

การวิเคราะห์สมรรถนะของหลอดแอลอีดีแบบต่างๆ ที่ใช้กับโคมไฟถนน
ด้วยการใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์
A Competency Analysis of LED Bulb Types for a Street Lamp
With the Energy Fed from a Photovoltaic System

พีรวัฒน์ อาทิตย์ตั้ง¹ อองอาจ ทับบุรี^{2*} กันยารัตน์ เอกเอี่ยม^{2*} นรงค์ฤทธิ์ เสนาจิตร³ และสุวิทย์ ฤყณาย¹

¹ กลุ่มสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
1 หมู่ 20 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 13180
² นักวิจัยอิสระ

³ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร 140 ถ.เชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530
*ผู้ติดต่อ: E-mail: {tubburee.o, ekiam.kt}@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 08-6618-0069, 08-3909-6155

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์สมรรถนะของหลอดแอลอีดี (LED) แบบต่างๆ อันได้แก่ หลอดแอลอีดีแบบ LED Lloris 2490 lm แบบ Endo LED TUBE series และแบบ TUBE T8 1800 lm ที่ใช้ให้แสงสว่างบนท้องถนน โดยการนำหลอดแอลอีดีทั้งสามแบบไปติดตั้งบนเสาเหล็กสูง 4 เมตรและทำการวัดค่าความส่องสว่างที่ส่องลงมายังพื้นที่ด้านล่างที่ได้กำหนดไว้ ทั้งนี้ก็เพื่อนำไปหาความสัมพันธ์กับกำลังไฟฟ้าในแต่ละหลอดที่ต้องการสำหรับหาสมรรถนะของแต่ละหลอดต่อไป มากไปกว่านั้นระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าจะใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ด้วยวิธีการที่นำเสนอนี้วิธีการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์และระบบเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าได้อธิบายไว้อย่างละเอียด จากผลการทดสอบจริงบริเวณกลางแจ้งแสดงให้เห็นว่าหลอดแอลอีดีแบบ Endo LED TUBE series มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นไฟถนนมากที่สุด เนื่องจากให้ปริมาณความส่องสว่างค่อนข้างมากในขณะที่มีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าต่ำที่สุด

คำหลัก: หลอดแอลอีดี โคมไฟถนน เซลล์แสงอาทิตย์ ความส่องสว่าง

Abstract

This paper presents a competency analysis of the LED bulb types that illuminate for the streets, three typical LED bulbs, LED Lloris 2490 lm, Endo LED TUBE series and TUBE T8 1800 lm, are selected. For the test, the three typical LED bulbs are installed on the steel columns with a height of 4 meters. Then, the luminosity of the each LED bulb is measured within a defined area, which is under the luminaire. With this methodology, the competency of the each LED bulb is presented, which is derived from the relationship between the power and the luminosity of the each LED bulb. Furthermore, renewable energy has been used as electrical power sources in order to save the energy, using the photovoltaic cell is an energy source and the battery is an energy storage device. For this proposal, the design of photovoltaic system and energy storage system is examined carefully. Experimental result can confirm that the Endo LED TUBE series is ideal for use with a tube we design the most because it offers much light while consuming less energy than other bulbs.

Keywords: LED blubs, street lamp, photovoltaic, luminosity.

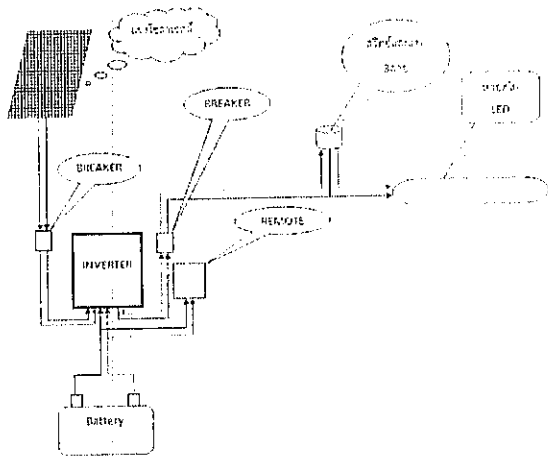
1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าจัดเป็นพลังงานที่มีความสำคัญสำหรับการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการสื่อสาร การคมนาคม เศรษฐกิจ ภาคอุตสาหกรรม รวมถึงภาคครัวเรือน เป็นต้น แต่เนื่องด้วยสภาวะการขยายตัว

ของประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจยังคงดำเนินอยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้ประเทศไทยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณการใช้ไฟฟ้าปีละไม่ต่ำกว่า 1,000 เมกะวัตต์[1] เพื่อการสำรองพลังงานให้เพียงพอหน่วยงานที่รับผิดชอบจึงจำเป็นต้องจัดหาเชื้อเพลิงต่างๆ มาผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการของ

ผู้บริโภค แต่ผลเสียกลับกลายเป็นประเทศที่ต้องสูญเสียเงินตรา ในการซื้อพลังงานมาทดแทนส่วนที่ขาด แม้จะมีโครงการสร้าง โรงไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆ แต่ก็ประสบปัญหาในหลายๆ ด้านจึง ไม่สามารถเริ่มโครงการได้ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวการผลิต พลังงานไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) จึง ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบันเนื่องจากเป็นพลังงานที่ สะอาดและใช้ได้อย่างไม่มีวันหมด[2,3] อย่างไรก็ตามพลังงาน ไฟฟ้าที่เปลี่ยนรูปมาจากพลังงานดังกล่าวยังมีขนาดน้อยมาก เมื่อเทียบกับความต้องการใช้ ดังนั้นอีกแนวทางที่สำคัญที่จะ ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานก็คือลดการใช้พลังงาน อย่างสิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็น

เทคโนโลยีระบบส่องสว่างมีความก้าวหน้าเป็นอย่าง มากในปัจจุบัน โดยเฉพาะในเรื่องการประหยัดพลังงาน มีการ พัฒนาไดโอดเปล่งแสงมาใช้แทนหลอดไส้และหลอดเรืองแสง หรือที่รู้จักกันในชื่อหลอดแอลอีดี (LED) เนื่องจากหลอดชนิดนี้ ประหยัดพลังงานมากกว่าหลอดทั่วๆ ไป 15-75% [4,5] ตลอดจนมีอัตราการสูญเสียพลังงานในรูปแบบต่างๆ เช่น ความร้อน แสงและกำลังไฟฟ้าต่ำมาก และยังมีแสง อัลตราไวโอเล็ต (UV) ที่ได้เกินกว่าที่สายตาของมนุษย์จะ มองเห็นได้ออกมาด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวส่งผลให้ในหลาย ประเทศที่เห็นถึงศักยภาพของหลอดชนิดนี้นำไปใช้ทั้งใน ภาคอุตสาหกรรม ไฟให้แสงสว่างบนท้องถนน รวมถึงอาคาร บ้านเรือนด้วยเช่นกัน



รูปที่ 1 วงจรควบคุมการทำงานของหลอดแอลอีดี สำหรับโพลนที่น้ำเสนอ

บทความวิจัยนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์สมรรถนะของ หลอดแอลอีดีสามแบบได้แก่ หลอดแอลอีดีแบบ LED Lloris 2490 lm แบบ Endo LED TUBE series และแบบ TUBE T8 1800 lm ด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ที่ถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ดังแสดงวงจรการทำงานใน

รูปที่ 1 หลอดแอลอีดีจะถูกนำไปติดตั้งบนเสาเหล็กสูง 4 เมตร สำหรับใช้ให้แสงสว่างบนท้องถนน และทำการวัดค่าความ ส่องสว่างที่ส่องลงมายังพื้นที่ด้านล่างที่ได้กำหนดไว้เพื่อนำไป หาความสัมพันธ์กับกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริงของแต่ละหลอดสำหรับ หาสมรรถนะของหลอดแอลอีดีแต่ละหลอดต่อไป

2. การออกแบบระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า

สำหรับการออกแบบระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัย การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้านั้นจะต้อง คำนึงถึงองค์ประกอบหลายประการด้วยกัน อาทิเช่น การ ออกแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะต้องคำนึงถึงพลังงานไฟฟ้า ที่โหลด (Load) ต้องการใช้ใน ช่วงระยะเวลาหนึ่งให้มีความ เพียงพอ หรือแม้กระทั่งแบตเตอรี่ที่ใช้ในการเก็บสะสมพลังงาน ไฟฟ้าก็จะต้องคำนึงถึงความสามารถในการเก็บสะสมพลังงาน ไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการของโหลดในช่วงระยะเวลา หนึ่งด้วยเช่นกัน

เนื่องจากในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาประสิทธิภาพของ การใช้งานหลอดแอลอีดีสามแบบที่แตกต่างกันแต่อย่างไรก็ตาม หลอดทั้งสามแบบมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นการหาขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าของโหลดในงานวิจัยนี้จะใช้ ค่าเฉลี่ยของพิกัดกำลังไฟฟ้าของหลอดทั้งสามแบบซึ่งมีค่า เท่ากับ 20 วัตต์ ทั้งนี้ก็เพื่อการออกแบบที่มีความคุ้มค่าและไม่ สิ้นเปลืองจนเกินไปและสามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพทั้ง ทางด้านการใช้พลังงานและประโยชน์ในการใช้งานอีกด้วย

2.1 ระบบผลิตและแปลงผันพลังงาน

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากผลึกซิลิคอนชนิดโพลี คริสตัลไลน์ (Poly crystalline silicon solar cell) เป็นเซลล์ แสงอาทิตย์ที่สามารถหาอุปกรณ์ต่อพ่วงได้ง่าย มีราคาถูก และ ยังสามารถต่อเข้ากับอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ได้โดยตรง นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการสะท้อนของแสงอาทิตย์ ภายในเซลล์ลดลง ทำให้แสงตกกระทบลงบนพื้นชั้นอื่นได้มาก ขึ้น [6] และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดอะมอร์ฟิซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) พบว่ามีความบริสุทธิ์ของซิลิคอนสูงกว่า ดังนั้นการเลือกใช้แผง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าตามที่ ต้องการจะมีขนาดที่เล็กกว่าการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะ มอร์ฟิซิลิคอน ซึ่งส่งผลให้น้ำหนักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ลดลงตามไปด้วย

การหาขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้เปลี่ยน พลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้านั้น เนื่องจากในแต่ละ วันความเข้มแสงจะไม่สม่ำเสมอ โดยจะขึ้นอยู่กับสภาพ ภูมิอากาศของบริเวณที่ติดตั้งใช้งานจริง ซึ่งโดยปกติแล้วสำหรับการ ติดตั้งภายในประเทศไทยนั้น ใน 1 วัน แผงเซลล์ แสงอาทิตย์จะรับแสงได้ประมาณ 6 ชั่วโมง โดยมีระยะเวลาที่

ใช้งานโหลดซึ่งเป็นคอมไฟลนงน เริ่มทำงานตั้งแต่เวลา 18.00 น. ไปจนถึง 06.00 น. ในวันถัดไป รวมเป็นเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง ต่อวัน จากข้อมูลดังกล่าวใช้สมการ (1) เพื่อคำนวณหาขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จำเป็นต้องใช้ได้คือ 40 วัตต์

$$P_{solar} = \frac{P_{load} \times T_{load}}{T_{charger}}, \quad (1)$$

- เมื่อ P_{solar} คือ ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (W)
 P_{load} คือ กำลังไฟฟ้าของโหลด (W)
 T_{load} คือ เวลาในการใช้พลังงานของโหลด (h)
 $T_{charger}$ คือ เวลาในการประจุพลังงานเข้าแบตเตอรี่ (h)

การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายให้กับโหลดในงานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์แปลงผันพลังงานไฟฟ้าของบริษัทฮีโอสอนิกส์รุ่น APOLLO S-120A ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า 80% [7] ทำหน้าที่เป็นอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงผันพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับจ่ายให้โหลด มากไปกว่านั้นยังใช้ทำหน้าที่เป็นชาร์จเจอร์เพื่อประจุไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เข้ามาเก็บไว้ในแบตเตอรี่ที่ระดับแรงดัน 12 โวลต์ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้งานโหลดช่วงกลางวันซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ดังนั้นจึงใช้วิธีการเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงกลางวันไว้ในแบตเตอรี่ และนำพลังงานจากแบตเตอรี่ออกมาจ่ายให้โหลดในช่วงกลางคืนแทน

2.2. ระบบเก็บสะสมพลังงาน

แบตเตอรี่มีอยู่ด้วยกันหลายแบบหลายชนิด แต่แบตเตอรี่ที่นิยมนำมาใช้เก็บสะสมพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะเป็นแบตเตอรี่แบบดีฟไซเคิล (Deep cycle) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการคายประจุสูงกว่าแบตเตอรี่ทั่วไป [6] และวัสดุที่ใช้ในการเก็บประจุของแบตเตอรี่ยังมีความทนทานในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เป็นระยะเวลานานๆ อีกด้วย

จากข้อมูลในข้อ 2.1 พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ที่เลือกใช้มีขนาด 40W 12V 2.38A ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาการประจุพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ในระยะเวลา 1 วัน ได้ดังสมการ (2)

$$Q_{batt} = \frac{P_{solar} \times T_{charger}}{V_{batt}}, \quad (2)$$

- เมื่อ Q_{batt} คือ ความจุของแบตเตอรี่ (Ah)
 V_{batt} คือ แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (V)
 ผลลัพธ์ที่ได้จากสมการ (2) ซึ่งเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ถูกเก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่ภายใน 1 วัน ผลลัพธ์ดังกล่าว

สามารถนำมาคำนวณหาระยะเวลาในการใช้งานโหลดได้โดยใช้สมการ (3)

$$T_{load} = \frac{Q_{batt} \times V_{batt} \times \%DOD \times E_{inverter}}{P_{load}}, \quad (3)$$

- เมื่อ $\%DOD$ คือ ระดับความลึกของการคายประจุ
 $E_{inverter}$ คือ ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์

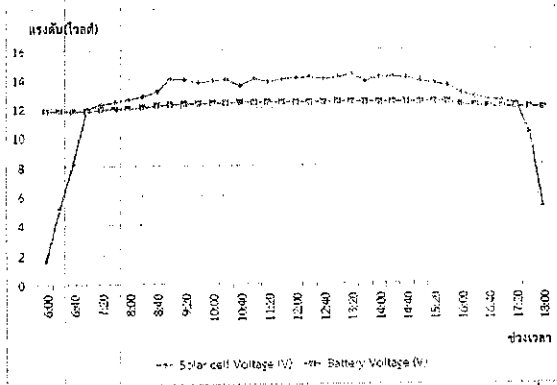
จากเหตุผลดังกล่าว แบตเตอรี่แบบดีฟไซเคิลของบริษัทโกลแบต (GLOBATT) รุ่น INVA 80 Ah ระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์จึงถูกเลือกใช้งานวิจัยนี้ด้วยข้อโดดเด่นหลายประการ [6] อาทิเช่น มีอุปกรณ์วัดพลังงานภายในแบตเตอรี่ที่ติดตั้งอยู่ด้านบน มีความทนทานในการจ่ายพลังงานได้ในระยะเวลานานๆ ถูกออกแบบให้สามารถดึงพลังงานที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ออกมาใช้ได้ถึง 80% ของความจุของแบตเตอรี่ มีรอบการประจุพลังงานเข้าแบตเตอรี่มากกว่า 1200 รอบ และสามารถประจุไฟกลับได้ง่ายด้วยกระแสไฟฟ้าต่ำๆ ยิ่งไปกว่านั้นด้วยระบบการซีลฝาปิด 3 ชั้น จึงสามารถป้องกันการรั่วไหลและลดการสูญเสียน้ำกรดจากแบตเตอรี่ได้ 100 % อีกทั้งวาล์วควบคุมยังถูกออกแบบเพื่อป้องกันการระเบิดจากการไหลกลับของไฮโดรเจนที่เกิดจากน้ำกรดขณะใช้งาน และแผ่นธาตุผลิตจากตะกั่วบริสุทธิ์ 99.99% ทำให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า (CCA) ได้สูงกว่าแบตเตอรี่ทั่วๆ ไปถึง 60 เปอร์เซ็นต์

3. การทดสอบประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

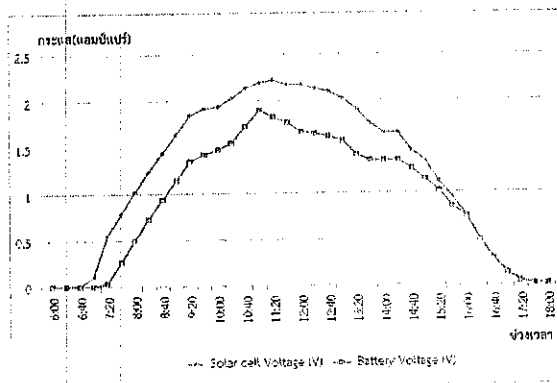
การประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อดวงอาทิตย์มีการเคลื่อนย้ายตำแหน่งในแต่ละช่วงเวลาในงานวิจัยนี้จะใช้โหลดไฟขนาด 18 วัตต์ จำนวน 1 โหลด ทำหน้าที่เป็นโหลด และใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power meter) จำนวน 2 เครื่องเพื่อวัดค่าแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์และที่แบตเตอรี่ โดยทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 10 นาที ตั้งแต่เวลา 6.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น. ของวันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2557 ดังแสดงในรูปที่ 2 - 4 ตามลำดับ

จากรูปที่ 2 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าในเวลา 6.00 น. เป็นช่วงเวลาที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.57V สาเหตุเพราะมีแสงแดดน้อยเนื่องจากเป็นช่วงเวลาเช้า จากนั้นในช่วงเวลา 06.00 - 07.00 น. แรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากดวงอาทิตย์กำลังขึ้นส่งผลให้ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และหลังจากนั้นจะพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าเกือบจะคงที่ โดยมีค่าสูงสุดของแรงดันเท่ากับ 14.25 โวลต์ที่เวลา 13.20 น. สาเหตุก็เพราะปริมาณแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่ามากเพียงพอ และแรงดันที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากเวลา 17.00 น. เนื่องจากดวงอาทิตย์กำลังตกลงส่งผลให้

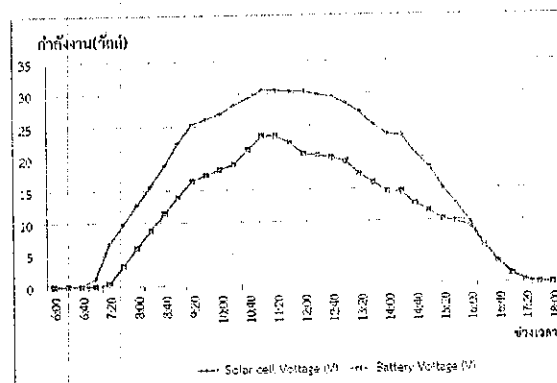
ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ชัดเจนว่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมแบตเตอรี่มีค่าค่อนข้างคงที่โดยมีแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 12.16V สาเหตุเพราะว่าการรักษาระดับแรงดันให้เหมาะสมกับแบตเตอรี่ของชุดควบคุมการประจุพลังงานไฟฟ้านั้นเอง



รูปที่ 2 แรงดันที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่



รูปที่ 3 กระแสที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่



รูปที่ 4 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่

จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 6.00 น. และ 18.00 น. เป็นช่วงเวลาที่กระแสไฟฟ้าจะมีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่แสงอาทิตย์น้อย หลังจากนั้นกระแสจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามช่วงเวลาที่แสงอาทิตย์จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.224 แอมป์ ที่เวลา 11.20 น. จากนั้นกระแสจะค่อยๆ ลดลงเนื่องจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนไปทำให้มุมตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์ที่กระทบบนแผงเซลล์เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน ในทำนองเดียวกันกระแสจากชุดควบคุมการประจุพลังงานไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นและลดลงตามช่วงเวลาเหมือนกับกระแสที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 1.893 แอมป์ ที่เวลา 11.00 น.

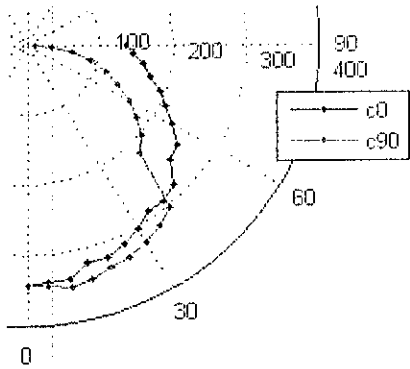
จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าลักษณะเส้นกราฟของกำลังไฟฟ้าที่ได้จะมีความสอดคล้องกับลักษณะเส้นกราฟของกระแสที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3 กล่าวคือ ในช่วงเวลา 6.00 น. และ 18.00 น. ยังไม่มีกำลังไฟฟ้าส่งออกมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อันเนื่องมาจากเป็นช่วงเวลาที่แสงอาทิตย์น้อยเกินไป จากนั้นกำลังไฟฟ้าจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามช่วงเวลาที่แสงอาทิตย์จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 30.5 วัตต์ ที่เวลา 11.20 น. หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดลงเป็นผลมาจากปริมาณกระแสที่ลดลง สำหรับกำลังไฟฟ้าจากชุดควบคุมการประจุพลังงานไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นและลดลงตามช่วงเวลาเหมือนกับกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 23.50 วัตต์ ที่เวลา 11.20 น.

4. การทดสอบประสิทธิภาพการกระจายความเข้มการส่องสว่าง

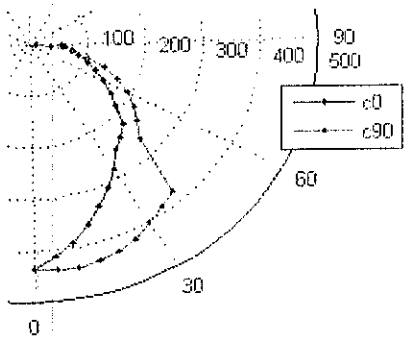
การทดสอบการกระจายความเข้มการส่องสว่างนั้นจะใช้การวัดค่าความสว่างของหลอดแอลอีดีทั้งสามแบบได้แก่ หลอด LED T8 1800 lm หลอด Endo LED TUBE series 2180 lm และหลอด LED Lloris 2490 lm โดยการนำหลอดแต่ละหลอดมาติดตั้งในห้องมืดที่มีระยะความสูงของหลอดไฟจนถึงพื้นสูง 3 เมตร แล้วนำค่าความสว่างที่วัดได้มาคำนวณหาความเข้มการส่องสว่างจากกฎของผืนกำลังสองและกฎโคไซน์ จากนั้นจะนำค่าความเข้มที่คำนวณได้มาพล็อตกราฟเชิงขั้ว (Polar curve) ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าความเข้มการส่องสว่างของแต่ละระนาบการวางหลอด (C-plane) ที่มีมุม γ ตั้งแต่ 0 องศาจนถึง 90 องศา ดังแสดงในรูปที่ 5 - 7 ตามลำดับ

จากรูปที่ 5 - 7 แสดงให้เห็นว่าหลอดแอลอีดีทั้งสามแบบเมื่อถูกติดตั้งในแนวตั้ง (0°) จะทำให้ความเข้มแสงกระจายออกด้านข้างเป็นส่วนใหญ่ และกระจายออกไปเป็นระยะค่อนข้างไกลจากจุดติดตั้ง แต่หากติดตั้งหลอดแนวระนาบ (90°) จะทำให้ความเข้มแสงกระจายลงมาทางด้านล่างเป็นส่วนใหญ่ นั้นหมายความว่ามีความเหมาะสมสำหรับการติดตั้งหลอดไว้ด้านบนเพื่อให้แสงจากหลอดไฟส่องลงมายังพื้นที่

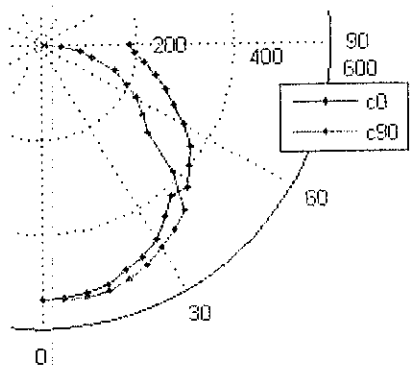
ด้านล่าง ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่ต้องการให้แสงจากหลอดไฟส่วนใหญ่ส่องลงมายังพื้นถนน



รูปที่ 5 กราฟเชิงขั้วที่ได้จากการทดสอบหลอดแอลอีดี
TUBE T8 1800 lm



รูปที่ 6 กราฟเชิงขั้วที่ได้จากการทดสอบหลอดแอลอีดี
Endo LED TUBE series 2180 lm



รูปที่ 7 กราฟเชิงขั้วที่ได้จากการทดสอบหลอดแอลอีดี
LED Lloris 2490 lm

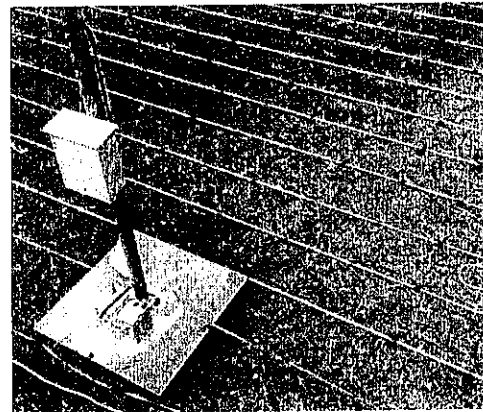
5. ผลการทดสอบความส่องสว่างกลางแจ้ง

การวิเคราะห์สมรรถนะของหลอดแอลอีดีแบบต่างๆในงานวิจัยนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานเกณฑ์สมรรถนะการส่องสว่างไฟ

ถนนที่ได้มาตรฐาน ดังนั้นการออกแบบไฟถนนในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งหลอดแอลอีดีแต่ละแบบบนเสาเหล็ก กัลวาไนซ์ความสูง 4 เมตร และกำหนดพื้นที่ด้านล่างดวงโคม ขนาด 7×10.5 เมตร จากนั้นทำการแบ่งพื้นที่ดังกล่าวออกเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมย่อยขนาด 0.5×0.5 เมตร ทำให้ได้พื้นที่สี่เหลี่ยมย่อยทั้งหมด 294 ช่องซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า "จุด" ดังแสดงในรูปที่ 8 ทั้งนี้ก็เพื่อใช้เป็นจุดสำหรับการวัดค่าความส่องสว่างเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานความส่องสว่างสำหรับไฟถนนตามตารางที่ 1 โดยในที่นี้คณะผู้วิจัยเลือกใช้ค่าความส่องสว่างเท่ากับ 9.70 ลักซ์ ซึ่งเป็นมาตรฐานความส่องสว่างสำหรับถนนสายหลักในเขตชนบทของกรมทางหลวง

ตารางที่ 1 มาตรฐานความส่องสว่างของกรมทางหลวง

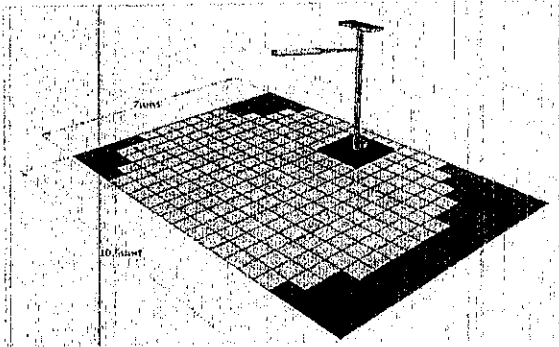
ประเภทถนน	ความส่องสว่างเฉลี่ย (ลักซ์)		
	ในเมือง	ชานเมือง	ชนบท
ถนนสายประธาน	21.50	15.00	10.75
ถนนสายหลัก	21.50	13.00	9.70
ถนนสายรอง	13.00	9.70	6.50
ถนนสายย่อย	9.70	6.50	2.10
ทางแยก	21.50	21.50	15.00



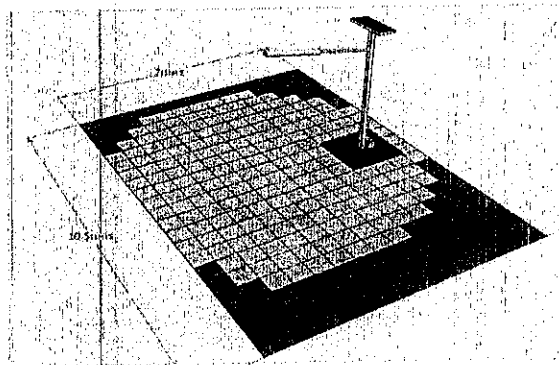
รูปที่ 8 การแบ่งพื้นที่สำหรับการวัดค่าความส่องสว่างจริง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานความส่องสว่างสำหรับไฟถนน

ผลการทดสอบค่าความส่องสว่างกลางแจ้งในแต่ละจุดของหลอดแอลอีดีแบบต่างๆดังแสดงในรูปที่ 9 กำหนดให้พื้นที่สี่เหลี่ยมเป็นพื้นที่ที่มีค่าความส่องสว่างผ่านเกณฑ์ ในทางตรงกันข้ามกำหนดให้พื้นที่สีแดงเป็นพื้นที่ที่มีค่าความส่องสว่างไม่ผ่านเกณฑ์ตามลำดับ โดยจากผลการทดสอบจะเห็นว่าหลอดที่ให้ค่าความส่องสว่างจมนมีพื้นที่ผ่านเกณฑ์มากที่สุดคือหลอดแอลอีดีแบบ LED Lloris 2490 lm (ผ่านเกณฑ์ 230 จุด) ดังแสดงใน

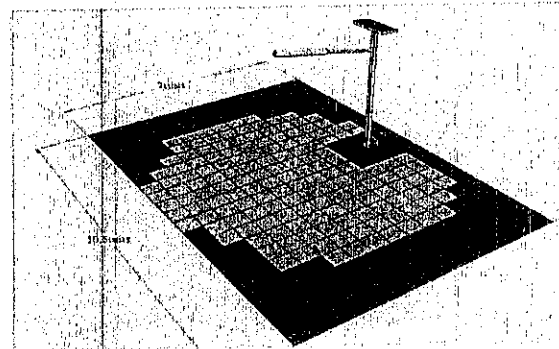
รูปที่ 9(ก) รองลงมาคือหลอดแอลอีดีแบบ Endo LED TUBE series 2180 lm (ผ่านเกณฑ์ 205 จุด) ดังแสดงในรูปที่ 9(ข) และหลอดที่ให้ความส่องสว่างจางมีพื้นที่ผ่านเกณฑ์น้อยที่สุดคือ หลอดแอลอีดีแบบ TUBE T8 1800 lm (ผ่านเกณฑ์ 163 จุด) ดังแสดงในรูปที่ 9(ค)



(ก)

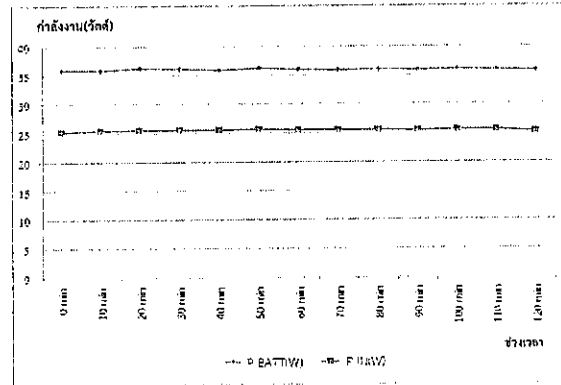


(ข)

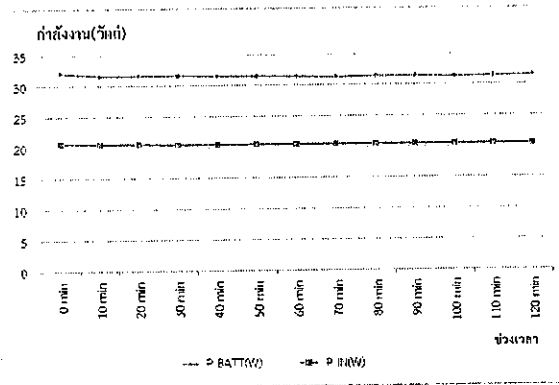


(ค)

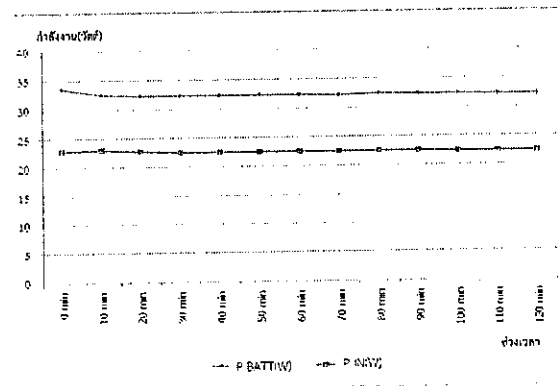
รูปที่ 9 ผลการวัดค่าความส่องสว่างกลางแจ้งในแต่ละจุดของ หลอดแอลอีดีแบบต่างๆบนพื้นที่ขนาด 7×10.5 เมตร (ก) LED Lloris 2490 lm (ข) Endo LED TUBE series 2180 lm และ (ค) TUBE T8 1800 lm



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 10 ผลการวัดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอดแอลอีดีแบบ ต่างๆในสภาวะจริง (ก) LED Lloris 2490 lm (ข) Endo LED TUBE series 2180 lm และ (ค) TUBE T8 1800 lm

รูปที่ 10 แสดงผลการวัดกำลังไฟฟ้าด้วยการใช้เครื่อง กำลังไฟฟ้าจำนวน 2 เครื่อง วัดกำลังไฟฟ้าที่ออกจากแบตเตอรี่ และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่หลอดแอลอีดีแบบต่างๆในสภาวะ การใช้งานจริง โดยทำการวัดและบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าทุกๆ 10

นาที่ ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งจากผลการวัดและบันทึกจะเห็นว่าหลอดที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือหลอดแอลอีดีแบบ LED Lloris 2490 lm (ต้องการเฉลี่ย 25.5 วัตต์) ดังแสดงในรูปที่ 10(ก) รองลงมาคือหลอดแอลอีดีแบบ TUBE T8 1800 lm (ต้องการเฉลี่ย 22.6 วัตต์) ดังแสดงในรูปที่ 10(ค) และหลอดที่ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยที่สุดคือหลอดแอลอีดีแบบ Endo LED TUBE series 2180 lm (ต้องการเฉลี่ย 20.4 วัตต์) ดังแสดงในรูปที่ 10(ข) แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าหลอดแอลอีดีทั้งสามแบบใช้กำลังไฟฟ้าสูงกว่าที่ระบุไว้ที่ตัวหลอดทั้งนี้เป็ผลเนื่องมาจากการใช้กำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์ที่ติดตั้งมากับหลอดตลอดจนกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอด

ตารางที่ 2: สมรรถนะการให้แสงสว่างเปรียบเทียบกับกำลังไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีทั้งสามแบบ

หลอด	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)		จำนวนจุดที่ผ่านเกณฑ์	สมรรถนะ (วัตต์/จุด)
	ระบุ	จริง		
LED Lloris 2490 lm	23.9	25.5	230 จุด	0.111
Endo LED TUBE series 2180 lm	19.3	20.4	205 จุด	0.099
TUBE T8 1800 lm	18.0	22.6	163 จุด	0.139

สมรรถนะของหลอดแอลอีดีทั้งสามแบบที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลอดแอลอีดีแบบ Endo LED TUBE series 2180 lm มีสมรรถนะดีที่สุดเนื่องจากใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.099 วัตต์/จุด รองลงมาคือหลอดแอลอีดีแบบ LED Lloris 2490 lm ที่ใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.111 วัตต์/จุด และสุดท้ายคือหลอดแอลอีดีแบบ TUBE T8 1800 lm ซึ่งมีสมรรถนะต่ำสุดเพราะต้องการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงถึง 0.139 วัตต์/จุด ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้หลอดแอลอีดีแบบ Endo LED TUBE series 2180 lm มีความเหมาะสมที่จะถูกนำมาใช้สำหรับให้แสงไฟบนถนนเนื่องจากให้ปริมาณความส่องสว่างค่อนข้างมากและยังใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อจุดต่ำสุด ซึ่งเป็นข้อดีของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มาจากเซลล์แสงอาทิตย์เพราะพลังงานไฟฟ้าที่ได้ในแต่ละวันนั้นมีอยู่อย่างจำกัด

6. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์สมรรถนะของหลอดแอลอีดีแบบ LED Lloris 2490 lm แบบ Endo LED TUBE series และแบบ TUBE T8 1800 lm ที่ถูกนำมาติดตั้งบนเสา

เหล็กสูง 4 เมตรสำหรับใช้ให้แสงสว่างบนท้องถนน โดยการให้พลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่สำหรับใช้ในเวลากลางคืน ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าหลอดแอลอีดีแบบ Endo LED TUBE series 2180 lm มีความเหมาะสมที่จะถูกนำมาใช้สำหรับให้แสงไฟบนท้องถนนเนื่องจากให้ปริมาณความส่องสว่างค่อนข้างมากและยังใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อจุดต่ำสุด ในขณะที่หลอดแอลอีดีแบบ LED Lloris 2490 lm ถึงแม้จะให้ปริมาณความส่องสว่างมากที่สุดแต่ก็ใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อจุดสูงสุดเช่นกัน และสุดท้ายคือหลอดแอลอีดีแบบ TUBE T8 1800 lm ซึ่งเป็นหลอดที่ให้ปริมาณความส่องสว่างน้อยที่สุดในขณะที่ต้องการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อจุดค่อนข้างมาก

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Energy Policy and Planning (2015), Energy statistics of Thailand 2015. *Annual Report of Ministry of Energy*, pp.141-184.
- [2] Y. Wu, V. K. N. Lau, D. H. K. Tsang, L. P. Qian and L. Meng (2013). Optimal energy scheduling for residential smart grid with centralized renewable energy source. *IEEE SYSTEMS JOURNAL*, January 2013, pp. 1-15.
- [3] X. Liu (2010). Economic load dispatch constrained by wind power availability: A wait-and-see approach. *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 1, no. 3, December 2010, pp. 347-355.
- [4] N. Chen and H. S. H. Chung (2011). A driving technology for retrofit LED lamp for fluorescent lighting fixtures with electronic ballasts. *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 26, no. 2, February 2011, pp. 588-601.
- [5] M. A. Myer, M. L. Paget and R. D. Lingard (2009). Performance of T12 and T8 fluorescent lamps and troffers and LED linear replacement lamps. *Caliper Benchmark Rep. PNNL-18076*, January 2009.
- [6] พุทธพร เสวตกุลานนท์ และ จักราวุฒิ เดชวิเศษ (2550). *โคมไฟถนนอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์*, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, สิงหาคม 2550.
- [7] บริษัท ลีโอ อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด (มหาชน) (2550). *ชุดควบคุมการชาร์จ LEONICS APOLLO*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.epcinter.co.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 05/04/2556.