล์ตลอดทั้งวัน ค่าอุณหภูมิสะสมของแผงโซลาร์เซลล์นี้จะมีผลต่อประสิทธิภาพชั่วขณะ และประสิทธิภาพรวมของแผงโซลาร์เซลล์ด้วย กำหนดค่าน้ำหนักของอุณหภูมิสะสมให้มีค่าเท่ากับ 10%

7) การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า (Cost-Benefits Analysis) หมายถึง การศึกษาถึงผลตอบแทนทางการเงินและต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งระบบฯ ซึ่งในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน จะใช้วิธีการคำนวณหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (Present worth : PW) เพื่อทำการเปรียบเทียบกันว่าระบบใดใช้ค่าใช้จ่ายสุทธิต่ำที่สุด กำหนดค่าน้ำหนักของการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า เท่ากับ 20%

8) ความพึงพอใจของผู้ใช้ในพื้นที่ หมายถึง ความพอใจของผู้ใช้งานที่อยู่บนพื้นที่เกาะเต่า โดยจะจัดทำแบบสอบถามเพื่อประเมินความพอใจของแผงโซลาร์เซลล์ทั้งสองชนิด และให้คะแนนตามความพอใจที่สูงกว่าและต่ำกว่าเท่านั้น ค่าน้ำหนักของความพอใจของประชาชนในพื้นที่กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10%

4.2 เกณฑ์ในการประเมินระบบส่องสว่าง ในส่วนของการประเมินโคมไฟส่องสว่างถนน จะใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจทั้งหมด 7 ข้อ ดังนี้

1) ราคา (System Cost) หมายถึง ราคาของโคม หลอดและอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในระบบฯ โดยจะใช้ราคาอ้างอิงในปัจจุบันเป็นข้อมูลในการคำนวณ ค่าน้ำหนักของราคากำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10%

2) การใช้พลังงาน (Energy Consumption) หมายถึง ปริมาณพลังงานที่โคมและอุปกรณ์ประกอบใช้ในการให้แสงสว่าง ค่าน้ำหนักของการใช้พลังงานกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 20%

3) ค่าความสว่างเฉลี่ย (Average Brightness) หมายถึง ค่าความสว่างเฉลี่ยที่พื้นผิวจราจร โดยจะทำการวัดค่าความสว่างที่จุดต่างๆ ตลอดช่วงความยาวของถนน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบกัน ค่าน้ำหนักของค่าความสว่างเฉลี่ยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 15%

4) ค่าการกระจายตัวของความสว่าง (Brightness Uniformity) หมายถึง ความสม่ำเสมอของความสว่างที่ระบบผลิตได้ตลอดช่วงความยาวของถนน โดยจะทำการวัดค่าความสว่างที่จุดต่างๆ ตลอดช่วงความยาวของถนน แล้วนำมาหาลักษณะการกระจายตัวของความสว่าง กำหนดค่าน้ำหนักของการกระจายตัวของความสว่างเท่ากับ 15%

5) อุณหภูมิสะสมของหน้าโคม (Lamp Temperature Rise) หมายถึง ความสามารถในการระบายความร้อนของโคม เนื่องจากความร้อนที่สะสมในโคมมากขึ้นจะทำให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลง กำหนดให้ค่าน้ำหนักของอุณหภูมิสะสมของโคมเท่ากับ 10%

6) การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของระบบส่องสว่าง (Cost-Benefits Analysis) หมายถึง การศึกษาถึงผลตอบแทนทางการเงินและต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งระบบฯ ซึ่งในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน จะใช้วิธีการคำนวณหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (Present worth : PW) เพื่อทำการเปรียบเทียบกันว่าระบบใดใช้ค่าใช้จ่ายสุทธิต่ำที่สุด กำหนดค่าน้ำหนักของการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของระบบส่องสว่างเท่ากับ 20%

7) ความพึงพอใจของผู้ใช้ในพื้นที่ หมายถึง ความพอใจของผู้ใช้งานที่อยู่บนพื้นที่เกาะเต่า โดยจะจัดทำแบบสอบถามเพื่อประเมินความพอใจของโคมไฟส่องสว่างถนนทั้งสองชนิด และให้คะแนนตามความพอใจที่สูงกว่าและต่ำกว่าเท่านั้น ค่าน้ำหนักของความพอใจของผู้ใช้งานในพื้นที่กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10%

5. การคัดเลือกระบบไฟส่องสว่างถนน

ในการคัดเลือกระบบฯ จะทำการประเมินเกณฑ์ในแต่ละข้อ ซึ่งจะมีตัวคูณ 1 และ 0 เป็นตัวที่แสดงว่าดีหรือด้อย โดยที่ 1 แสดงว่าดี และ 0 แสดงว่าด้อย แล้วนำตัวคูณนี้ไปคูณกับค่าน้ำหนักของเกณฑ์ในข้อนั้นๆ ค่าที่ได้คือคะแนนจริงของข้อนั้น จากเกณฑ์การคัดเลือกระบบไฟส่องสว่างถนนในหัวข้อที่ 4 สามารถสรุปคะแนนการประเมินได้ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

จากผลการประเมินระบบผลิตกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ทั้งสองชนิดที่แสดงในตารางที่ 1 โดยมีคะแนนรวมเต็ม 100 คะแนน จากผลการประเมินพบว่า แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ได้คะแนนประเมินรวม 60 คะแนน ส่วนแผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin film ได้คะแนนประเมินรวม 40 คะแนน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon มีความเหมาะสมใช้ในการติดตั้งมากที่สุด

จากผลการประเมินระบบส่องสว่างของโคมทั้งสองชนิดที่แสดงในตารางที่ 2 โดยที่คะแนนรวมเต็ม 100 คะแนน จากผลการประเมินพบว่าโคมชนิด LED ได้คะแนนประเมินรวม 70 คะแนน ส่วนโคมชนิดฟลูออเรสเซนต์ได้คะแนนประเมินรวม 30 คะแนน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโคมชนิด LED มีความเหมาะสมใช้ในการติดตั้งมากที่สุด

ตารางที่ 1 สรุปคะแนนการประเมินระบบผลิตกระแสไฟฟ้า

เกณฑ์	ค่าน้ำหนัก	Thin film		Crystalline	
		ตัวคูณประเมิน	คะแนนจริง	คะแนนประเมิน	คะแนนจริง
1. ราคา (System Cost)	10	1	10	0	0
2. ความไวของแผง (Sensitivity)	10	1	10	0	0
3. การเสื่อมประสิทธิภาพ (Degrading)	10	0	0	1	10
4. การสิ้นเปลืองการใช้พลังงานเฉลี่ยหรือ ดัชนีการใช้พลังงาน (Energy utilization Index)	20	0	0	1	20
5. ประสิทธิภาพชั่วขณะ (Current Efficiency)	10	0	0	1	10
6. อุณหภูมิสะสมของแผง (Temperature Rise)	10	0	0	1	10
7. วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost Benefits Analysis)	20	1	20	0	0
8. ความพึงพอใจของผู้ใช้ในพื้นที่ (Users Satisfaction)	10	0	0	1	10
รวม	**100**	**-**	**40**	**-**	**60**

ตารางที่ 2 สรุปคะแนนการประเมินระบบส่องสว่าง

เกณฑ์	ค่าน้ำหนัก	โคมชนิด ฟลูออเรสเซนต์		โคมชนิด LED	
		ตัวคูณประเมิน	คะแนนจริง	คะแนนประเมิน	คะแนนจริง
1. ราคา (System Cost)	10	1	10	0	0
2. การใช้พลังงาน (Energy Consumption)	20	0	0	1	20
3. ค่าความสว่างเฉลี่ย (Average Brightness)	15	0	0	1	15
4. ค่าการกระจายตัวของความสว่าง (Brightness Distribution)	15	0	0	1	15
5. ค่าความร้อนของโคม (Lamp Temperature)	10	0	0	1	0
6. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost Benefits Analysis)	20	1	20	0	0
7. ความพึงพอใจของผู้ใช้ในพื้นที่ (Users Satisfaction)	10	0	0	1	10
รวม	**100**	**-**	**30**	**-**	**70**

6. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการออกแบบเกณฑ์การตัดสินใจ เพื่อคัดเลือกระบบที่เหมาะสมกับที่จะติดตั้งบนเกาะเต่า จากเกณฑ์และผลการประเมินในหัวข้อที่ 4 และ 5 สรุปได้ว่า ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ได้คะแนนจากเกณฑ์ประเมินสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 60 คะแนน และระบบส่องสว่างที่ใช้โคมชนิด LED ได้คะแนนจากเกณ์ประเมินสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 70 คะแนน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ระบบไฟส่องสว่างถนนที่เหมาะสมที่จะทำการติดตั้งบนพื้นที่เกาะเต่าคือ ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ร่วมกับโคมชนิด LED ซึ่งคิดคะแนนรวมให้เป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 65% ของคะแนนเต็ม ทั้งนี้การประเมินตามเกณฑ์ต่างๆ ที่กล่าวมานั้นเป็นการประเมินความเหมาะสมของระบบฯ สำหรับใช้ติดตั้งบนพื้นที่เกาะเต่า ซึ่งในแต่ละข้อของเกณฑ์อ้างอิงสำหรับพื้นที่นี้เท่านั้น ซึ่งไม่ได้หมายความว่าสามารถใช้เกณฑ์นี้ในพื้นที่อื่นได้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองพัฒนาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

8. บรรณานุกรม

[1] O.S. Sastry และคณะ., 2010, ”Development of white LED based PV lighting systems,” Solar Energy Materials & Solar Cells, 1430-1433.

[2] Wuthipong Suponthana และคณะ., 2549, “Performance Evaluation of Solar Home Systems in Hot Cliimate Condition mc-Si PWM versus a-Si MPPT Charger Controller System,” การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศประเทศไทย ครั้งที่ 2.

[3] M.s. Wu และคณะ., 2009, “Economic feasibility of solar-powered LED roadway lighting,” Renewable energy, 1934-1938.

[4] 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, 1220-1224.

[5] กิตติพงษ์ และคณะ., 2556, “การวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบไฟส่องถนนพลังงานแสงอาทิตย์บนเกาะเต่า,” การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศประเทศไทย ครั้งที่ 9,910-915.

[6] กิตติพงษ์ และคณะ., 2556, “การวิเคราะห์และเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องถนนพลังงานแสงอาทิตย์บนเกาะเต่า,” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27, 37-38.

[7] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยใน พระบรมราชูปถัมภ์, 2545, “มาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย,” กรมทางหลวง.

[8] DIALux, 2011, “โปรแกรมสำหรับออกแบบระบบไฟแสงสว่าง DIALux 4.10,” http://www.dial.de/DIAL/en/dialux-international-download.html [January 2011].

[9] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานร่วมกับ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2553, “ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย,” www.dede.go.th/dede [มกราคม 2553].

[10] ตารางคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ 2553, “EverExceed,” www.everexceed.com [มกราคม 2553].

[11] คณะวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 2556, “รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 โครงการพัฒนาและติดตั้งระบบไฟส่องสว่างถนนแบบประหยัดพลังงานโดยใช้หลอด LED โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์พร้อมระบบติดตามการทำงานแบบไร้สายที่เกาะเต่า,” กองพัฒนาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.