

การทดสอบสมรรถนะการส่องสว่างโคมไฟฟ้แอลอีดีและ แผงโซลาร์เซลล์สำหรับไฟถนน

Tests of The Luminous Performance of LED Lamps and Solar Panels for Street Lighting

พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ¹ ปฏิภาณ เกิดลาภ¹ ธนากร น้ำหอมจันทร์¹ เยาวภา ปฐมศิริกุล² และเรียม ไสแจ่ม²

Pongsawat Kotchapoom¹ Patiphan Kerdlap¹ Thanakorn Namhormchan¹

Yaowapa Pathomsirikul² and Ream Saijam²

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Engineering, Eastern Asia University

²คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

²School of Business, Eastern Asia University

Received: March 31, 2021

Revised: May 12, 2021

Accepted: May 17, 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและการสร้างแบบจำลองความสว่างเสมือนจริงของไฟถนนโดยพิจารณาการเปรียบเทียบความสว่าง และความส่องสว่างของหลอดแอลอีดี กรณีศึกษาพื้นที่ถนนภายในมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย อดีตติดตั้งไฟถนนหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์และปัจจุบันเปลี่ยนเป็นไฟถนนหลอดไดโอดเปล่งแสงหรือโคมไฟแอลอีดีขนาด 20 50 และ 100 วัตต์ โดยทำการวัดค่าความส่องสว่างจากหลอดแอลอีดีทั้งสามแบบและจำลองความส่องสว่างของหลอดแอลอีดี โดยโปรแกรม DIALux เพื่อนำมาใช้ในการประเมินความสว่างและความส่องสว่างของไฟถนนภายในมหาวิทยาลัยการจำลองความสว่างของถนนทางเข้ามหาวิทยาลัยแบบติดตั้งฝั่งเดียวกันของถนนไม่มีเกาะกลางโคมไฟเดี่ยวและกิ่งคู่ และถนนทางโค้งแบบไม่มีเกาะกลางโคมไฟกิ่งเดียว จากผลการทดลองติดตั้งถนนทางเข้ามหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย โคมไฟถนนแอลอีดีขนาด 100 วัตต์ มีค่าความสว่าง ความส่องสว่าง และความสม่ำเสมอของไฟถนนดีกว่าโคมไฟถนนแอลอีดีแบบขนาด 50 และ 20 วัตต์

คำสำคัญ: ทดสอบสมรรถนะการส่องสว่าง โคมไฟถนนแอลอีดี ความส่องสว่าง

Abstract

The objective of this research aimed to develop and build a virtual illuminance model of streetlights, which considered the difference of luminance and illuminance between fluorescent 36 W and Light Emitting Diodes-LED streetlights. The location of the study was the main street in Eastern Asia University,

where illuminance were insufficient in some areas. Therefore, LED Streetlights with 20 W, 50 W and 100 W were chosen to replace high-intensity fluorescent 36-watt lights to save energy. As a result, LED Streetlights with 100 W were used to improve streetlights' performance. A street lighting model was designed in the DIALux program to improve the light performance indices, including illuminance, luminance, and compliance to Thai highway light standards. There were types of street including Direct road with a traffic island. For experimental results, LED streetlights with 100 W gave a better overall light performance than LED Streetlights with 50 W and 20 W on the street of Eastern Asia University.

Keywords: luminous efficiency test, LED streetlight, illuminance



บทนำ

การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการลดใช้พลังงานเป็นสิ่งที่ทุกภาคส่วนให้ความสำคัญ ปัจจุบันเทคโนโลยีเกี่ยวกับระบบการส่องสว่างมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ทำให้สภาพอาคารหรือพื้นที่ต่าง ๆ ไม่สามารถตอบสนองความต้องการต่อการใช้งานในอาคารและนอกอาคาร ผู้วิจัยสนใจปัญหาด้านแสงสว่างภายนอกอาคาร การออกแบบและติดตั้งระบบส่องสว่างเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับการใช้งานจริง เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายและช่วยในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการประหยัดพลังงานสูงสุด ผู้วิจัยได้ศึกษาและออกแบบการส่องสว่างโดยใช้โปรแกรม DIALux เพื่อการจำลองแสงสว่างหลอดไฟรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการติดตั้งจริง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกหลอดแอลอีดีมาประยุกต์ใช้ในชุดโคมไฟถนนหลอดแอลอีดีพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการออกแบบจะเน้นในการประหยัดพลังงานและใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถปิด-เปิด ชุดโคมไฟถนนหลอดแอลอีดีแบบอัตโนมัติ โดยการกำหนดเวลาและความสว่างจากภายนอกมาร่วมกันในการทำงานของชุดโคมหลอดแอลอีดี (Cheng & Cheng, 2006) ดังนั้นข้อพิจารณาในการออกแบบติดตั้งจะต้องพิจารณาตามเงื่อนไขของความสว่าง ราคา การประหยัดพลังงาน และความสวยงาม เป็นต้น ในประเทศไทยหลอดแอลอีดีถือเป็นหลอดไฟชนิดหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจจากทั้งภาครัฐและ

เอกชนดังจะเห็นได้จากแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573) ของกระทรวงพลังงานและนโยบายพลังงานของรัฐบาลปัจจุบันตามคำแถลงนโยบายของคณะรัฐมนตรีต่อรัฐสภา (23 สิงหาคม 2554) (Ministry of Energy, 2011a; Ministry of Energy, 2011b) โดยข้อดีของหลอดแอลอีดีคือกินกำลังไฟฟ้าต่ำและให้ความสว่างสูง อายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า 50,000 ชั่วโมง ความร้อนต่ำขณะใช้งานอีกทั้งยังไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่มีการแผ่รังสี หลอดแอลอีดีจะเปล่งแสงออกมาเมื่อเกิดการนำกระแสและเมื่อนำมาต่อรวมกันจำนวนหลาย ๆ หลอดแล้วจะทำให้ความสว่างเพิ่มมากขึ้น (Ponpai, Pongchai Seupsan & Prommee, 2017; Boonrat & Kerdlap, 2010; Boonrat, Uyaisom & Kerdlap, 2014)

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อทดสอบสมรรถนะโคมไฟฟ้าหลอดแอลอีดีพร้อมแผงโซลาร์เซลล์ให้เหมาะสมกับการติดตั้งไฟถนน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะของโคมไฟแอลอีดี โดยทำการทดสอบสมรรถนะความส่องสว่าง และการติดตั้งโคมไฟในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งการติดตั้งโคมไฟกับเสา และการติดตั้งโคมไฟแบบมีแขนยื่น และการติดตั้งโคมไฟคู่แบบมีแขนยื่น โดยการจำลองด้วยโปรแกรม DIALux เพื่อดูค่าความสว่างเฉลี่ยตามค่ามาตรฐานความสว่างไฟถนน

ของกรมทางหลวง และดูกราฟการกระจายแสงของโคมไฟแอลอีดี การวิจัยนี้ได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานตามลำดับที่สำคัญต่อไปนี้

1. การศึกษาข้อมูลและทฤษฎีต่าง ๆ
2. การออกแบบการทำงานของชุดควบคุมระบบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
3. การออกแบบและจำลองการทำงานวงจรแปลงผัน และจัดสร้างระบบ
4. การตรวจสอบระบบการทำงานทั้งหมด และปรับปรุงแก้ไข
5. จัดเก็บข้อมูล และสรุปผลที่ได้

แนวคิดทฤษฎี

ในการออกแบบระบบแสงสว่างให้เหมาะสมกับพื้นที่การใช้งาน ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของการออกแบบระบบแสงสว่าง กล่าวคือ ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณทางด้านแสงสว่างข้างต้น เป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในการเลือกใช้ดวงโคมไฟฟ้า การหาจำนวนดวงโคมไฟฟ้าวรวมไปถึงการหาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของดวงโคมไฟฟ้า

ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม

ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม (photometric luminaire data) หรือข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง เป็นข้อมูลที่ผู้ออกแบบไฟฟ้าแสงสว่าง และผู้เลือกใช้ดวงโคมจะต้องให้ความสำคัญ เพราะเป็นข้อมูลที่จะบอกให้ทราบว่าดวงโคมที่เลือกใช้มีการกระจายแสงอย่างไร เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่นั้น ๆ ได้โดยการคำนวณด้วยกฎกำลังสองผกผันร่วมกับกฎโคไซน์ และเป็นข้อมูลที่จะนำไปใช้คำนวณหาข้อมูลตัวอื่น ๆ ได้อีกหลายตัว เช่น สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง ความส่องสว่างเฉลี่ยในระนาบหลักที่มุมต่าง ๆ ที่วัดจากแนวตั้ง (Rueangpattanawiwat & Kanthapayao, 2013)

การนำเสนอข้อมูลการกระจายแสง

การนำเสนอข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมโดยทั่วไปจะแสดงได้หลายแบบ เช่น

- ตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง (luminous intensity table)
- เส้นโค้งโพลาร์ (Polar Curves)
- โซนอลฟลักซ์ (Zonal Flux)
- เส้นโค้งความเข้มแสงเท่า (isocandela curves)

การนำเสนอข้อมูลการกระจายของดวงโคม แต่ละแบบนี้จะมีข้อดีข้อเสีย และการนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของดวงโคมว่าเป็นดวงโคมใช้งานภายในอาคาร โคมไฟส่อง โคมไฟถนน ฯลฯ ถ้าใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ การนำเสนอข้อมูลในรูปของตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างจะเหมาะสมที่สุด แต่การนำเสนอในรูปแบบของเส้นโค้งโพลาร์ หรือเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า จะแสดงให้เห็นลักษณะของการกระจายแสงของดวงโคมได้ง่ายกว่า

1. ตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างดังแสดงในตาราง 1

การนำเสนอข้อมูลแบบนี้ เป็นการนำเสนอในรูปตารางตัวเลขเหมาะกับการนำไปใช้ในการคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์ มีความละเอียดสูง แต่มีข้อเสีย คือ ดูลักษณะการกระจายแสงยาก เนื่องจากดูความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของค่าความเข้มส่องสว่างที่มุมต่าง ๆ ยาก

2. เส้นโค้งโพลาร์

การนำเสนอข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของเส้นโค้งโพลาร์ แสดงขนาดของมุม ที่วัดจากแนวตั้งลงจนถึงแนวตั้งขึ้น (0 องศาถึง 180 องศา) และให้ความยาวของรัศมี (หรือขนาดของวงกลม) แทนค่าความส่องสว่างที่มีหน่วยเป็นแคนเดลา ดังแสดงในภาพ 1

3. โซนอลฟลักซ์

การนำเสนอข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของโซนอลฟลักซ์ เป็นการบอกลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของปริมาณฟลักซ์ส่องสว่าง มีหน่วยเป็นลูเมน ซึ่งเป็นค่าผลรวมเฉลี่ยของฟลักซ์ในแต่ละโซน ดังแสดงในภาพ 2

4. เส้นโค้งความเข้มแสงเท่า

การนำเสนอข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคม ในรูปของเส้นโค้งความเข้มแสงเท่าจะเริ่มต้นด้วยการจินตนาการว่ามีทรงกลมจินตภาพรูปหนึ่งล้อมรอบดวงโคมไว้ โดยดวงโคมจะอยู่ที่จุดศูนย์กลางของ

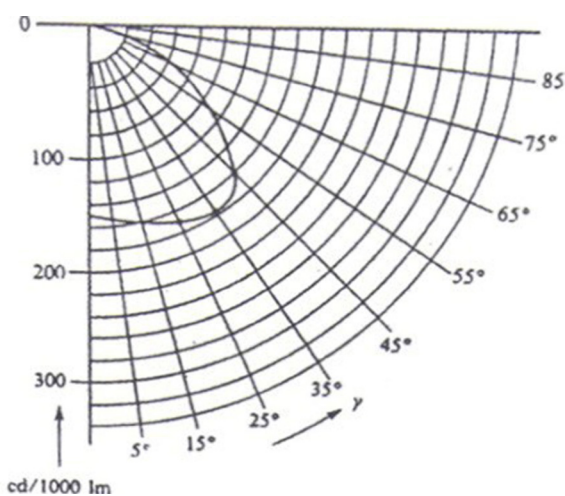
ทรงกลมจินตภาพ จากนั้นจะลากเส้นไปบนผิวของทรงกลมจินตภาพนี้ ตามแนวที่มีค่าความเข้มส่องสว่างเท่ากัน เช่นเดียวกับการทำแผนที่แสดงชั้นความสูงที่เท่ากันของพื้นผิวโลก การกำหนดที่จุดตำแหน่งใด ๆ บนผิวทรงกลมจะขึ้นอยู่กับระบบของโกนิโอเมตรที่ใช้วัดข้อมูล

ข้อมูลการกระจายแสงหรือการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคม จัดเป็นข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการวัดในห้องปฏิบัติการทางแสงโดยตรง เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างมาก เพราะเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับคำนวณหาข้อมูลที่จะบอกสมรรถนะตัวอื่น ๆ ของดวงโคม เช่น ประสิทธิภาพสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง ความกว้างของลำแสง การจัดประเภทของดวงโคม ดังแสดงในภาพ 3

ตาราง 1

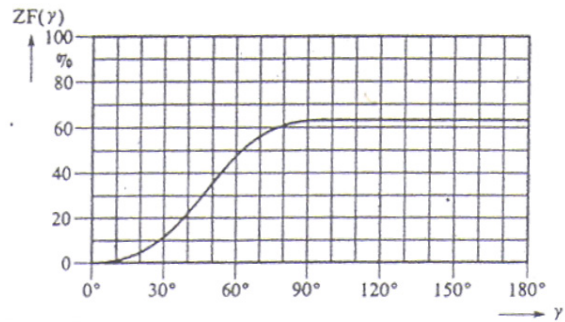
แสงสว่างสำหรับไฟถนน

ประเภทถนน	ความส่องสว่างเฉลี่ยวัดในแนวระดับต่ำสุด (lux)		
	ในเมือง	ชานเมือง	ชนบท
1. สายประธาน	21.5	15.0	10.7
2. สายหลัก	21.5	13.0	9.7
3. สายรอง	13.0	9.7	6.5
4. สายย่อย	9.7	6.5	2.1
5. ทางแยก	21.5	21.5	15.0



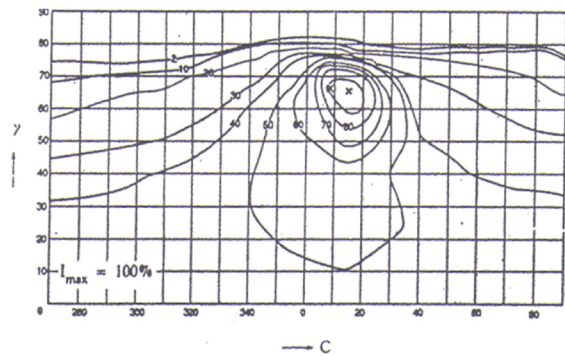
ภาพ 1 เส้นโค้งโพลาร์

Note. From *Lighting System Design*, by P. Pittayapat, 2002, Bangkok: Sangmit Group.

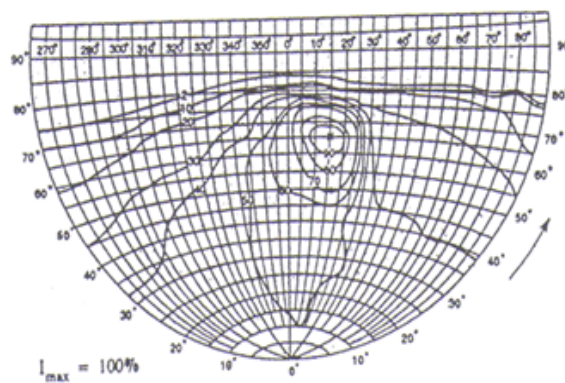


ภาพ 2 เส้นโค้งกราฟไซนอลหลักซ์

Note. From *Lighting System Design*, by P. Pittayapat, 2002, Bangkok: Sangmit Group.



(ก) เส้นโค้งความเข้มแสงเท่ารูปสี่เหลี่ยม



(ข) เส้นโค้งความเข้มแสงเท่ารูปวงกลม

ภาพ 3 เส้นโค้งความเข้มแสงเท่า

Note. From *Lighting System Design*, by P. Pittayapat, 2002, Bangkok: Sangmit Group.

มาตรฐานความส่องสว่าง

ถนนสายหลักถนนสายรอง ทางแยกวงเวียนที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร ค่าความส่องสว่างและการติดตั้งเสาไฟฟ้าตามมาตรฐานกรมทางหลวง (Department of Rural Road, 2014)

ค่ากำหนดที่ใช้ออกแบบในงานวิจัยนี้เป็นถนนสายย่อยชนบท ดังนี้

- ความสว่าง (illuminance) E_{av} ไม่น้อยกว่า 2.1 ลักซ์ (lx)

- ความส่องสว่าง (luminance) L_{av} ไม่น้อยกว่า 0.14 cd/m²

- ความสม่ำเสมอของแสง

E_{min}/E_{av} ไม่น้อยกว่า 1/2.5

E_{min}/E_{max} ไม่น้อยกว่า 1/6

การออกแบบแสงสว่างแบบเฉลี่ยของไฟถนนจะใช้ข้อมูลของดวงโคม คือ Utilization Factor Diagram หรือ Utilization Factor Curve ซึ่งเป็นการแสดงค่าอัตราส่วนของฟลักซ์ส่องสว่าง (lumen) ที่กระทบบนจุดต่าง ๆ ของถนนต่อฟลักซ์ส่องสว่างทั้งหมดที่พุ่งออกจากดวงโคม มักจะบอกจากระยะห่างจากดวงโคมเทียบกับระยะเท่าของความสูง (MH) หรือสามารถบอกในรูปของมุมก้มมุมเงย ดังแสดงในภาพ 4 โดยปกติแล้ว UF จะแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านที่อยู่ด้านหน้าดวงโคมหรือเรียกว่า ด้านถนน (Street Side--SS) และด้านที่อยู่ด้านหลังดวงโคม (House Side--HS)

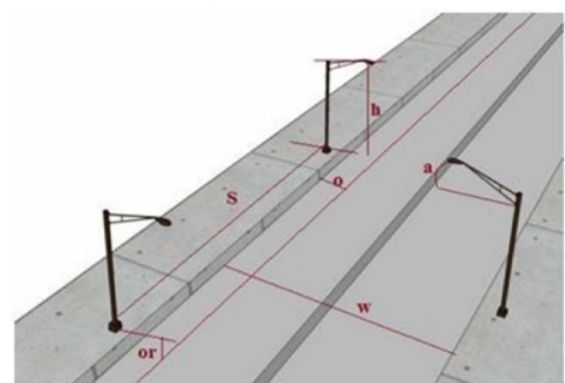
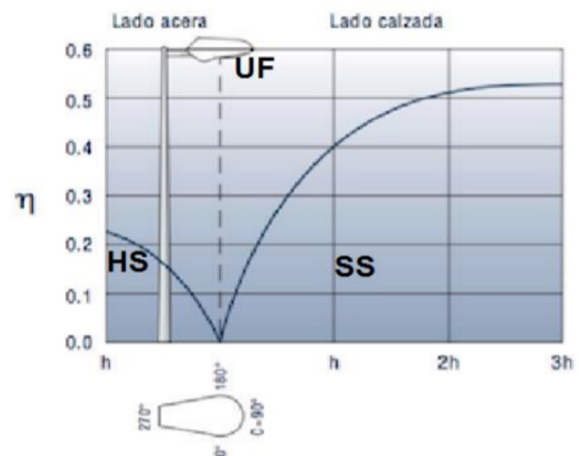
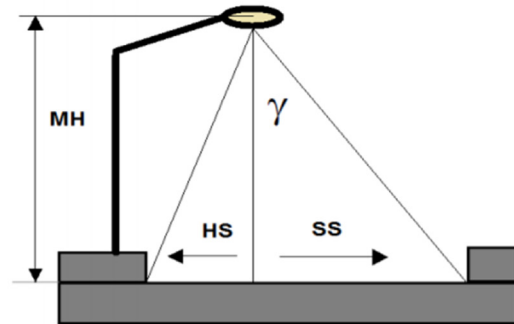
ค่า UF สามารถนำมาคำนวณหาจำนวนหลอดไฟที่ต้องใช้ในหนึ่งดวงโคม หรือหาค่า Lumen ของดวงโคม หรือหาค่าระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมได้โดยคำนวณจากสมการ

$$E = \frac{\phi_{Total} \times UF \times LLD \times LDD}{W \times S} \quad (1)$$

$$E = \frac{n \times \phi \times UF \times LLD \times LDD}{W \times S} \quad (2)$$

เมื่อ E ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย
 ϕ_{Total} ค่าฟลักซ์ส่องสว่างทั้งหมดจากดวงโคม
 UF ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ดวงโคม

W ค่าความกว้างถนน
 S ระยะห่างของดวงโคม
 ϕ ค่าฟลักซ์ส่องสว่างจากหลอดไฟ 1 หลอด
 n จำนวนหลอดไฟต่อ 1 ดวงโคม
 LLD ค่าความเสื่อมของหลอดไฟ
 LDD ค่าความเสื่อมจากความสกปรกดวงโคม



Street Lighting Features (BIS, 1981)
A: Angle of Tilt Or: Outreach S: Spacing
W: Width H: Mounting Height O: Overhang

ภาพ 4 การพิจารณาค่า UF

Note. From *Lighting System Design*, by P. Pittayapat, 2002, Bangkok: Sangmit Group.

3. การคำนวณแบบจุดต่อจุด (point-by-point)
การคำนวณค่าความส่องสว่างแบบจุดต่อจุด จะเป็นการคำนวณเพื่อตรวจสอบค่าความส่องสว่างบนผิวถนนหลังจากที่ได้ทำการออกแบบ นอกจากนี้ยังใช้ในการตรวจสอบความสม่ำเสมอของระบบไฟถนนที่ออกแบบอีกด้วย

ค่าความส่องสว่าง E ที่จุด P ใด ๆ บนผิวถนนที่เกิดจากดวงโคมจะคำนวณได้จาก

$$E_p = \frac{I(C, \gamma)}{D^2} \cos \gamma \quad (3)$$

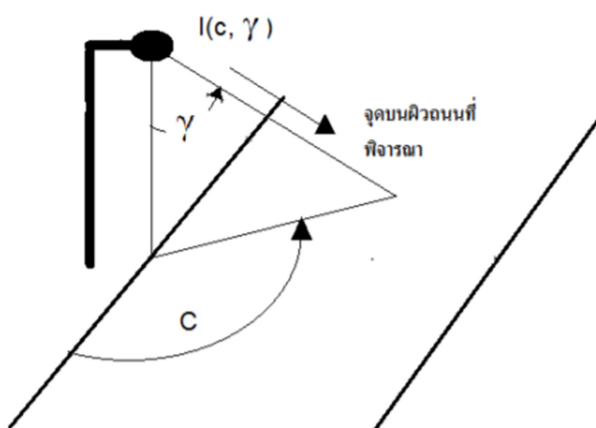
$$E_p = \frac{I(C, \gamma)}{h^2} \cos^3 \gamma \quad (4)$$

เมื่อ E_p ค่าความส่องสว่างที่จุด P
 $I(C, \gamma)$ ค่าความเข้มของการส่องสว่างจากดวงโคมที่พิจารณาไปยังจุด P

D ระยะห่างจากดวงโคมมายังจุด P

h ความสูงของดวงโคม

การหาค่าความส่องสว่างแบบจุดต่อจุด สามารถพิจารณาได้จากข้อมูลกราฟแสดงค่าความส่องสว่าง (isoluminance) หรือบางครั้งเรียกตาม หน่วยของความส่องสว่างว่า กราฟ Isolux หรือ Isofootcandle โดยผู้ผลิตดวงโคมจะทำการทดสอบให้ข้อมูลดังกล่าวมา กราฟดังกล่าวจะแสดงเส้นที่มีค่าของความส่องสว่างในแต่ละระดับ ดังแสดงในภาพ 5



ภาพ 5 ระบาย C-γ ของโคมไฟถนน

Note. From *Lighting System Design*, by P. Pittayapat, 2002, Bangkok: Sangmit Group.

การออกแบบการส่องสว่างถนนมีหลายขั้นตอนตามมาตรฐานการปฏิบัติมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

ก) การรวบรวมข้อมูลรายละเอียดทางกายภาพของถนน และการใช้งานถนน

ข) ประเมินประเภทของถนนจากข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อ ก)

ค) ทหาระดับชั้นการส่องสว่างของถนนเลือกเกณฑ์ของการส่องสว่าง เลือกค่า L_{av} , UO , UL , TI และ SR ในกรณี ที่เลือกใช้เกณฑ์ความส่องสว่าง หรือเลือกค่า E_{av} , UL จากประเภทของผิวถนน R ในกรณีที่เลือกใช้เกณฑ์ความส่องสว่าง

ขั้นตอนที่ 2

ก) เลือกชนิดของหลอดไฟ (กำลังไฟฟ้า ฟลักซ์ส่องสว่าง ประสิทธิภาพ อายุใช้งาน สีของแสง) และชนิดของบัลลาสต์

ข) เลือกโคมไฟถนน

ค) หาข้อมูลเกี่ยวกับสมรรถนะทางแสงและทางพลังงานของโคมไฟถนน

ขั้นตอนที่ 3

ก) เลือกรูปแบบการติดตั้งโคมไฟถนน

ขั้นตอนที่ 4

ก) หาความสูงของการติดตั้งโคมไฟถนนและระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างโคมไฟถนนในแต่ละแถว

ข) เป็นการหามิติของการติดตั้งโคมไฟถนนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณและออกแบบระบบการส่องสว่างถนนจากข้อมูลที่รวบรวมและหาได้จากขั้นตอนที่ 1 ถึง ขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมของการออกแบบ

ก) คำนวณค่าความส่องสว่าง/ความสว่างความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง/ความสว่างและ ส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยน (TI)

ข) เปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ที่คำนวณได้กับเกณฑ์ที่กำหนด ปรับแต่งมิติของการติดตั้งโคมไฟถนนและคำนวณค่าความส่องสว่างจนได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดตามเกณฑ์กำหนดด้านสมรรถนะการส่องสว่างและด้านสมรรถนะเชิงประสิทธิภาพพลังงาน

ค) สร้างสมบัติทางแสงของโคมไฟถนนของระบบติดตั้งการส่องสว่าง เช่น ตารางแผนภาพและกราฟ

ขั้นตอนที่ 6 หาแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 7 การวางแผนระบบติดตั้ง

ก) ตรวจสอบสิ่งกีดขวางในบริเวณติดตั้งเสาไฟและโคมไฟถนน และการฝังสายเคเบิลใต้ดิน

ข) ตำแหน่งติดตั้งของเสาต้องปรับแต่งในแบบติดตั้งด้วย

ค) วางผังการเดินสายและระบบท่อร้อยสาย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ปัจจุบันหลอด LED สามารถนำมาใช้แทนหลอดไฟเดิมได้ จากการวิจัยการออกแบบและติดตั้งระบบส่องสว่างได้เสนอแนวทางการออกแบบสร้างหลอด LED เพื่อเปรียบเทียบการส่องสว่างเทียบเคียงกับโคมไฟที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ ผลที่ได้คือ หลอดไฟที่ออกแบบสร้างขึ้นโดยใช้หลอด LED กำลังสูงจะใช้กำลังไฟฟ้า 20.3 วัตต์ ซึ่งหลอด LED กำลังสูงจะประหยัดพลังงาน 44.1 เปอร์เซ็นต์ (Kerdlap & Warong, 2013)

การวิเคราะห์ผลกระทบฮาร์โมนิกส์ที่เกิดจากการเปลี่ยนหลอดฮาโลเจนแรงดันต่ำด้วยหลอดแอลอีดีเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยนำเสนอผลกระทบฮาร์โมนิกส์ของแหล่งจ่าย ซึ่งหลอดแอลอีดีสามารถประหยัดไฟฟ้าได้ถึง 84.6 เปอร์เซ็นต์ แต่การใช้หลอดแอลอีดีแทนหลอดฮาโลเจนทำให้เกิดสัญญาณรบกวนฮาร์โมนิกส์รวมสูงถึง 85.8 เปอร์เซ็นต์ในขณะที่หลอดฮาโลเจนมีฮาร์โมนิกส์เพียง 6.9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับค่าขีดตามมาตรฐาน IEC61000-3-2 Class C ดังนั้นการใช้หลอดแอลอีดีแทนหลอดฮาโลเจนควรพิจารณาตัวแปลงไฟและคำนึงถึงการติดตั้งตัวกรองความถี่เหมาะสมเพื่อคุณภาพไฟฟ้าที่ดี (Boonrat et al., 2010)

การศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะทางแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงในระบบทางหลวง งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการศึกษาและวิเคราะห์การจำลองระบบแสงสว่างเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพแสงสว่างของโคมไฟชนิดหลอดโซเดียมความดันไอสูง (HPS) 250 วัตต์ กับโคมไฟชนิด

หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 120 วัตต์ ในกรณีรูปแบบของถนนมีเกาะกลางและถนนไม่มีเกาะกลางและทำการปรับปรุงคุณภาพแสงสว่างจากโคมไฟชนิดหลอดไดโอดเปล่งแสงให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง ด้วยวิธีการจำลองปรับลดความสูงเสาไฟถนนและระยะห่างระหว่างเสาไฟถนน ผลจากการจำลองพบว่า โคมไฟชนิดหลอดไดโอดเปล่งแสงมีประสิทธิภาพความสว่างต่ำกว่าโคมไฟชนิดหลอดโซเดียมความดันไอสูง ส่วนการปรับลดความสูงของเสาไฟถนนและระยะห่างระหว่างเสาไฟถนนมีผลทำให้ค่าความสว่างเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่การลดความสูงของเสาไฟถนนจะทำให้ค่าความสม่ำเสมอแสงลดต่ำลงแตกต่างจากวิธีลดระยะห่างระหว่างเสาซึ่งจะทำให้ค่าความสม่ำเสมอแสงดีขึ้น (Yoomak & Ngaopitakkul, 2015)

การศึกษาและวิเคราะห์การจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างของถนนทางหลวงเพื่อเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของหลอดโซเดียมความดันไอสูง HPS และหลอดไดโอดเปล่งแสง LED (Ponpai et al., 2017) และเสนอการติดตั้งโดยใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง LED ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ศูนย์วิจัยและนวัตกรรมกรรมการส่องสว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีได้ทำการทดลองการประเมินคุณภาพระบบแสงสว่างภายนอกอาคารแบบปรับตามการใช้งานระบบควบคุมแสงสว่างแบบปรับตามการใช้งานมีศักยภาพสูงในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และการลดมลภาวะทางแสงอย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงระดับค่าความส่องสว่างที่เหมาะสม (Paounpongkul & Chuntamara, 2014)

จากการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า หลอด LED สามารถนำมาใช้แทนหลอดไฟเดิมได้ แต่ต้องมีการดัดแปลงวงจรภายใน หรือติดตั้งโดยชุดประกอบสำเร็จ แต่ควรคำนึงถึงผลกระทบต่าง ๆ ทางไฟฟ้า รวมถึงฮาร์โมนิกส์ของแหล่งจ่าย จากงานวิจัยในอดีตไม่มีการเปรียบเทียบความสว่างและความส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงแต่ละแบบเมื่อทำการติดตั้งให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงระยะที่เหมาะสมเมื่อมีการออกแบบติดตั้งใหม่หรือติดตั้งโดยใช้แทนหลอดเดิม จึงจำเป็นต้องอ้างอิงเพื่อเป็นข้อมูลให้กับผู้ใช้งานสามารถตัดสินใจเลือกซื้อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน (Heffernan, Frater & Watson, 2007)

วิธีดำเนินการวิจัย

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC voltage sources) สำหรับวงจรไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้งานทั่วไปมีมากมายหลายระบบ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC generator) อุปกรณ์หรือวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง Solar cell และ Battery แบบต่าง ๆ

การศึกษาพฤติกรรมเบื้องต้นของหลอดแอลอีดี โดยทั่วไปนั้นหลอดแอลอีดีจะมีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันตามการใช้งาน ตัวถังของหลอดแอลอีดีทำด้วยพลาสติกโปร่งแสงเพื่อการกระจายแสงที่ดี ในการทดลองนี้จะใช้หลอดแอลอีดีที่ให้แสงสีขาว ขนาด 12 V โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อปรับค่าแรงดันจ่ายให้กับหลอดแอลอีดีเนื่องจากแหล่งจ่ายของชุดคอมพิวเตอร์ใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นแหล่งกำเนิด ในการทดสอบเพื่อทดสอบค่าความสว่างในห้องปฏิบัติการทดสอบเลือกใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดังแสดงในภาพ 6

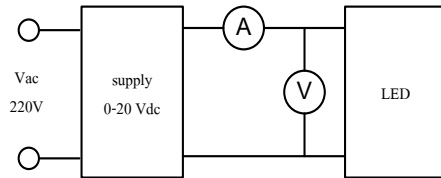
จากการทดสอบคุณสมบัติของแอลอีดี การนำแอลอีดีไปใช้งานนั้นจะต้องคำนึงถึงค่าแรงดันและกระแสที่แอลอีดีสามารถทนได้ เนื่องจากปริมาณค่าความสว่างของแสงจะแปรผันตามแรงดันที่ใช้จ่ายให้กับแอลอีดี (Narra & Zinger, 2004)

การคำนวณการติดตั้งไฟถนน LED ระบบโซลาร์เซลล์

การติดตั้งไฟถนน LED ระบบโซลาร์เซลล์ด้วยคอมพิวเตอร์ LED ขนาด 20 W 50 W และ 100 W เพื่อให้แสงสว่างในเวลากลางคืนเป็นเวลา 12 ชม. โดยแบ่งเป็น ระดับความสว่าง 100% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 18:00-24:00 น. และระดับความสว่าง 50% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เวลา 00:00-06:00 น. จะต้องเลือกใช้ แผงโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์อื่น ๆ มีหลักการคำนวณ ดังนี้

กำหนดให้

- ค่าการสูญเสียของระบบ (loss ของระบบมีค่าประมาณ 30% แทนค่าด้วย 1.3)



ภาพ 6 องค์ประกอบของการทดลองแอลอีดีเบื้องต้น

- Panel Generation Factor--PGF ซึ่งค่า PGF คำนวณมาจาก เวลาที่รับแสงเฉลี่ยต่อวัน ความเข้มของแสงเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ที่ได้มาจาก ภาพถ่ายของ NASA และ Physical Test Condition--PTC ซึ่งในแต่ละพื้นที่จะมีค่าแตกต่างกัน สำหรับประเทศไทย ใช้ค่า panel generation factor=3.43

- สำหรับประเทศไทยค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่รับแสงอยู่ที่ 4-6 ชั่วโมงต่อวัน หรือใช้ 5 ชั่วโมงต่อวัน ในการคำนวณ

- ในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับไฟถนน ซึ่งต้องติดบนเสาสูง ควรคำนึงถึงความแข็งแรงและแรงลมในแต่ละพื้นที่ด้วย

ขั้นตอนที่ 1 กฎและสูตรทางไฟฟ้าที่นำมาใช้ การคำนวณกำลังไฟฟ้า ดังแสดงในตาราง 2

$$\text{กำลัง(วัตต์)} = \text{กระแส(แอมป์)} \times \text{แรงดัน(โวลต์)}$$

$$\text{หรือ} \quad P = IV$$

ขั้นตอนที่ 2 หาความต้องการของระบบ (load demand) ใน 1 วัน เนื่องจากระบบจะทำงานด้วยโซลาร์เซลล์และมีการประจุแบตเตอรี่ทุกวัน จึงไม่ได้เพื่อโหลดมากกว่า 1 วัน

ขั้นตอนที่ 3 เลือกชนิดและขนาด แผงโซลาร์เซลล์ (Solar Panel) ดังแสดงในตาราง 3

แบตเตอรี่ที่จะเลือกใช้ในระบบนี้ ควรจะเป็น ชนิด deep cycle battery เพราะมีความเหมาะสมกับระบบโซลาร์เซลล์มากที่สุด (ด้านคุณสมบัติการชาร์จไฟ การจ่ายไฟ และอายุการใช้งาน) สามารถใช้ได้ทั้งที่เป็น แบตเตอรี่น้ำ (wet หรือ flooded lead-acid battery) และแบตเตอรี่แห้ง (sealed battery) ชนิด AGM battery หรือ Gel batteryโดยทั่วไปแบตเตอรี่ deep cycle ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด มีทั้งแบตเตอรี่น้ำ แบตเตอรี่แห้ง มีขนาดแรงดัน

หรือ voltage ขนาดความจุก็จะต่างกันไปในที่ที่เราเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 V DOD 50% มีค่า ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ 0.85

- DOD--Deep of Discharge คือ ค่าความลึกของการคายประจุของแบตเตอรี่โดยแบตเตอรี่แต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากัน ปกติอยู่ระหว่าง 45%-60%

- Battery Loss หรือ Safety Factor ในแบตเตอรี่เพื่อป้องกันการชาร์จมากเกินไปหรือ over charge และการคายประจุมากเกินไป หรือ over discharge

- ในระบบไฟ 24 Vdc ควรจะใช้แบตเตอรี่ 12V จำนวน 2 ลูก ต่ออนุกรมกัน

ขนาดของแบตเตอรี่สามารถคำนวณได้จาก

$$= \frac{(\text{Load Demand})}{(\text{แรงดันใช้งาน} \times \text{DOD Factor} \times \text{Battery Loss})} \quad (5)$$

ขั้นตอนที่ 5 การเลือกเครื่องควบคุมการชาร์จ (solar charge controller) ดังแสดงในตาราง 4

ในระบบไฟถนนโซลาร์เซลล์ ควรเลือกใช้เครื่องควบคุมการชาร์จแบบ MPPT--MPPT Solar Charge Controller เพราะเครื่องควบคุมการชาร์จแบบ MPPT ช่วยแก้ปัญหาเรื่องความสูญเสียและลดขนาดสายไฟ ระหว่างแผงโซลาร์เซลล์กับแบตเตอรี่ ทั้งนี้เพราะในการติดตั้งใช้งานจริงเพื่อความสวยงามของเสาไฟ แผงโซลาร์เซลล์ (ส่วนมากอยู่บนสุดของเสา) กับแบตเตอรี่ (อยู่กลางเสาหรือใต้ดิน) อาจอยู่ห่างกันมาก ซึ่งอาจจำเป็นต้องใช้สายไฟขนาดใหญ่เพื่อลดการสูญเสียและไม่ให้เกิดความร้อนในสาย

$$\text{Amp} = \frac{\text{Wmp}}{\text{Voltage}} \times \text{Safety Factor} 15\% \quad (6)$$

เมื่อ Wmp = กำลังไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์

Voltage = แรงดันไฟฟ้าที่ผลิต

Amp = กระแสชาร์จ

โดยสรุป สำหรับไฟถนนโซลาร์เซลล์ขนาด 20 W 50 W และ 100 W เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างสมบูรณ์ และรักษาอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ เราต้องใช้อุปกรณ์ดังนี้ แผงโซลาร์เซลล์ ใช้ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ ขนาด 80 W

200 W 340 W (Esrarn & Chapman, 2007) แบตเตอรี่เลือกใช้ชนิด deep cycle Gel ขนาด 40 Ah 100 Ah 200 Ah เครื่องควบคุมการชาร์จ เลือกใช้ MPPT ขนาด 10 A 20 A และ 40A ตามลำดับ

ตาราง 2

คำนวณความต้องการกำลังไฟฟ้าของระบบ

ขนาด LED (W)	ความต้องการใช้กำลังไฟฟ้า (Wh)		
	ความสว่าง 100% จำนวน 6 ชั่วโมง	ความสว่าง 50% จำนวน 6 ชั่วโมง	รวม 1 วัน
20	120	60	180
50	300	150	450
100	600	300	900

ตาราง 3

การพิจารณาเลือกขนาดแบตเตอรี่

ขนาด LED (W)	ความต้องการกระแสไฟฟ้า (Ah)	เลือกขนาดแบตเตอรี่ (Ah)
20	35.29	40
50	88.24	100
100	176.47	200

ตาราง 4

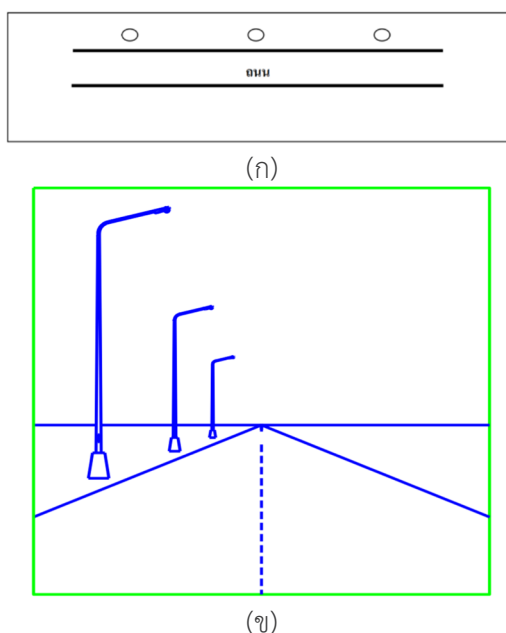
การพิจารณาเลือกเครื่องควบคุมการชาร์จ

ขนาด LED (W)	ขนาดแบตเตอรี่ (Ah)	เลือกขนาดแผงโซลาร์เซลล์ (W)	กระแสชาร์จ (A)	ขนาดเครื่องควบคุมการชาร์จ (A)
20	40	80	7.67	10
50	100	200	19.17	20
100	200	340	32.58	40

รูปแบบการติดตั้งโคมไฟฟ้าตามแนวนอนที่ใช้ทดสอบการติดตั้งไฟฟ้าสาธารณะตามแนวนอน สามารถเลือกชนิดของโคมไฟ และดวงโคมที่จะใช้งานได้ตามความเหมาะสม และสอดคล้องกับภูมิทัศน์ของพื้นที่นั้น ๆ สำหรับงานวิจัยนี้เลือกรูปแบบในการติดตั้งแบบ Single Side เป็นการติดตั้งฝั่งเดียวกันของถนน เหมาะสำหรับถนนเล็ก ๆ ในซอย หรือทางเท้า สำหรับการติดตั้งใช้งานจริงบนเสาไฟเดิมจะใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ระยะความสูง 5 เมตร ดังแสดงในภาพ 7 และการทดสอบจะติดตั้งโคมไฟ LED 20 W 50 W และ 100 W ดังแสดงในภาพ 8

การวัดค่าความสว่าง

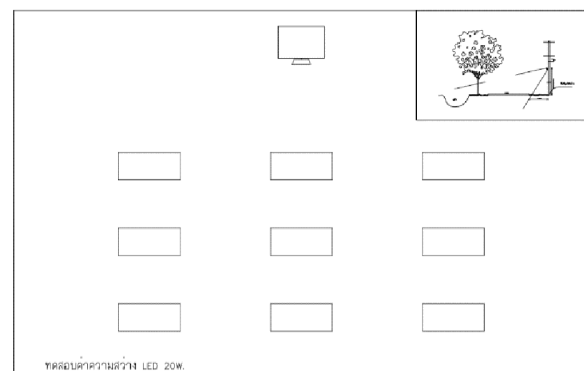
การวัดค่าความสว่างจะใช้การติดตั้งในสถานที่จริง คือ ทางเข้ามหาวิทยาลัย โดยกำหนดขนาดระยะห่างตามเสาไฟแสงสว่างที่มีการติดตั้งเดิมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อให้แสงสว่าง เครื่องมือวัดค่าความสว่างหรือลักซ์มิเตอร์เพื่อใช้ในการวัดค่าความสว่างของหลอดแอลอีดี โดยระยะ d เป็นระยะห่างระหว่างเสาไฟที่ทำการติดตั้งโคมหลอดแอลอีดี อ้างอิงตามระยะห่างเสาไฟที่ติดตั้งหลอดเดิมเพื่อเปรียบเทียบแสงสว่าง ของหลอด LED ขนาด 20 W 50 W และ 100 W ระยะและตำแหน่งการวัดค่าความสว่างแสดงดังแสดงในภาพ 9-10 สำหรับการวัดค่าความสว่างในแต่ละจุดเพื่อบันทึกค่าการกระจายแสงของโคมไฟ LED แต่ละขนาดที่ทำการติดตั้ง



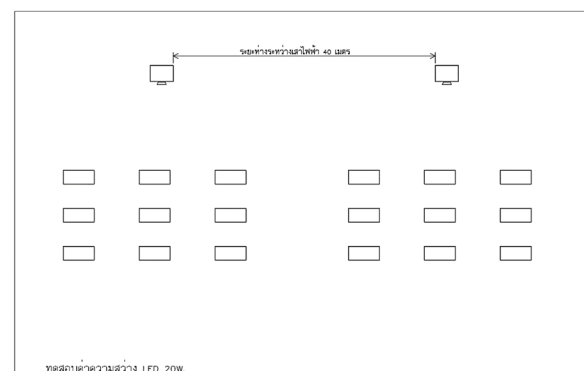
ภาพ 7 การติดตั้งไฟถนนแบบ Single Side



ภาพ 8 การติดตั้งโคมไฟ LED



ภาพ 9 ระยะและตำแหน่งวัดค่าความสว่าง LED



ภาพ 10 ระยะและตำแหน่งวัดค่าความสว่างระหว่าง 2 โคม

การจำลองโดยใช้โปรแกรม DIALUX

การออกแบบ คำนวณแสงสว่างด้วยโปรแกรม DIALUX ก่อนติดตั้งจริง ทำให้สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายงบประมาณ ประหยัดเวลา เพราะผลการออกแบบมีความ

ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ทำให้ลดเวลาที่แก้ไขปรับปรุง ภายหลัง สามารถเลือกประเภทโคมไฟ ลักษณะการกระจาย แสงและกำลังวัตต์ที่เหมาะสม เพื่อให้ได้แสงที่มีคุณภาพ เหมาะกับการใช้งาน ทราบตำแหน่งการติดตั้ง ความสูง และทิศทางที่เหมาะสมล่วงหน้า ทำให้สามารถคำนวณ ต้นทุนของอุปกรณ์เสริม เช่น ขาจับโคม โครงเหล็ก เสา และช่วยประหยัดค่าไฟฟ้า

ขั้นตอนการออกแบบ คำนวณแสงสว่างด้วย โปรแกรม DIALUX ต้องจำลองการติดตั้งโคมไฟก่อนนำ เข้าไปจำลองในโปรแกรม ดังแสดงในภาพ 11

ผลการวิจัย

การทดสอบและวิเคราะห์ผลการเพิ่มประสิทธิภาพ ชุดโคมไฟฟ้าหลอดแอลอีดีพร้อมแผงโซลาร์เซลล์ มีตัวแปร ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย ขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ ความจุแบตเตอรี่ ระยะเวลาการอัดประจุ และสมรรถนะ ของโคมไฟ LED ในการส่องสว่างถนน และการจำลองความ สว่างด้วยโปรแกรม DIALux โดยมีเงื่อนไขการทดสอบ ดังนี้

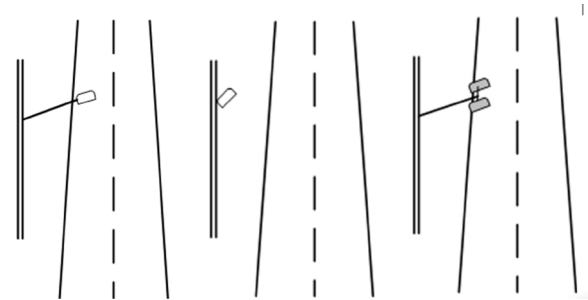
เงื่อนไขการติดตั้งสำหรับการทดสอบ

ค่ากำหนดที่ใช้ในการออกแบบถนนสายย่อยชนบท ความส่องสว่าง (Illuminance) E_{av} ไม่น้อยกว่า 2.1 ลักซ์ (lx) ลักษณะการติดตั้ง ถนนภายในมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย เป็นถนนแบบ 2 ช่องจราจรความกว้างผิวจราจรรวมไหล่ ทาง $6 < W \leq 8$ เมตร การติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างถนน แบบไม่มีเกาะกลางตามมาตรฐานกรมทางหลวง ระยะห่าง ระหว่างเสา 40 เมตร ลักษณะการติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่าง เนื่องจากเป็นถนนตรงจึงติดตั้งทางเดียว

โคมไฟถนนหลอด LED เลือกมาใช้ทดสอบวัดค่า การกระจายของแสงมี 3 ขนาด ประกอบด้วย ขนาด 20 W 50 W และ 100 W ดังแสดงในภาพ 12

ผลการทดสอบการติดตั้งโคมไฟถนนตามตำแหน่งที่ติด ตั้งจริง แบบมีแขนยื่น

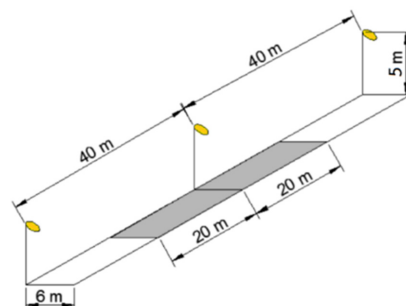
1) ผลการทดสอบวัดค่าความสว่าง หลอด LED ขนาด 20 W ลักษณะการติดตั้งโคมไฟถนนมีระยะห่างกัน 40 เมตร ตำแหน่งโคมไฟติดตั้งที่ความสูง 5 เมตรของเสาไฟ ดังแสดงในภาพ 13



ภาพ 11 การจำลองติดตั้งโคมไฟถนนรูปแบบต่าง ๆ ด้วย โปรแกรม DIALUX



ภาพ 12 โคมไฟถนน LED ที่ใช้ทดสอบ ขนาด 20 W 50 W และ 100 W



ภาพ 13 การติดตั้งโคมไฟถนนของหลอด LED ระยะห่าง ดวงโคม 40 เมตร

การจำลองการติดตั้งการวัดความสว่างโคมไฟ LED แบบมีแขนยื่น จะต้องกำหนดพารามิเตอร์สำหรับใช้ ในการจำลองเพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงเหมาะสมต่อการนำ มาใช้งาน ดังแสดงในภาพ 13-15

ตำแหน่งของการวัดสำหรับหลอด LED ระยะห่าง ดวงโคม 40 เมตร (ขนาด 6x14 จุดวัด) ผลการทดสอบวัด ค่าความสว่างเฉลี่ยของหลอด LED ขนาด 20 W 50 W และ 100 W ดังแสดงในตาราง 5

2) ผลการทดสอบวัดค่าความสว่าง หลอด ฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W ลักษณะการติดตั้งโคมคู่ ไฟ

ถนนมีระยะห่างกัน 40 เมตร ตำแหน่งโคมไฟติดตั้งที่ความสูง 5 เมตรของเสาไฟ

ตำแหน่งของการวัดสำหรับหลอด หลอดไฟถนนฟลูออเรสเซนต์ 2x36 W ระยะห่างดวงโคม 40 เมตร (ขนาด 6x14 จุดวัด) ผลการทดสอบวัดค่าความสว่างเฉลี่ยของหลอด ดังแสดงในตาราง 6



ภาพ 14 การทดสอบวัดค่าความสว่าง หลอด LED ขนาด 20 W 50 W และ 100W แบบมีแขนยื่น

ตาราง 5

ผลการทดสอบวัดค่าความสว่าง หลอด LED ติดตั้งแบบมีแขนยื่น

	ติดตั้งแบบมีแขนยื่น						
ระยะห่างจาก โคมไฟ (m)	0	1	2	3	4	5	6
โคมไฟ LED 20 W (Lux)	5	4	4	3	2	0	0
โคมไฟ LED 50 W (Lux)	7	6	5	3	2	1	0
โคมไฟ LED 100 W (Lux)	10	8	7	5	3	1	0



ภาพ 15 การทดสอบวัดค่าความสว่าง หลอดไฟถนนฟลูออเรสเซนต์ 2 x 36 W

ตาราง 6

ผลการทดสอบวัดค่าความสว่าง หลอดไฟถนนฟลูออเรสเซนต์ 2x36 W

โคมไฟฟลูออเรสเซนต์ 2x36 W ติดตั้งแบบมีแขนยื่น							
ระยะห่าง จากโคมไฟ (m)	0	1	2	3	4	5	6
โคมไฟ FL 2x36 W (Lux)	7	6	4	3	3	1	0

ผลการทดสอบการติดตั้งโคมไฟถนนตามตำแหน่งที่ติดตั้งจริง แบบยึดติดกับเสาคอนกรีต

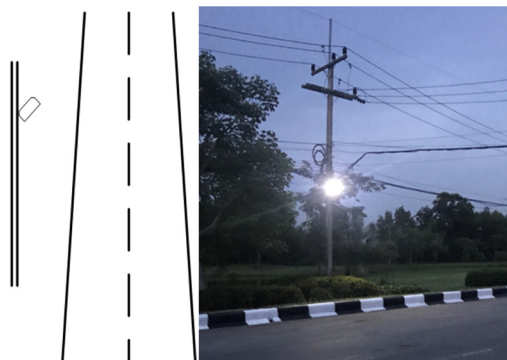
1) ผลการทดสอบวัดค่าความสว่าง หลอด LED ขนาด 20 W 50 W และ 100 W ลักษณะการติดตั้งโคมไฟถนนมีระยะห่างกัน 40 เมตร ตำแหน่งโคมไฟติดตั้งที่ความสูง 5 เมตรของเสาไฟ แบบยึดติดกับเสาคอนกรีต

ตำแหน่งของการวัดสำหรับหลอด LED 20 W 50 W และ 100W ระยะห่างดวงโคม 40 เมตร (ขนาด 6x14 จุดวัด) ผลการทดสอบวัดค่าความสว่างเฉลี่ยของหลอด LED แบบติดตั้งกับเสาคอนกรีตแสดงดังแสดงในตาราง 7 และดังแสดงในภาพ 16

ตาราง 7

ผลการทดสอบวัดค่าความสว่าง หลอด LED ขนาด 20 W 50 W และ 100 W แบบติดตั้งกับเสาคอนกรีต

ระยะห่าง จากโคมไฟ (m)	ติดตั้งกับเสาคอนกรีต						
	0	1	2	3	4	5	6
โคมไฟ LED 20 W (Lux)	4	4	3	3	2	0	0
โคมไฟ LED 50 W (Lux)	6	4	3	2	2	0	0
โคมไฟ LED 100 W (Lux)	7	6	6	3	2	1	0



ภาพ 16 การทดสอบวัดค่าความสว่างหลอด LED แบบติดตั้งกับเสาคอนกรีต

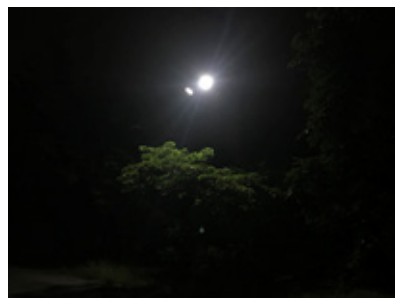
ผลการทดสอบการติดตั้งโคมไฟถนนตามตำแหน่งที่ติดตั้งจริง แบบโคมคู่มือมีแขนยื่น

จากผลการทดสอบวัดค่าความสว่าง หลอด LED ขนาด 20 W 50 W และ 100 W ข้างต้น พบว่าหลอด LED ขนาด 100 W ที่มีการติดตั้งแบบมีแขนยื่นมีค่าความสว่างสูงกว่าแบบติดตั้งกับเสาคอนกรีต และมีความสว่างสูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเดิม แต่การกระจายแสงยังมีค่าเท่ากับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังนั้นการทดสอบในหัวข้อนี้จึงนำโคมไฟหลอด LED ขนาด 100 W มาทำการทดสอบการกระจายแสงด้านข้าง โดยลักษณะการติดตั้งโคมไฟถนน

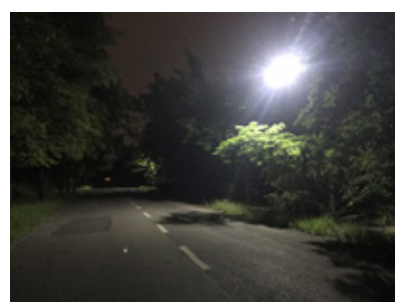
มีระยะห่างกัน 40 เมตร ตำแหน่งโคมไฟติดตั้งที่ความสูง 5 เมตรของเสาไฟ แบบโคมคู่มือมีแขนยื่น ดังแสดงในภาพ 17-19



ภาพ 17 การติดตั้งหลอด LED ขนาด 100 W แบบโคมคู่มือมีแขนยื่น



ภาพ 18 การทดสอบหลอด LED ขนาด 100 W แบบโคมคู่มือมีแขนยื่น



ภาพ 19 การกระจายแสงหลอด LED ขนาด 100 W แบบโคมคู่มือมีแขนยื่น

ผลการจำลองการติดตั้งโคมไฟถนนด้วยโปรแกรม DIALux

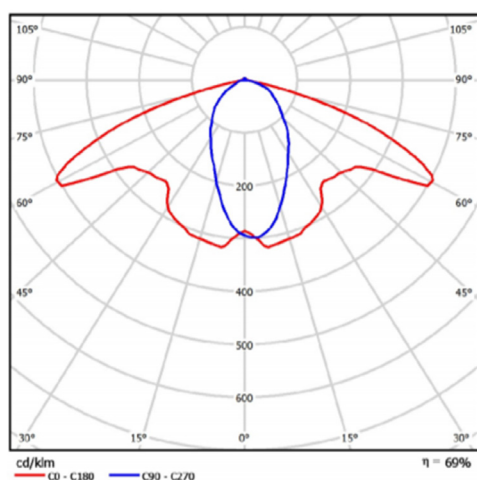
ผลการทดสอบวัดค่าความสว่าง หลอด LED ของ หลอด LED 20 W 50 W และ 100 W ลักษณะการติดตั้ง โคมไฟถนนมีระยะห่างกัน 40 เมตร ตำแหน่งโคมไฟติดตั้งที่ความสูง 5 เมตรของเสาไฟ การจำลองเปรียบเทียบ การกระจายแสงตามแกน C0-180 และ C90-270

ผลจากการจำลองโปรแกรม DIALux ของหลอด LED ในกรณีถนนทางตรงไม่มีเกาะกลาง เมื่อพิจารณา เปรียบเทียบค่าความสว่างเฉลี่ยและค่าความสม่ำเสมอ แสง พบว่า การติดตั้งแบบด้านเดียว ส่งผลทำให้ค่าความ สว่างเฉลี่ยบริเวณระหว่างเสามีค่าความสว่างเฉลี่ยต่ำที่สุด และเป็นค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนในการติดตั้งที่มี แบบโคมคูมีแขนยื่น มีค่าความสว่างเฉลี่ยสูงกว่า และอยู่ใน เกณฑ์มาตรฐานสามารถติดตั้งใช้งานได้ และจากการ จำลองด้วยโปรแกรม DIALux เพื่อหาค่าความสว่างเฉลี่ย และกราฟ Isolines of illuminance เพื่อดูการกระจาย แสงของโคมไฟ LED บริเวณถนนทางตรงแบบไม่มีเกาะ กลาง ดังแสดงในภาพ 20-23

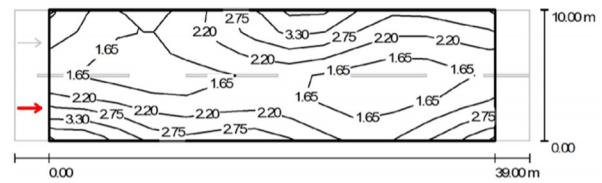
ตาราง 8

ผลการทดสอบการติดตั้งโคมไฟ LED 100 W แบบโคมคู มีแขนยื่น

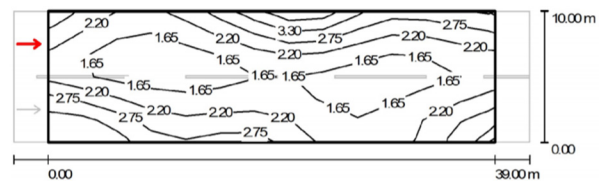
โคมไฟ LED 100 W จำนวน 2 โคม ติดตั้งแบบโคมคูมีแขนยื่น							
ระยะห่าง จากโคมไฟ (m)	0	1	2	3	4	5	6
โคมไฟ LED 100 W (Lux)	10	9	9	6	3	2	2



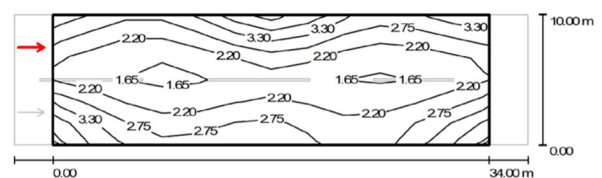
ภาพ 20 เปรียบเทียบการกระจายแสงตามแกน C0-180 และ C90-270 ของหลอด LED



ภาพ 21 Isolines of Illuminance (cd/m^2) บริเวณถนน ทางตรงแบบไม่มีเกาะกลาง สำหรับโคมไฟ LED 20 W



ภาพ 22 Isolines of Illuminance (cd/m^2) บริเวณถนน ทางตรงแบบไม่มีเกาะกลาง สำหรับโคมไฟ LED 50 W



ภาพ 23 Isolines of Illuminance (cd/m^2) บริเวณถนน ทางตรงแบบไม่มีเกาะกลาง สำหรับโคมไฟ LED 100 W

การเปรียบเทียบโคมไฟถนน LED เพื่อให้ได้ค่าตาม ตามาตรฐานของกรมทางหลวง-ถนนสายย่อยชนบท คือ 2.1 ลักซ์ สำหรับการคำนวณค่าความสว่างด้วยโปรแกรม DIALux พบว่า ความสว่างเฉลี่ยของโคมไฟขนาด 20 W 50 W และ 100 W มีค่าความสว่างเฉลี่ย 1.87 2.18 และ 2.56 ลักซ์ ตามลำดับ และการกระจายแสงของโคมไฟขนาด 100 W มีความสม่ำเสมอของแสงดีกว่าโคมไฟขนาด 20 W และ 50 W

การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพชุดโคมไฟฟ้าหลอดแอลอีดีพร้อม แผงโซลาร์เซลล์ให้เหมาะสมกับการติดตั้งไฟถนน ผู้วิจัย ทำการเปรียบเทียบโคมไฟถนน LED 20 W 50 W 100 W ติดตั้งระยะห่าง 40 เมตร เพื่อให้ได้ค่าตามมาตรฐานของ

กรมทางหลวง อย่างไรก็ตามการคำนวณค่าความสว่าง และค่าความส่องสว่างของ โปรแกรม DIALux ไม่รวมผลของความสว่าง และความส่องสว่างจากภายนอก เช่น แสงของพระจันทร์และแสงของอาคารที่อยู่ใกล้กับบริเวณถนน ที่ทำการประเมินความสว่าง และความส่องสว่าง

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอผลจากการศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพความสว่างโดยวิธีการเปรียบเทียบระหว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์กับหลอด LED ทำการวิเคราะห์ปรับปรุงค่าความสว่างของหลอด LED ด้วยวิธีการปรับความสูงตำแหน่งการติดตั้งบนเสาไฟถนนและการเพิ่มจำนวนหลอดในแต่ละระยะระหว่างเสาไฟถนน

- ในการจำลองเปรียบเทียบค่าความสว่างของหลอดไฟทั้ง 2 ชนิด แสดงให้เห็นว่าค่าความสว่างเฉลี่ยของหลอด LED ขนาด 20 W มีประสิทธิภาพต่ำกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์อยู่ประมาณ 25% สำหรับในกรณีถนนทางตรงไม่มีเกาะกลาง

- การปรับลดความสูงของเสาไฟถนนจากการจำลองพบว่า สามารถเพิ่มค่าความสว่างเฉลี่ยได้แต่ค่าที่ได้ก็ยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานอยู่ที่ในกรณีถนนทางตรงไม่มีเกาะกลาง เมื่อพิจารณาที่ค่าความสม่ำเสมอแสงกลับมีค่าที่ลดต่ำลงซึ่งไม่เป็นผลดีนักเพราะว่าค่าความสม่ำเสมอแสงจากแบบเดิมก็ต่ำกว่ามาตรฐานอยู่แล้ว

- การปรับลดระยะห่างระหว่างเสาจากผลการจำลองพบว่า สามารถเพิ่มค่าความสว่างเฉลี่ยได้และเป็น

ค่าที่ใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับในกรณีถนนทางตรงไม่มีเกาะกลาง เมื่อพิจารณาที่ค่าความสม่ำเสมอแสงพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

โดยภาพรวมแล้วการใช้วิธีปรับลดระยะความสูงการติดตั้ง และการเพิ่มจำนวนโคมต่อระยะห่างระหว่างเสาสามารถเพิ่มประสิทธิภาพความสว่างได้มากกว่าวิธีปรับลดความสูงเสาไฟถนน แต่ราคาค่าต้นทุนในการติดตั้งก็เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากต้องติดตั้งจำนวนเสาไฟถนนที่มากขึ้นกว่าเดิม

ข้อเสนอแนะ

1. การส่องสว่างโคมไฟ LED 100 W ติดตั้งแบบมีแขนยื่นมีลักษณะการกระจายแสงและการส่องสว่างดีกว่าการติดตั้งแบบติดกับเสา
2. ประสิทธิภาพการส่องสว่างและการประจุแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับการบัดบังของเงาต้นไม้และสภาพแวดล้อม
3. โคมไฟมีอายุการใช้งานแปรผันตามอายุของแบตเตอรี่
4. ชั่วโมงการใช้งานแปรผันตามการประจุแบตเตอรี่
5. ควรใช้เป็นระบบไฟส่องสว่างเสริม และมีระบบไฟส่องสว่างเดิมไว้เป็นระบบสำรอง



References

- Boonrat, S., & Kerdlap, P. (2010). The comparisons of effect of power supply for down-light with LED between linear power supply and switching power supply on electrical performance and harmonic noise. *The 33rd Electrical Engineering Conference 1-3 December (EECON-33)* (pp. 441-444). Chiang Mai: Chiang Mai University. (in Thai)
- Boonrat, S., Uyaisom, C., & Kerdlap, P. (2014). Design LED Lamp for replacing to fluorescent lamp 32 watts circular type for electrical energy saving. *The 37th Electrical Engineering Conference 19-21 November (EECON-33)* (pp. 345-348). Khon Kaen: Khon Kaen University. (in Thai)
- Cheng, Y. K., & Cheng, K. W. E. (2006). General study for using LED to replace traditional lighting devices. *2006 2nd International Conference on Power Electronics Systems and Applications, ICPEA* (pp. 173-177). Hong Kong, China: IEEE. doi: 10.1109/PESA.2006.343093.

- Department of Rural Road. (2014). *A manual Road lighting and traffic signal*. Retrieved from http://trafficsafety.drr.go.th/upload/download/8__Front_16.pdf. (in Thai)
- Department of Rural Road. (2010). *A manual construction work Department of Rural Road*. Bangkok: Ministry of Transport. (in Thai)
- Esrar, T., & Chapman, P.L. (2007). Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques. *Energy Conversion. IEEE Transactions on*, 22(2), 439-449. doi: 10.1109/TEC.2006.874230.
- Heffernan, W. J. B., Frater, L. P., & Watson, N. R. (2007). LED replacement for fluorescent tube lighting. *2007 Australasian Universities Power Engineering Conference* (pp.1-6). Perth, WA, Australia: IEEE. doi:10.1109/AUPEC.2007.4548064.
- Kerdlap, P., & Warong, S. (2013). Applicability evolution of the Light Emitting Diode Technology for illuminating. *The 5th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET)* (pp. 369-372). Prachuap Khiri Khan: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai)
- Ministry of Energy. (2011a). *Thailand 20-year energy efficiency development plan (2011-2030)*. Bangkok: Ministry of Energy. (in Thai)
- Ministry of Energy. (2011b). *Policy statement of the council of ministers: Delivered by Prime Minister Yingluck Shinawatra to the National Assembly Tuesday 23 August B. E. 2554(2011)*. Retrieved from <http://www.eppo.go.th/images/POLICY/ENG/gov-policy-2554-E.pdf>. (in Thai)
- Narra, P., & Zinger, D.S. (2004). An effective LED dimming approach. *Conference Record - IAS Annual Meeting (IEEE Industry Applications Society)*, 3, 1671-1676. doi: 10.1109/IAS.2004.1348695.
- Paounpongkul, K., & Chuntamara, C. (2014). *The subjective evaluations of adaptive lighting for exterior application: An experimental study*. Retrieved from <https://soad.kmutt.ac.th/wp-content/uploads/2018/10/2015NtC1.pdf>. (in Thai)
- Pittayapat, P. (2002). *Lighting system design*. Bangkok: Sangmit Group.
- Ponpai, P., Pongchai Seupsan, P., & Prommee, W. (2017). Improved illumination model of LED street light at Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Rai. *RMUTL Engineering Journal*, 2(2), 25-35. (in Thai)
- Rueangpattanawiwat, C., & Kanthapayao, Y. (2013). Dimming light of LEDs lamp with automatic control. *The 5th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET)* (pp. 369-372). Prachuap Khiri Khan: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai)
- Yoomak, S., & Ngaopitakkul, A. (2015). Study and analysis luminescence characteristics of light-emitting diode for the highway. *Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology)*, 7(14), 40-52. (in Thai)

