

การเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและเศรษฐศาสตร์ของการใช้งาน หลอดแอลอีดีแบบ T8 กับหลอดแอลอีดีทรงกลม

The Comparison of Electrical Energy and the Economics of T8 LED bulbs with Spherical LED bulbs

ประสิทธิ์ สุขเสริม¹ และสิริวิช ทัดสวน^{2*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

²สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน: โทรศัพท์ 0-2807-4500-27 ต่อ 313; อีเมล : siriwicht@sau.ac.th

Prasit Sukserm and Siriwich Tadsuan *

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Southeast Asia University

*Corresponding Author: Tel.0-2807-4500-27 ext. 313; Email : siriwicht@sau.ac.th

วันที่รับบทความ: 3 สิงหาคม 2564 / วันที่แก้ไขบทความครั้งที่ 1 : 31 สิงหาคม 2564 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 11 กันยายน 2564

วันที่แก้ไขบทความครั้งที่ 2 : 10 กันยายน 2564

บทคัดย่อ งานวิจัยนี้นำเสนอการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานหลอดแอลอีดีแบบ T8 กับหลอดแอลอีดีทรงกลมที่ใช้งานกับทางเดินเท้า จุดประสงค์เพื่อให้ทราบถึงข้อได้เปรียบ/เสียเปรียบในด้านพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปและด้านเศรษฐศาสตร์ โดยขั้นตอนการทดสอบได้ออกแบบและสร้างวงจรควบคุมมุมเฟสของแรงดันเพื่อใช้กับหลอด LED ทรงกลมชนิดที่ปรับความสว่างได้จำนวน 5 หลอด และใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 ในการประมวลผล จากนั้นนำไปติดตั้งใช้งานกับทางเดินเท้าที่มีตัวตรวจจับการเคลื่อนไหว PIR เพื่อตรวจจับคนที่เดินผ่าน โดยกำหนดให้สภาวะปกติที่ยังไม่มีคนเดินผ่านหลอดทุกดวงจะมีค่าความสว่างน้อยตามที่ได้ตั้งค่าไว้ แต่เมื่อมีคนเดินตัดผ่านตัวตรวจจับ หลอดทุกดวงจะค่อย ๆ เพิ่มความสว่างขึ้นพร้อมๆกันทุกหลอด จนมีค่าสูงสุดและนานจนกว่าจะถึงเวลาที่หน่วงไว้ หลังจากนั้นหลอดทุกดวงจะค่อย ๆ ลดความสว่างลงจนถึงค่าต่ำสุดตามที่ตั้งค่าไว้อีกครั้ง บันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลา 18.00น. – 06.00 น. จำนวนระยะเวลา 30 วัน ค่าพลังงานที่ได้นี้จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าพลังงานที่ใช้จากการใช้หลอดแอลอีดีแบบ T8 จำนวน 3 หลอด ผลที่ได้ค่าพลังงานที่ใช้ไปจากการใช้หลอดแอลอีดีทรงกลมมีค่าต่ำกว่าหลอดแอลอีดีแบบ T8 35.7% แต่ในเรื่องของต้นทุนจากการใช้หลอดแอลอีดีทรงกลมมีค่าสูงกว่าหลอดแอลอีดีแบบ T8 โดยมีระยะเวลาคืนทุน 4.74 ปี แต่ถ้าพิจารณาถึงระยะเวลาการใช้งานยาวนาน หรือการนำไปใช้งานกับหลอดที่มีบริเวณพื้นที่มาก ๆ การใช้หลอดแอลอีดีทรงกลมที่มีเทคนิคการควบคุมมุมเฟสแรงดันจะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าได้เป็นปริมาณสูงกว่าหลอดแอลอีดีแบบ T8

คำสำคัญ : หลอดแอลอีดีแบบ T8, การส่องสว่าง, ไมโครคอนโทรลเลอร์, กำลังไฟฟ้า

Abstract This research compares T8 LED bulbs electrical energy and economics and Spherical LED bulbs used in pedestrian walkways. It aims to identify the advantages/disadvantages in terms of electricity consumption and economics. The voltage phase angle control circuit was designed and built for use with 5 adjustable brightness Spherical LED bulbs in the testing process. The Arduino Uno R3 microcontroller board was used for processing. It is then deployed to pedestrian walkways with PIR sensors to detect pedestrians. Setting the usual condition that no one walks through, all the lamps will have low brightness. Conversely, when someone crosses the path, the lamps will gradually increase their brightness simultaneously, all lights until they reach their maximum value and last until the delay time. After that, all the lamps will gradually dim down to the set minimum value again. The researcher recorded the electrical energy used during the period of 6:00 p.m. – 6:00 a.m. for a total of 30 days. The recorded energy values are compared with the energy values used by 3 conventionally installed T8 LED bulbs. The results showed that the energy consumption of Spherical LED bulbs was lower than that of T8 LED bulbs equal 35.7%. Nevertheless, the cost of using Spherical LED bulbs is higher than that of T8 LED bulbs, with a payback period of 4.74 years. However, if considering the long service life or the use of the lamp in a vast area, Spherical LED bulbs with voltage phase angle control technique will save more electricity costs than using T8 LED bulbs lamp work.

Keyword : T8 LED bulbs, Illumination, Microcontroller, Electrical power

1. บทนำ

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีด้านสารกึ่งตัวนำ ได้แก่ การพัฒนาไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diodes :LED) มาสร้างเป็นหลอดไฟฟ้าที่เรียกว่าหลอด LED มาใช้แทนที่หลอดไฟฟ้าแบบอื่นๆ จาก [1] ได้นำเสนอถึงข้อเด่นในเรื่องต่างๆ ได้แก่ อายุการใช้งานยาวนาน โดยเฉลี่ยแล้ว LED จะมีแสงสว่างมากกว่า 70 เปอรเซ็นต์ เป็นเวลา 35,000 ถึง 50,000 ชั่วโมง หลอด LED สามารถเปลี่ยนพลังงานได้ประมาณ 70 เปอรเซ็นต์เป็นแสง มีช่วงสีที่โดดเด่นในช่วงสีที่กว้างมากซึ่งคงสีไว้ตลอดอายุการใช้งาน ความน่าเชื่อถือในกรณีที่หลอดไฟแบบเดิมประกอบด้วยเส้นใยและชิ้นส่วนที่เปราะบางอื่นๆ แต่หลอด LED ทนต่อ

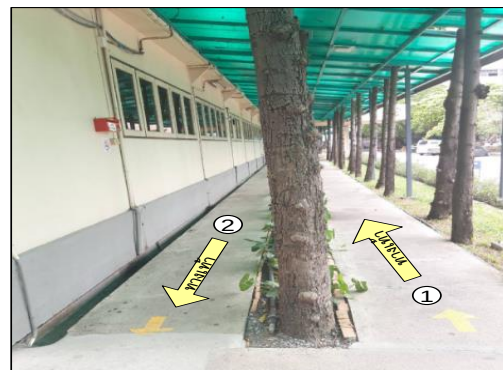
แรงกระแทกและการสั่นสะเทือนมากกว่าแสงรูปแบบอื่นๆ และความร้อนที่แผ่รังสีต่ำ การใช้แผ่นระบายความร้อนแบบพิเศษ หลอด LED จะดูดซับความร้อนที่เกิดขึ้นและกระจายออกจากไดโอดอย่างปลอดภัย จาก[2]ได้มีการพัฒนารูปแบบการควบคุมความสว่างโดยการสมมูลกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอด LED จำนวน 5 แฉว โดยแต่ละแฉวจะมี 6 หลอด โดยใช้ตัวแปรตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้า (VVR) โดยเทคนิคนี้จะสามารถควบคุมตัว MOSFETs ได้หลายตัว โดยแต่ละตัวจะสามารถปรับกระแสแบบเชิงเส้นของหลอด LED แต่ละแฉวได้อย่างดี ในทางปฏิบัติ นั้น หลอด LED จะต้องเผชิญกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จาก[3-4] ได้มีการศึกษาถึงเรื่องคุณภาพไฟฟ้าของหลอด LED ที่มีขายในท้องตลาด

โดยมีการเรื่องผลกระทบของแสงสว่างอันมีสาเหตุอันเนื่องมาจากฮาร์โมนิก การกระพริบของแรงดัน แรงดันเกินและแรงดันตก โดยใช้หลอด LED ใส่ในกล่องดำภายในมีลักซ์มิเตอร์ จากนั้นมีการทดสอบตามเงื่อนไขคุณภาพไฟฟ้าในแต่ละปัญหา ซึ่งการทดสอบเรื่องฮาร์โมนิกได้ทำการใช้แหล่งจ่ายที่เป็นคลื่นไซน์และไม่ใช่ไซน์ ผลที่ได้กระแสฮาร์โมนิกส์ลำดับที่ 7, 9, 11 กรณีของแหล่งจ่ายไม่ใช่ไซน์สูงกว่าค่ามาตรฐาน IEC 61000-3-2 standard. ส่วนผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบจ่ายไฟฟ้าอันเนื่องมาจากฮาร์โมนิกนั้น จาก [5] ได้ทำการแก้ปัญหาการเพิ่มปริมาณของฮาร์โมนิก กระแสที่เกิดขึ้นจากหลอด LED โดยการติดตั้งตัวกรองฮาร์โมนิกแบบ Single tune เพื่อกรองฮาร์โมนิกอันเนื่องมาจากหลอด LED ที่ติดตั้งในอาคาร 6 ชั้น โดยมีการกรองฮาร์โมนิกลำดับที่ 3, 5, 7 ให้ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน IEEE 519-2014 current harmonic standards นอกจากนี้มีการพัฒนาหลอด LED ที่ใช้ในตัวอาคาร บ้านเรือนแล้วยังมีการพัฒนาหลอด LED ที่ใช้กับไฟถนน จาก [6] ได้มีการศึกษาสมรรถนะหลอด LED สำหรับไฟถนนโดยทดสอบอุณหภูมิสีที่สัมพันธ์กัน (CCT), ความสว่างของการมองเห็น การปรับความมืด สีการับรู้ การแทรกซึมของหมอก และมลภาวะจากท้องฟ้า เห็นได้ว่าจากงานวิจัยที่ผ่านมา ยังไม่มีการศึกษาถึงการเศรษฐศาสตร์ของหลอด LED แบบที่สามารถปรับความสว่างได้กับหลอด LED ชนิดที่ปรับความสว่างไม่ได้ ในกรณีที่นำไปใช้งานกับสภาพแวดล้อมที่เป็นทางเดินเท้า

2. กรอบแนวคิด

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาหลอด LED ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ให้สามารถปรับแสงสว่างได้ ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่าในสภาพงานจริง บางพื้นที่ในสภาวะปกติที่ไม่มีเหตุจำเป็นต้องใช้แสงสว่างที่มีความสว่างสูงมาก (ใช้แค่เพียงเป็นแนวสายตาหรือสร้าง

สภาพแวดล้อมไม่ให้มีอันตรายแล้ว) ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า แต่จะใช้งานที่ความสว่างมากที่สุดเฉพาะในช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น ดังนั้นการประหยัดพลังงานโดยการปรับให้หลอดไฟฟ้ามีความสว่างมากบ้างน้อยบ้างตามสถานการณ์หน้างานจริงจะทำได้ยากสาเหตุเพราะต้องใช้บุคลากรทำหน้าที่โดยตรง ซึ่งยังทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เพิ่มขึ้นอีก แต่ถ้ามองถึงการออกแบบและสร้างเครื่องปรับความสว่างของหลอด LED ให้เป็นแบบอัตโนมัติ นั้น ก็จะต้องมีต้นทุนเพิ่มขึ้น เช่น ต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์, วงจรกำลังที่ใช้ปรับความสว่างของหลอด, ตัวเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับคนเดินผ่าน หลอด LED แบบปรับความสว่างได้ (ราคาสูงกว่าหลอด LED แบบปรับความสว่างไม่ได้) ทำให้การนำระบบดังกล่าวไปใช้งานจะต้องศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องให้เสียก่อน ไมเช่นนั้นอาจจะทำให้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่ตัวอย่างขึ้นมา โดยเลือกทางเดินเท้าบริเวณหน้าอาคารแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ทางเดินเท้าบริเวณหน้าอาคารที่ใช้ทำวิจัย

ในงานวิจัยได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้ทางเท้าในช่วงเวลา 18.00น. ถึง 06.00น. ของวันรุ่งขึ้น โดยแต่ก่อนใช้แสงสว่างจากหลอดแอลอีดีแบบ T8 ขนาด 18W จำนวน 3 หลอด ติดตั้งบนเพดานตามแนวทางเดิน แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 หลอดแอลอีดีแบบ T8 ขนาด 18W จำนวน 3 หลอดที่มีอยู่แต่เดิม

จากการศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้ทางเดินนี้จะมี ความหนาแน่นในช่วง 18.00 น ถึง 20.30 น. หลังจากนั้น การใช้ทางเท้าจะเบาบางลง จากแต่ก่อนค่าพลังงาน ไฟฟ้าที่ใช้จะคงที่ตลอด 12 ชั่วโมง/วัน แต่ถ้าสามารถลด ค่าพลังงานลง โดยการปรับความสว่างให้ลดลงในระดับ ที่ต้องการในช่วงเวลาที่ยังไม่มีผู้ใช้ทางเดิน (เวลายังดึก การใช้ทางเท้ายังลดลง) แต่เมื่อมีผู้ใช้ทางเดินความสว่าง จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนสว่างสูงสุด โดยจะห้วงเวลาที่ ความสว่างสูงสุดสักพักหนึ่ง(ตั้งค่าเวลาห้วงได้) จากนั้นจะค่อย ๆ ลดความสว่างลงไปที่ระดับเดิมอีกครั้ง แต่ถ้าขณะที่มีการห้วงเวลาแต่ยังไม่ถึงเวลาที่ตั้งไว้มีคน เดินผ่าน จะมีการรีเซตค่าเวลากลับไปเริ่มห้วงเวลาใหม่ และความสว่างจะยังคงมีค่ามากที่สุดอย่างเดิม

งานวิจัยนี้ได้แบ่งหัวข้อออกเป็น 3 หัวข้อ ดังนี้

2.1 ความสว่างทางแสง

ความสว่างหรือความเข้มแสงที่จุดใดในการ วัด ซึ่งเป็นผลจากหลอดไฟที่ทดสอบเป็นไปตามกฎ กำลังสองผกผัน (Inverse square law) ดังสมการที่ 1 และ กฎโคไซน์ (Cosine law)[7] ดังสมการที่ 2 ส่วนรูปที่ 3

เป็นความสัมพันธ์ของการส่องสว่างที่จุดใด ๆ ที่เป็น ผลจากหลอดไฟฟ้า

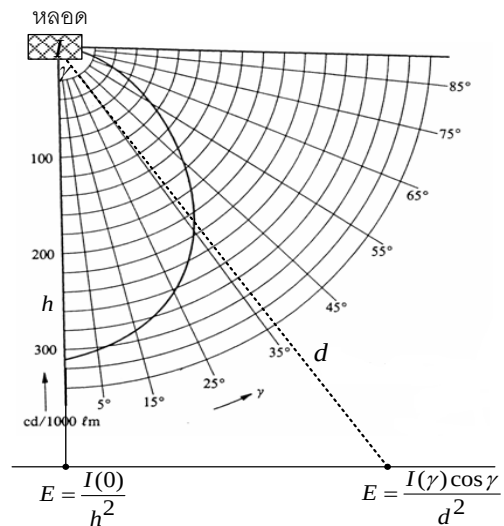
$$E = \frac{I(0)}{h^2} \quad (1)$$

เมื่อ

E คือ ค่าการส่องสว่างในแนวนอน (lx)

$I(0)$ คือ ค่าความเข้มส่องสว่างในแนวตั้งฉาก (cd)

h คือ ระยะระหว่างหลอดและจุดวัดในแนวตั้งฉาก(m)



รูปที่ 3 ค่าการส่องสว่างที่จุดใด ๆ ที่เป็นผลจากหลอด ไฟฟ้า

$$E = \frac{I(\gamma)\cos \gamma}{d^2} \quad (2)$$

เมื่อ

E คือ ค่าการส่องสว่างในแนวนอน (lx)

$I(\gamma)$ คือ ค่าความเข้มส่องสว่างที่มุมใด ๆ (cd)

d คือระยะระหว่างหลอดและจุดวัด (m)

2.2 ปริมาณทางไฟฟ้า

เนื่องจากรูปคลื่นของแรงดันและกระแสไม่เป็นรูปคลื่นไซน์แต่จะมีฮาร์มอนิกมาปะปน ดังนั้น สมการที่ใช้คำนวณค่าปริมาณทางไฟฟ้า แสดงได้ดังสมการที่ 3 ถึง 8 [8-9] มีดังนี้

$$V_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} V_h^2} \quad (3)$$

$$I_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2} \quad (4)$$

$$S = V_{rms} I_{rms} \quad (5)$$

$$P = \sum_{h=1}^{\infty} V_h I_h \cos \phi_h \quad (6)$$

$$PF = \cos \phi = \frac{P}{S} \quad (7)$$

$$W = \frac{P \times T}{1,000} \quad (8)$$

เมื่อ

V_{rms} คือ แรงดันไฟฟ้าประสิทธิผล (V)

I_{rms} คือ กระแสไฟฟ้าประสิทธิผล (A)

V_h คือ แรงดันลำดับ h ของฮาร์มอนิก (V)

I_h คือ กระแสลำดับ h ของฮาร์มอนิก (A)

S คือ กำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)

P คือ กำลังไฟฟ้าจริง (W)

ϕ_h คือ มุมต่างเฟสระหว่างแรงดันและกระแส

PF คือ ตัวประกอบกำลัง

W คือ พลังงานไฟฟ้า (หน่วย หรือ kW-hour)

T คือ เวลา (ชั่วโมง)

2.3 การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์

ในงานวิจัยนี้นอกจากการหาค่าหลอดไฟฟ้าและราคาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป ราคาชุดควบคุมความสว่างของหลอดไฟฟ้าก็เป็นต้นทุนอีกอย่างที่จะต้องนำมาคิดด้วย การคำนวณระยะเวลาในการคืนทุนภายในระยะเวลากี่ปี สามารถแสดงดังสมการที่ 9 [10]

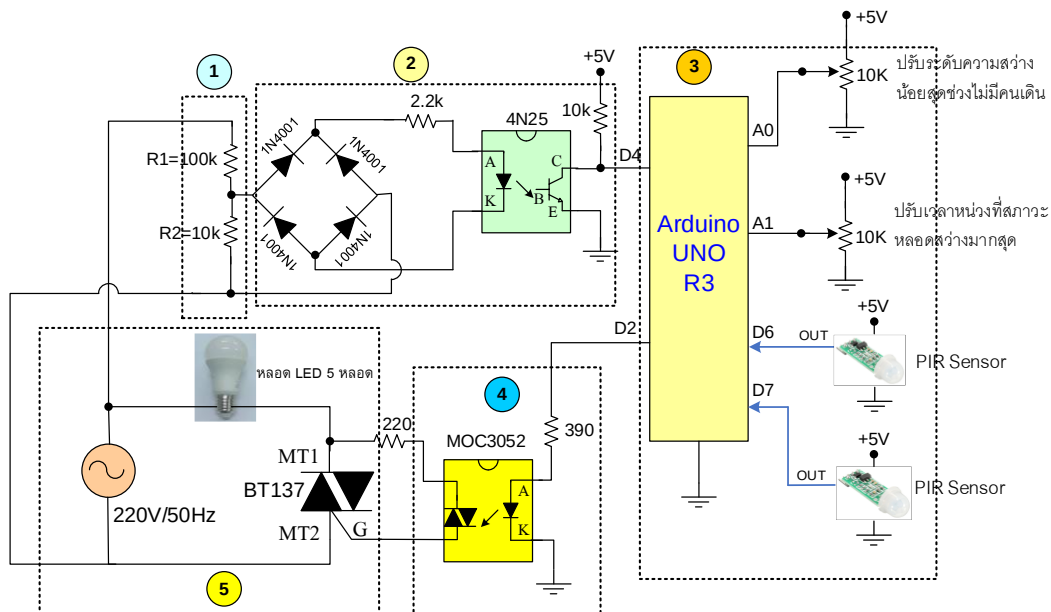
$$\text{ระยะเวลากคืนทุน} = \frac{\text{ค่าการลงทุน}}{\text{ค่าประหยัด}} \quad (9)$$

3. ขั้นตอนการทดสอบ

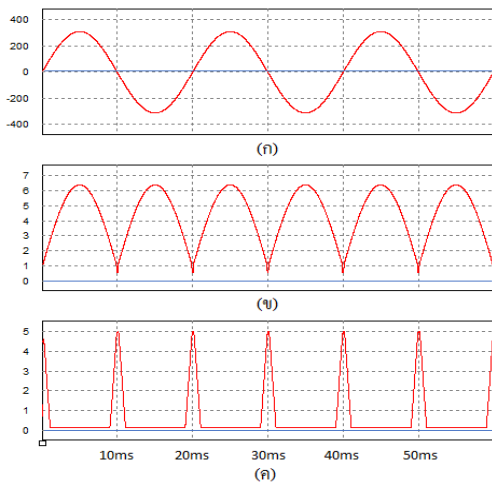
การออกแบบและสร้างตัวควบคุมความสว่างหลอดไฟฟ้า

ได้ทำการออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ ซึ่งมีส่วนประกอบภาคต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4

วงจรภาคที่ 1 ภาคแบ่งแรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะทำหน้าที่ลดทอนแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดสูง (220V) ไปเป็นแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดต่ำที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายกับวงจรภาคอื่นๆ แสดงดังรูปที่ 5(ก) โดยการออกแบบใช้ R1 ต่ออนุกรมกับ R2 ที่ต่อขนานกับอิมพีแดนซ์ของวงจรตรวจจับผ่านศูนย์ (Zero crossing detector)



รูปที่ 4 วงจรควบคุมมมเฟสของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้กับหลอด LED ทรงกลมชนิดที่ปรับความสว่างได้



รูปที่ 5 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าของภาคตรวจจับผ่านศูนย์

วงจรภาคที่ 2 ภาคตรวจจับผ่านศูนย์ ซึ่งจะทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณซิกบวกละสัญญาณซิกลบของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับคลื่นไซน์ เพื่อใช้ในการกำหนดการจุดชนวนอุปกรณ์ไครแอค การออกแบบเลือกใช้บริดจ์ไดโอดเพื่อเปลี่ยนสัญญาณซิกลบเป็นซิก

บวกรูปที่ 5 (ข) จากนั้นแรงดันไฟฟ้าดังกล่าวจะไปไบอัสไดโอดเปล่งแสงของออปโตคัปเปิล (4N25) ให้ทำงานโดยจะส่งคลื่นแสงไปกระตุ้นทรานซิสเตอร์ให้ทำงาน ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมขา C และ E เหลือน้อยใกล้เคียงศูนย์ ส่งผลให้สถานะของขา D4 เป็นลอจิก “0” แต่ถ้าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าของวงจรบริดจ์ต่ำกว่า 1.4 V (1.4V เป็นแรงดันตกคร่อมซิลิกอนไดโอดที่นำมาต่ออนุกรมจำนวน 2 ตัวขณะไบอัสตรง) ออปโตคัปเปิล (IC เบอร์ 4N25) ก็จะไม่ทำงาน ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมขา C และ E มีค่าเกือบ 5V ส่งผลให้สถานะของขา D4 เป็นลอจิก “1” แสดงดังรูปที่ 5 (ค)

วงจรภาคที่ 3 ภาคประมวลผล ในงานวิจัยเลือกใช้บอร์ด Arduino UNO R3 ที่ใช้ตัวประมวลผลด้วย IC เบอร์ ATMEGA 328P[11] เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต มีขา D0-D13 และขา A0-A5 ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ในการออกแบบใช้ขา D4 กับภาควงจรตรวจจับผ่านศูนย์ เพื่อใช้ในการกำหนดเริ่มหน่วยเวลาสร้างสัญญาณลอจิก “1” ที่จะส่งออกไปที่ขา D2 เพื่อไป

จุดชนวนไทรแอก ทรานซิสเตอร์ D6 หรือ D7 ยังไม่ได้รับสัญญาณลอจิก “1” (โดยปกติคนยังไม่เดินผ่านจะรับสัญญาณลอจิก “0”) ที่เกิดจากการทำงานของตัวตรวจจับ PIR ที่ใช้ ในการ ตรวจ จั บ คน ที่ เติ น ผ่าน ไม่ไครคอนโทรลเลอร์จะทำการสร้างสัญญาณลอจิก “1” ไปไบอัสที่ไดโอดเปล่งแสงของตัวออปโตคัปเปิล IC เบอร์ MOC3052 ในช่วงเวลาที่มุมแรงดันสัญญาณขาอินพุตมีค่ามากๆ เช่น 144° (มุมยิ่งมากแสงยิ่งน้อย) ส่วนการกำหนดมุมจุดชนวนของไทรแอกได้จากการปรับค่า VR ขนาด 10 k Ω ที่ต่อเชื่อมกับขา A0 แต่เมื่อตัวตรวจจับ PIR ตรวจจับคนเดินผ่านทางเดินได้ D6 หรือ D7 จะเป็นลอจิก “1” ไม่ไครคอนโทรลเลอร์จะทำการค่อยๆ ลดมุมจุดชนวนอย่างช้าๆ จนถึงมุมจุดชนวนที่ 18° (ที่มุมนี้ความสว่างจะมีค่ามากที่สุด) และจะใช้เวลาอยู่ที่มุม 18° นี้นานจนกว่าจะถึงเวลาที่ตั้งไว้ โดยกำหนดจากการปรับค่า VR ขนาด 10 k Ω ที่ต่อเชื่อมกับขา A1 จากนั้นไม่ไครคอนโทรลเลอร์จะทำการค่อยๆ เพิ่มมุมจุดชนวนอย่างช้าๆ จนถึงมุมจุดชนวนที่ 144° ดังเดิม แต่ถ้าขณะที่การหน่วงยังไม่ครบเวลาที่ตั้งไว้ ตัวตรวจจับ PIR สามารถตรวจจับคนที่เดินตามหรือสวนทางมาได้ ในขณะที่ไม่ไครคอนโทรลเลอร์จะรีเซ็ตเวลาแล้วกลับไปเริ่มนับเวลาอีกครั้ง

วงจรภาคที่ 4 ภาคการจุดชนวนไทรแอกเลือกใช้ออปโตคัปเปิล IC เบอร์ MOC3052 โดยใช้ความต้านทานขนาด 390 โอห์มในการจำกัดกระแส เมื่อขา D2 สร้างสัญญาณลอจิก “1” (ที่ระดับแรงดัน 5 V) ส่งผลไปไบอัสไดโอดเปล่งแสงทำให้ไดโอดทำงานสร้างแรงดันไปจุดชนวนที่ขาเกตของไทรแอก แต่เมื่อขา D2 เปลี่ยนเป็นสัญญาณลอจิก “0” (ที่ระดับแรงดันศูนย์โวลต์) จะไม่เกิดการไบอัสที่ขาไดโอดเปล่งแสงสภาวะนี้ไดโอดจะยังไม่สร้างแรงดันไปจุดชนวนที่ขาเกตไทรแอก

วงจรภาคที่ 5 วงจรกำลัง ใช้ไทรแอกเบอร์ BT 137 ที่สามารถรับกระแสได้ถึง 8 A[12] ต่ออนุกรมกับหลอดไฟฟ้าแบบ LED จำนวน 5 หลอด

4. ผลการทดสอบ

4.1 การวัดค่าความสว่างของหลอดไฟฟ้า

ในการเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ระหว่างหลอดแอลอีดีแบบ T8 (ปรับค่าความสว่างไม่ได้) เทียบกับหลอด LED ทรงกลม(ปรับค่าความสว่างได้) จำเป็นจะต้องกำหนดค่าความสว่างบนทางเดินเท้าที่มีค่าเท่ากัน (ทางปฏิบัติอาจใกล้เคียงกัน) จากการใช้งานของหลอดทั้งสองแบบ คณะผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าความสว่างของหลอดแอลอีดีแบบ T8 จำนวน 3 หลอด ซึ่งเป็นหลอดที่ติดตั้งอยู่แต่ก่อนแล้ว โดยการวัดความสว่างบนพื้นทางเดินจำนวน 50 ตำแหน่ง ได้ค่าเฉลี่ย 20.70 lux ซึ่งเท่ากับค่ามาตรฐาน[13] จากนั้นได้ทำการติดตั้งหลอด LED แบบทรงกลมที่สามารถปรับความสว่างได้ จำนวน 5 หลอด การวางตำแหน่งหลอดแสดงดังรูปที่ 6 โดยทำการปรับค่าความสว่างของหลอดให้มีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกับค่าความสว่างที่ได้จากหลอดแอลอีดีแบบ T8 ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ค่าความสว่างที่ได้จากหลอดแอลอีดีแบบ T8

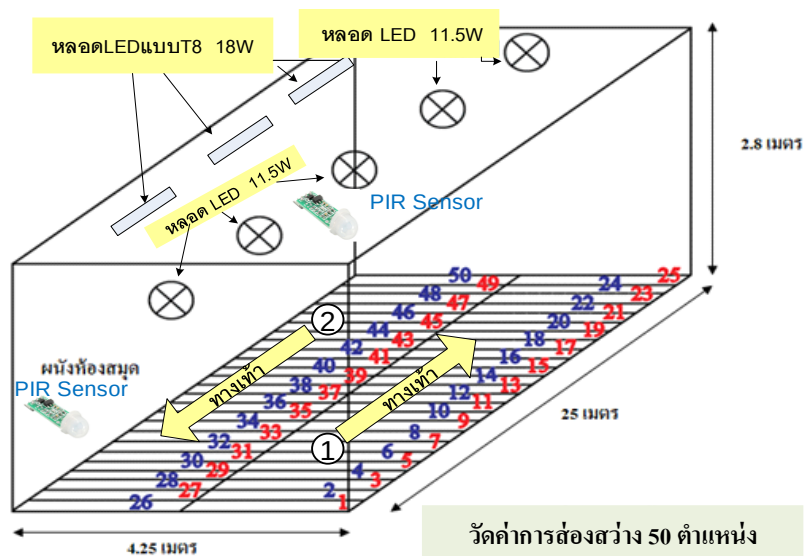
ทางเดินที่ 1 การส่องสว่าง (lux)	ทางเดินที่ 2 การส่องสว่าง (lux)
E _{min} = 4	E _{min} = 3
E _{max} = 24	E _{max} = 57
E _{av} ทางที่ 1 = 13.28	E _{av} ทางที่ 1 = 28.12
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด (Total E _{av}) = 20.70	

ตารางที่ 2 ค่าความสว่างที่ได้จาก LED แบบทรงกลม กรณีที่มีการหรี่แสงน้อยสุด

ทางเดินที่ 1 การส่องสว่าง (lux)	ทางเดินที่ 2 การส่องสว่าง (lux)
E _{min} = 3	E _{min} = 9
E _{max} = 11	E _{max} = 19
E _{av} ทางที่ 1 = 7.52	E _{av} ทางที่ 1 = 12.16
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด (Total E _{av}) = 9.84	

ตารางที่ 3 ค่าความสว่างที่ได้จาก LED แบบทรงกลม กรณีที่มีการหรี่แสงมากที่สุด

ทางเดินที่ 1 การส่องสว่าง (lux)	ทางเดินที่ 2 การส่องสว่าง (lux)
E _{min} = 8	E _{min} = 15
E _{max} = 19	E _{max} = 32
E _{av} ทางที่ 1 = 14.8	E _{av} ทางที่ 1 = 22.2
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด (Total E _{av}) = 18.5	



รูปที่ 6 การติดตั้งหลอดแอลอีดีแบบ T8 หลอดละ 18 W จำนวน 3 หลอด หลอดแอลอีดีทรงกลม หลอดละ 11.5 W จำนวน 5 หลอด และตำแหน่งการวัดค่าการส่องสว่างบนพื้นจำนวน 50 จุด

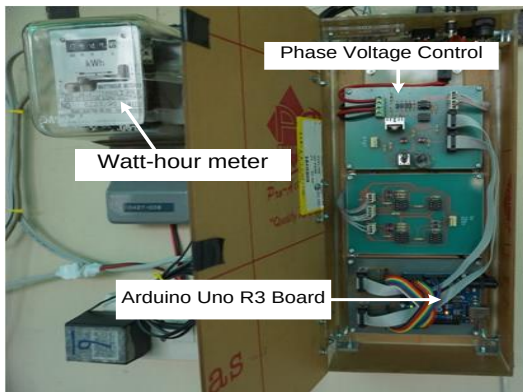
จากตารางที่ 2 ค่าความสว่างเฉลี่ยที่ได้จาก LED แบบทรงกลม กรณีที่มีการหรี่แสงน้อยสุด(มุมทริก 144°) นั่นคือช่วงที่ไม่มีคนเดินผ่านมีค่า 9.84 lux และจากตารางที่ 3 กรณีที่มีคนเดินผ่านค่าความสว่างเฉลี่ยที่ได้จาก LED แบบทรงกลมมีค่า 18.5 lux ซึ่งใกล้เคียงกับหลอดแอลอีดีแบบ T8 ที่มีค่า 20.70 lux ส่วนรูปที่ 7 เป็นภาพถ่ายบริเวณทางเดินเท้าหน้าอาคารตอนเวลากลางคืนเป็นช่วงเวลาที่หลอด LED แบบทรงกลมให้แสงมีความสว่างมากที่สุด



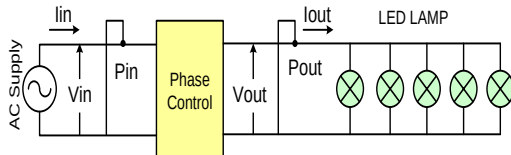
รูปที่ 7 ภาพถ่ายบรรยากาศจริงบริเวณทางเดินเท้า ขณะที่หลอด LED แบบทรงกลมทำงาน

4.2 การวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้า

ในการทดสอบใช้ชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่สร้างขึ้นพร้อมกับเครื่องมือวัดปริมาณทางไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 8 ส่วนการต่อวงจรการทดสอบแสดงดังรูปที่ 9 ส่วนผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 10 ถึงรูปที่ 15



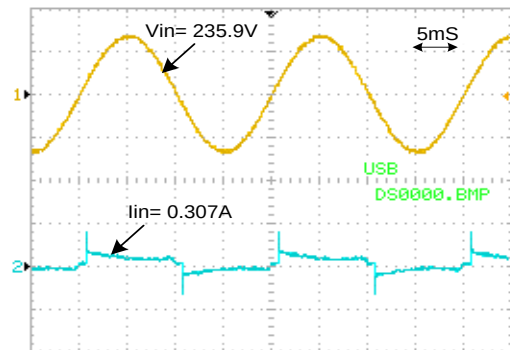
รูปที่ 8 ภาพจริงชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้า



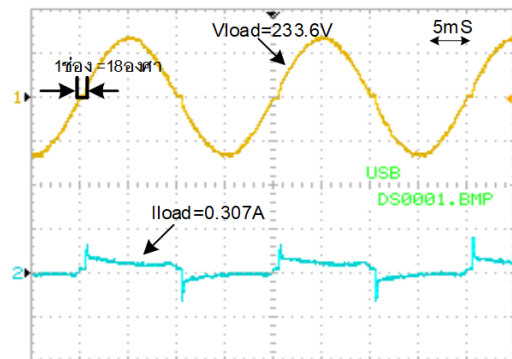
รูปที่ 9 วงจรการทดสอบ โดยติดตั้งเครื่องมือวัดด้านเข้าและด้านออกของชุดควบคุมมุมเฟส



รูปที่ 10 ค่าที่ได้จากการวัดแรงดัน กระแส และกำลังทั้งทางด้านเข้าและด้านออกที่มุมทริก 18°



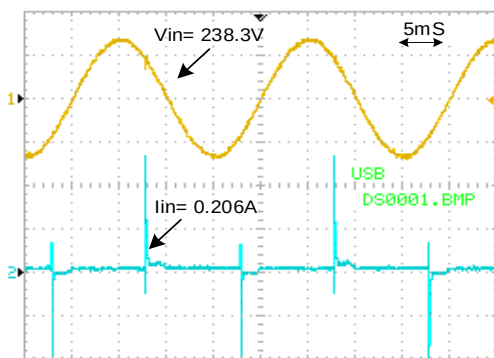
รูปที่ 11 สัญญาณแรงดัน กระแสทางด้านเข้าที่มุมทริก 18°



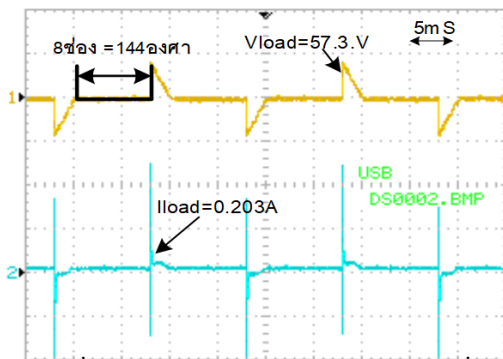
รูปที่ 12 สัญญาณแรงดัน กระแสทางด้านออกที่มุมทริก 18°



รูปที่ 13 ค่าที่ได้จากการวัดแรงดัน กระแส และกำลังทั้งทางด้านเข้าและด้านออกที่มุมทริก 144°



รูปที่ 14 สัญญาณแรงดัน กระแสทางด้านเข้าที่ มุมทริก 144°



รูปที่ 15 สัญญาณแรงดัน กระแสทางด้านออกที่ มุมทริก 144°

5. วิเคราะห์ผลการทดสอบ

5.1 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้

จากตารางที่ 4 เห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มมุมทริกค่า กำลังไฟฟ้าขาเข้าและขาออกจะลดลง เช่น ที่มุมทริก 18° (เป็นค่าสภาวะตอนที่มิคนเดินบนทางเท้าทำให้หลอดมีค่าความสว่างเฉลี่ยมากที่สุด 18.5 lux) มีค่า $P_{in} = 61.1\text{ W}$, $P_{out} = 60.3\text{ W}$, $P_{loss} = 0.8\text{ W}$ ประสิทธิภาพ(η)มากที่สุด = 98.69% และเมื่อเพิ่มมุมทริกที่มุม 144° (เป็นค่าสภาวะตอนที่ไม่มีคนเดินบนทางเท้าทำให้หลอดมีค่าความสว่างเฉลี่ยน้อยสุด 9.48 lux) มีค่า $P_{in} = 11.4\text{ W}$, $P_{out} = 9.1\text{ W}$, $P_{loss} = 2.3\text{ W}$ ประสิทธิภาพ(η)น้อยสุด = 79.82% ส่วนค่า P_{loss} มีค่ามากที่สุดที่มุมทริก 90°

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าสูญเสียและประสิทธิภาพของหลอด LED แบบทรงกลม

มุมทริก (°)	Pin (W)	Pout (W)	Loss (W)	η (%)
18	61.1	60.3	0.8	98.69
36	58.3	56.4	1.9	96.74
54	53.4	51.4	2.0	96.25
72	48.6	45.4	3.2	93.42
90	41.6	36.9	4.7	88.70
108	32.4	28.2	4.2	87.04
126	20.5	17.5	3	85.36
144	11.4	9.1	2.3	79.82

5.2 ผลประหยัดพลังงาน

ผลการประหยัดกรณีเป็นทางเดิน (แสงสว่างสำหรับพื้นที่ที่ใช้ไม่บ่อยหรือเพียงแต่ให้มีการมองเห็นไม่เป็นจุดอันตราย) ในทางปฏิบัติจะเปิดใช้งานในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 06.00 น. ของวันรุ่งขึ้น การเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าด้วย Watt-Hour Meter ใช้เวลาจำนวน 30 วัน ซึ่งเป็นเวลาที่เพียงพอเก็บข้อมูลที่ถูกต้อง โดยค่าพลังงานไฟฟ้าคิดประมาณที่ 4 บาทต่อหน่วย[14] จากนั้นคิดเป็นต่อวัน ต่อสัปดาห์และต่อปี แสดงดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5 จากตารางทั้งสอง เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 337.75 บาท/ปี หรือ 35.7% ($[946.08 - 608.33] / 946.08 \times 100$)

ส่วนการคิดค่าระยะเวลาคืนทุนจากสมการที่ 9 มีค่าเท่ากับค่าการลงทุน (ราคาบอร์ดควบคุมแรงดันสายไฟฟ้า และหลอดไฟ LED ทรงกลม รวมมูลค่า 1,600 บาท)หารด้วยผลประหยัด (ค่าไฟฟ้าที่แตกต่างระหว่างหลอดหลอดแอลอีดีแบบ T8 กับหลอดไฟ LED ทรงกลม 337.75 บาท) ดังนั้นจะได้ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) 4.74 ปี ซึ่งเห็นได้ว่าเป็นระยะเวลาที่ไม่

เกิน 5 ปี ซึ่งเหมาะกับการลงทุน[10] ถ้าคิดถึงเรื่องค่าไฟฟ้าต่อหน่วยที่มีแนวโน้มที่สูงขึ้นหรือนำไปใช้งานกับจำนวนหลอดมากกว่านี้ (รับกระแสได้ถึง 8 A เท่ากับ 133 หลอด) อีกทั้งราคาหลอด LED ทรงกลมที่มีแนวโน้มลดลง และถ้ามีการเปลี่ยนหลอดรอบใหม่แต่ก็ยังใช้ชุดควบคุม สายไฟฟ้า อื่นๆ ชุดเดิมอยู่ ก็จะทำให้ค่าระยะเวลาคืนทุนสั้นลงกว่านี้อีกมาก

ตารางที่ 5 ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ากรณีใช้หลอดแอลอีดีแบบ T8

ระยะเวลา(วัน) ช่วง 18.00น.-06.00น.	พลังงานไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	0.648	2.60
7	4.536	18.14
30	19.44	77.76
365	236.52	946.08

ตารางที่ 6 ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ากรณีใช้ LED แบบทรงกลม

ระยะเวลา(วัน) ช่วง 18.00น.-06.00น.	พลังงานไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	0.42	1.67
7	2.92	11.67
30	12.5	50
365	152.08	608.33

6. สรุปผล

การใช่วงจรเฟสคอนโทรลกับหลอด LED ทรงกลมที่มีการควบคุมการทำงานโดยใช้ตัวตรวจจับการเคลื่อนไหว (PIR) สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 35.7% เมื่อเทียบกับการใช้หลอดแอลอีดีแบบ T8

ดังนั้น การใช่วงจรเฟสคอนโทรลดังกล่าวจึงเหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการความสว่างมากบางช่วงขณะ เช่น ทางเดินเท้าที่เป็นจุดที่อับสายตา, โรงอาหาร, ลานจอดรถ, บันไดหนีไฟ, สนามหญ้าหน้าบ้าน, สวนสาธารณะ อื่นๆ นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้งานร่วมกับพัดลมไฟฟ้า เช่น โดยปกติในโรงอาหารจะเปิดไฟและพัดลมตลอดระยะเวลาทำการ ไม่ว่าคนจะใช้พื้นที่มากน้อยแค่ไหน ซึ่งพฤติกรรมเช่นนี้จะทำให้เสียค่าไฟฟ้าปริมาณมาก แต่ถ้าใช่วงจรเฟสคอนโทรลดังกล่าว ยิ่งมีคนใช้พื้นที่จำนวนน้อยครั้งจะทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้ามากยิ่งขึ้น จากฮาร์ดแวร์สามารถเพิ่มกระแสให้มากขึ้นได้อีก โดยการเปลี่ยนไดโอดให้รองรับกับภาระไฟฟ้าตามที่ต้องการได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] B. Devenish.(2021, July, 25) .“A guide to LEDs in lighting design”[Online]. Available: <https://www.hampshirelight.net/blog/guide-to-led-in-lighting-design>
- [2] H.I Hsieh and H. Wang,“LED Current Balance Using a Variable Voltage Regulator with Low Dropout vDS Control,” *Applied Sciences* 7(2):206, Feb 2017
- [3] R. M. Abdalaal and C. N. Man Ho, “Characterization of Commercial LED Lamps for Power Quality Studies,” IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC), Saskatoon, SK, Canada, 22-25 Oct. 2017.
- [4] P. Sukserm,“ Comparison Illuminance, Electrical Performance, Harmonic and Energy-saving During Normal Fluorescent Lamps and Fluorescent LED,” The 3rd SAU National Interdisciplinary Conference, Richmond Stylish Convention Hotel, Thailand, 23 Jun. 2016.(in thai)

- [5] S. Adhigunarto, E. Mulyana and W. Surya, "The Analysis of Harmonics on LED Lamps," International Symposium on Materials and Electrical Engineering (ISMEE) 2017. Conf. Series: Materials Science and Engineering 384 (2018) 012061 DOI : 10. 1088/ 1757-899X/384/1/012061
- [6] H. Jin and etc., "Performance of LED Street Lights with Different Color," IEEE Photonics Journal Lighting, vol. 7, no. 6, Dec. 2015.
- [7] D. G. Fink and H. Wayne Beaty, Standard Handbook Electrical Engineering, 1993.
- [8] IEEE Std C57.110 IEEE Recommended Practice for Establishing Transformer Capability When Supplying Non-sinusoidal Load Currents, 1998.
- [9] P. Sukserm and S. Tadsuan, "Comparison of testing results of Oil-immersed Transformer under Linear load and Non-linear load conditions," SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, vol.4, no. 1, Jan. 2018. (in thai)
- [10] Sukhothai Thammathirat open University (2021, Jun. 10) . " Project feasibility analysis tool"[Online].Available: <https://www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom14/04-01-02.html>(in thai)
- [11] Microchip. (2021, Jun. 3). "ATmega328-8bit-Microcontrollers" [Online]. Available : https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328?gclid=Cj0KCQjw1_SHBhCQARIsAFIFRVXGwFV1oNg7G70B61goh4iI7PhhFBAJ3nXJXNxsJDuy2QLol85oIcAaAgaBEALw_wcB
- [12] Electronic Components Datasheet Search (2021, Jul. 20). Available: <https://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/16764/PHILIPS/BT137.html>
- [13] Thailand law safety hot sound luminaire 2549 (2021, Aug. 25). Available: <https://www.ratchakitcha.soc.go.th> (in thai)
- [14] electricity tariff Residential house type of the Metropolitan Electricity Authority(2021, Jul. 4). Available: <https://www.mea.or.th/profile/109/111> (in thai)

ประวัติผู้ประพันธ์



ประสิทธิ์ สุขเสริม
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (คอ.ม.ไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง

รองศาสตราจารย์ประจำ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
งานวิจัยที่สนใจ : เครื่องจักรกลไฟฟ้า การออกแบบระบบส่องสว่าง ระบบควบคุม



สิริวิช ทัดสวน
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (วศ.ม.ไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

งานวิจัยที่สนใจ: คุณภาพไฟฟ้า การศึกษากำลังไฟฟ้าสูญเสียและความร้อนในเครื่องจักรกลไฟฟ้า การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับเครื่องจักรกลไฟฟ้าและการควบคุม ติดตามและป้องกันเครื่องจักรไฟฟ้า ด้วยระบบ Internet of Thing (IOT)