

บทความวิจัย-วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างถนนเพื่อประหยัดพลังงาน

Street Lighting Controller for Energy Saving

ดำรงศักดิ์ อรัญกุล¹

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชธานี อุบลราชธานี

E-mail: Damrongsaka@gmail.com¹

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างของไฟฟ้ามอเตอร์ถนนเพื่อประหยัดพลังงาน แก้อิทธิพลด้านพลังงานในประเทศ โดยใช้ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์กำลังแบบตั้งเวลา ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างประหยัดพลังงานจะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีการใช้ประโยชน์ของการเดินทางสัญจรน้อยคือช่วงเวลาหลังเที่ยงคืนจนถึงเช้าจากความสว่างปกติลดลงให้เหลือร้อยละ 80.3 สำหรับหลอดโซเดียม 250 วัตต์ภายใต้ข้อกำหนดมาตรฐานความส่องสว่างของกรมทางหลวง การควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างในช่วงเวลาที่เดินทางสัญจรน้อยเทียบกับไม่มีการควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างสามารถลดกระแสได้เฉลี่ยร้อยละ 50.77 และสามารถลดการใช้พลังงานลงเฉลี่ยร้อยละ 37.12 ของการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างปกติ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นทางเลือกในการประหยัดพลังงานสำหรับไฟฟ้าแสงสว่างบนท้องถนน

คำสำคัญ: ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่าง, หลอดโซเดียม, มาตรฐานความส่องสว่าง

Abstract

This paper present the street lighting controller for energy saving. Solved of on energy critical in the country. Consists of the power electronics timing controller. It controls the flow of electricity in the period with utilization of less commute time is after midnight until dawn. From the normal brightness reduced to 80.3 percent for sodium lamp 250 watts under standard illumination the Department of Highways. Lighting controller during the commute less compared to no control. It can reducing the stream average 50.77 percent and reduce energy consumption on average 37.12 percent of the normal Electrical Lighting. Therefore, this paper is the choice in saving energy for Electrical Lighting on the road.

Keywords: lighting controller, energy saving, standard illumination the department of highways

บทนำ

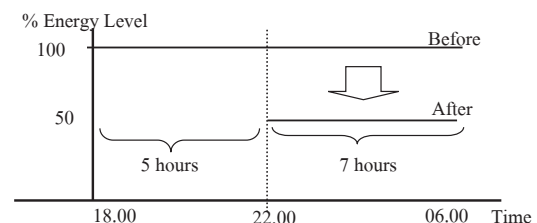
รัฐบาลได้มีนโยบายประหยัดการใช้พลังงานโดยมอบหมายให้กระทรวงพลังงานเป็นหน่วยงานรับผิดชอบ รมรณกัมาตรการการประหยัดพลังงานเพื่อแก้วิกฤติการณ์ด้านพลังงานในประเทศ[1] ระบบไฟถนนและไฟสาธารณะก็เป็นเป้าหมายส่วนหนึ่งที่ลดการใช้พลังงานลง แต่เนื่องจาก

ไฟถนนและไฟสาธารณะมีความจำเป็นสำหรับการสัญจรของประชาชนอย่างช่งเพื่อให้เกิดความปลอดภัยทั้งร่างกายและทรัพย์สินในเวลากลางคืน ความต้องการแสงสว่างของถนนในแต่ละบริเวณจะแตกต่างกันไปตามลักษณะทางกายภาพของถนน[2] สภาพการจราจรและสภาพแวดล้อมของถนนในแต่ละพื้นที่ การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างจะช่วยให้ปลอดภัยยิ่งขึ้น การควบคุมความสว่างของไฟฟ้าแสงสว่างบนถนนช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น. ถึง 06.00 น. โดยแบ่งระดับการควบคุมออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ เวลา 18.00 น. ถึง เวลา 22.00 น. จะเป็นช่วงเวลาที่มีการสัญจรคับคั่ง มีความต้องการแสงสว่างอย่างมากจะไม่มีการควบคุมจากชุดควบคุมแสงสว่าง และช่วงเวลาหลังจากนั้นจนถึง 6 โมงเช้าความต้องการแสงสว่างบนถนนลดลงชุดควบคุมแสงสว่างจะทำงานลดความสว่างของหลอดไฟถนนลง

ดังนั้นบทความนี้เป็นการนำเสนอทางเลือกในการลดใช้พลังงานลงโดยการใช้ชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้านำไปควบคุมแรงดันไฟฟ้าของหลอดไฟถนนในช่วงเวลาที่ความต้องการของผู้สัญจรน้อยลงทำให้ประหยัดพลังงานลงได้

แนวคิด

การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างริมทางมีเพิ่มขึ้นในทุกเส้นทางที่มีผู้คนสัญจรไม่ว่าจะเป็นในเมืองหรือนอกเมือง การใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่จะอยู่ช่วงเวลา 18.00 – 22.00 น. จากนั้นความต้องการไฟส่องทางจะลดลงจนถึงเช้า นั่นหมายถึงใช้งาน 5 ชั่วโมงและไม่ใช้งาน(ใช้น้อย) 7 ชั่วโมงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การใช้พลังงานจากเดิม 12 ชั่วโมงให้ใช้พลังงานลดลง

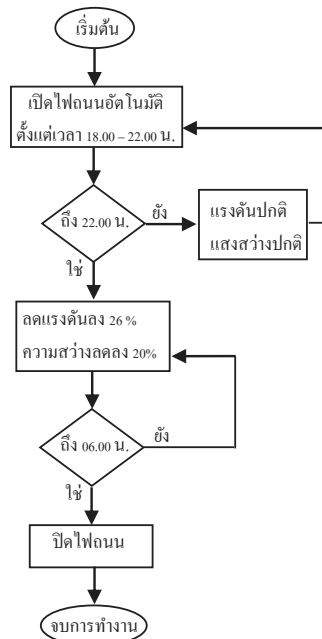
ในรูปแบบทั่วไปที่ใช้กันปกติคือใช้พลังงานไฟฟ้าเต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์และแนวคิดของบทความวิจัยนี้จะทำการลดลงของพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาที่ความจำเป็นลดลงโดยมีเงื่อนไขว่าต้องไม่ทำให้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงมากนัก ดังแสดงในรูปที่ 2

แนวคิดของงานวิจัยนี้จึงต้องการลดค่าพลังงานขณะที่ไม่ใช้งานลงภายใต้ข้อกำหนดมาตรฐานความส่องสว่างของกรมทางหลวง[3] ดังตารางที่ 1

บทความวิจัย – วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

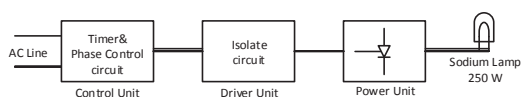


รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุม

ตารางที่ 1 มาตรฐานความส่องสว่างของกรมทางหลวง

ประเภทถนน Street Classifications	ความส่องสว่างเฉลี่ย(ลักซ์) Average Illuminance (Lux)		
	ในเมือง Central-Urban Areas	ชานเมือง Sub-Urban Areas	ชนบท(นอกเมือง) Rural Areas
ถนนสายประธาน High Grade Motorways	21.5	15.0	10.75
ถนนสายหลัก Main Routes	21.5	13.0	9.7
ถนนสายรอง Secondary Routes	13.0	9.7	6.5
ถนนสายย่อย Local Roads	9.7	6.5	2.1
ทางแยก At Junction	21.5	21.5	15.0

ในการสร้างชุดต้นแบบของการควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างประหยัดพลังงาน มีแนวคิดเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการพลังงานซึ่งจะสามารถลดค่าใช้จ่ายกระแสไฟฟ้า และยังทำให้เกิดการใช้ไฟฟ้าอย่างคุ้มค่า โดยเป็นการนำเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์[4] มาใช้ร่วมกันสร้างวงจรต้นแบบประกอบด้วยวงจรควบคุม วงจรขับเอสซีอาร์ และเอสซีอาร์ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ไลอะแกรมรวมของต้นแบบชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่าง

ส่วนควบคุมภายในประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 2 อย่างคือตัวตั้งนับเวลา (Timer) ทำหน้าที่นับเวลาตั้งแต่ระบบไฟฟ้าแสงสว่างถนนเริ่มเปิดทำงาน โดยปกติจะเริ่มเปิดตั้งแต่ประมาณ 18 นาฬิกาถึงเวลาประมาณ 6 นาฬิกา เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้จะสั่งให้ส่วนการควบคุมเฟสเพื่อทำหน้าที่จุดถนนให้กับเอสซีอาร์ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วงจรรวมเบอร์ TCA 785 เป็นไอซีสร้างพัลส์จุดถนนเกดไทรสเตอร์ นั่นหมายถึงสามารถปรับเฟสได้ตั้งแต่ 0 ถึง 180 องศา เพื่อปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้ได้ระดับที่ต้องการส่งต่อไปยังชุดขับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่เป็นการป้องกันระดับของแรงดันที่ต่างกันระหว่างทางเข้าและทางออกไม่ให้เกิดการรบกวนกันเข้าไปยังขาของเอสซีอาร์ควบคุมการไหลของกระแสที่ส่งไปยังหลอดไฟถนนแบบโซเดียมขนาด 250 วัตต์ทำงาน

วิธีการ

การควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างถนนโดยใช้วงจรที่ออกแบบขึ้นเพื่อควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟให้สว่างมากหรือน้อยนั้นในงานวิจัยนี้ ทำการติดตั้งชุดต้นแบบเข้ากับฐานหลอดโซเดียมดังรูปที่ 3 โดยได้ทำการปรับตั้งเวลาเพื่อลดแรงดันให้ได้ตามค่าที่กำหนดมีช่วงเวลาที่ระบบไฟฟ้าแสงสว่างทำการเปิดทำงานให้แสงสว่างเริ่มต้น 18.00 น. ถึง เวลา 22.00 น. จะไม่มีการปรับลดแรงดันเพื่อให้แสงสว่างในการเดินทางสัญจรเต็มที่ ซึ่งในการทดลองของงานวิจัยนี้วัดค่าความสว่างของแสงได้เฉลี่ยประมาณ 58 ลักซ์ที่สูงของโคมหลอดโซเดียมประมาณ 6 เมตรดังรูปที่ 5 และปรับลดระดับแรงดันลงที่ยังทำให้หลอดโซเดียมทำงานปกติและระดับความสว่างของแสงที่มองเห็นอยู่ในข้อกำหนดของมาตรฐานทางหลวงที่กำหนดไว้ได้ความสว่างเฉลี่ยประมาณ 42 ลักซ์



รูปที่ 4 ติดตั้งชุดต้นแบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่าง

ในขั้นการทดสอบชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างถนน ได้ใช้พื้นที่ที่มีระดับความสูงกว่า 6 เมตรที่สามารถติดตั้งชุดโคมหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ที่มีการใส่อุปกรณ์ควบคุมไว้ภายในแล้ว ก่อนการนำชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างไปทดลองใช้งานกับหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ได้ทำการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์ โดยปรับลดระดับแรงดันกับหลอดไส้ธรรมดาขนาด 60 วัตต์ เพื่อดูค่ากระแส ระดับแรงดันที่จ่ายยังหลอด และความสว่างที่ได้ จากนั้นนำชุดต้นแบบนี้ไปติดตั้งเข้ากับหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ทำการปรับลดระดับแรงดันที่หลอดยังให้แสงสว่างภายใต้เงื่อนไขของ

บทความวิจัย – วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

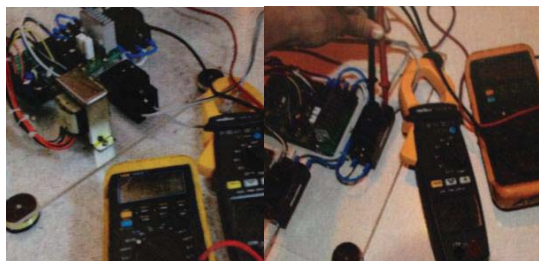
ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

มาตรฐานความปลอดภัยของกรมทางหลวงและติดตั้งหลอดโซเดียมที่ระดับความสูงของเสาไฟประมาณ 6 เมตรดังรูปที่ 5 แล้วทำการวัดความสว่างของแสงอีกครั้ง



รูปที่ 5 การทดลองควบคุมแสงสว่างระดับความสูงประมาณ 6 เมตร

ในขั้นการทดสอบชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างถนน ได้ใช้พื้นที่ที่มีระดับความสูงกว่า 6 เมตรที่สามารถติดตั้งชุดโคมหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ที่มีการใส่อุปกรณ์ควบคุมไว้ภายในแล้ว ก่อนการนำชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างไปทดลองใช้งานกับหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ได้ทำการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์โดยปรับลดระดับแรงดันกับหลอดไส้ธรรมดาขนาด 60 วัตต์ เพื่อค่ากระแส ระดับแรงดันที่จ่ายยังหลอด และความสว่าง



รูปที่ 6 การทดสอบอุปกรณ์และการปรับแต่ง

ที่ได้ จากนั้นนำชุดต้นแบบนี้ไปติดตั้งเข้ากับหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ทำการปรับลดระดับแรงดันที่หลอดยังให้ความสว่างภายใต้เงื่อนไขของมาตรฐานความปลอดภัยของกรมทางหลวงและติดตั้งหลอดโซเดียมที่ระดับความสูงของเสาไฟประมาณ 6 เมตรดังรูปที่ 5 แล้วทำการวัดความสว่างของแสงอีกครั้ง

ผลการทดลอง

ผลการทดลองปรับลดแรงดันและกระแสไฟฟ้าให้ได้ตามเวลาที่กำหนดจะทำการวัดค่าของแรงดันและกระแสในขณะปกติและลดแรงดันลงครึ่งแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวัดค่าแรงดันกระแสไฟฟ้าและค่าความสว่างที่ได้จากเครื่องต้นแบบที่ต่อยังหลอดขนาด 60 วัตต์

ผลการวัด ค่าเฉลี่ย	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมป์)	ความสว่าง (ลักซ์)
ก่อนใช้เครื่องต้นแบบ	215.83	0.278	70.41
หลังใช้เครื่องต้นแบบ	177.83	0.187	34.41

ทดสอบการลดแรงดันของเครื่องต้นแบบชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่าง โดยนำไปต่อกับหลอดขนาด 60 วัตต์เพื่อหาความสามารถของเครื่องต้นแบบในการควบคุมแรงดันที่จ่ายมีความเสถียรภาพเพียงใด ซึ่งจากตารางที่ 2 เป็นค่าเฉลี่ยของแรงดัน กระแส และค่าความสว่างที่ได้จากการเก็บข้อมูลทุก 15 นาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมงเปรียบเทียบกันระหว่างยังไม่ต่อเครื่องต้นแบบและหลังจากต่อเครื่องต้นแบบ พบว่าลดกระแสได้ประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ ลดแรงดันได้ 17.06 เปอร์เซ็นต์และค่าความสว่างลง 48.87 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเมื่อนำเครื่องต้นแบบไปต่อใช้งานกับหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ตามรูปที่ 4 มีผลการทดสอบดังตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบระดับแรงดัน กระแส และค่าความสว่างแล้วพบว่า ในการทดสอบปรับลดแรงดันเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 157.43 โวลต์จากแรงดันที่ป้อนเข้ามาที่ยังไม่ต่อชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างนี้ ทำให้สามารถลดแรงดันคิดเป็น 26.87 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 การวัดค่าแรงดันกระแสไฟฟ้าและค่าความสว่างที่ได้จากเครื่องต้นแบบที่ต่อยังหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์

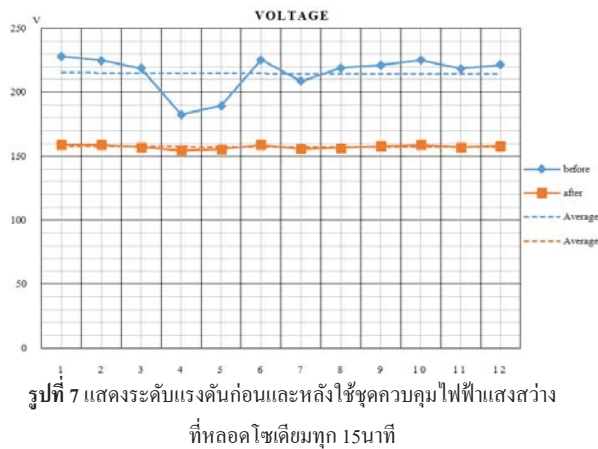
ครั้งที่	ก่อนใช้เครื่องต้นแบบ			หลังใช้เครื่องต้นแบบ		
	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมป์)	ความสว่าง (ลักซ์)	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมป์)	ความสว่าง (ลักซ์)
1	228	3.12	58	159.2	1.54	42
2	225	3.05	57	159	1.54	42
3	218.8	2.94	48	157.1	1.49	41
4	182.6	2.64	44	154.7	1.41	37
5	189.5	2.76	42	155.6	1.43	38
6	225.5	3.07	55	158.9	1.54	43
7	208.8	2.85	46	155.9	1.44	39
8	219	2.95	50	156.7	1.46	40
9	221.2	2.98	55	158	1.53	43
10	225.2	3.04	56	159	1.54	43
11	218.5	2.94	49	157	1.48	42
12	221.5	2.98	54	158.1	1.53	43
เฉลี่ย	215.3	2.943	51.166	157.4	1.494	41.083

ใช้การเก็บข้อมูลทุก 15 นาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมงแสดงเป็นกราฟของค่าแรงดันทุกช่วงเวลาได้ดังรูปที่ 6 แรงดัน ไฟฟ้าที่วัดได้ของหลอดโซเดียมที่ยังไม่ได้ผ่านชุดควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 182.6 ถึง 228 โวลต์ แต่

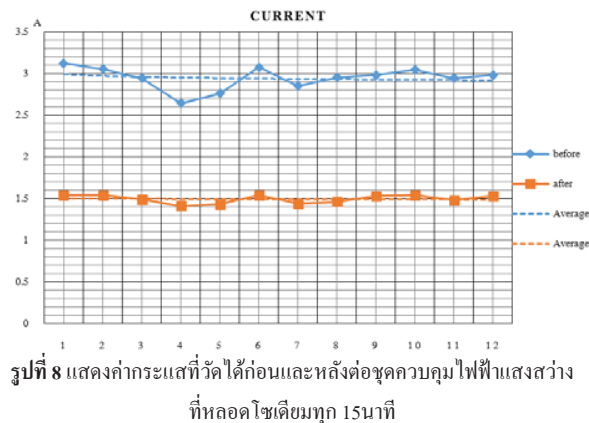
บทความวิจัย – วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand



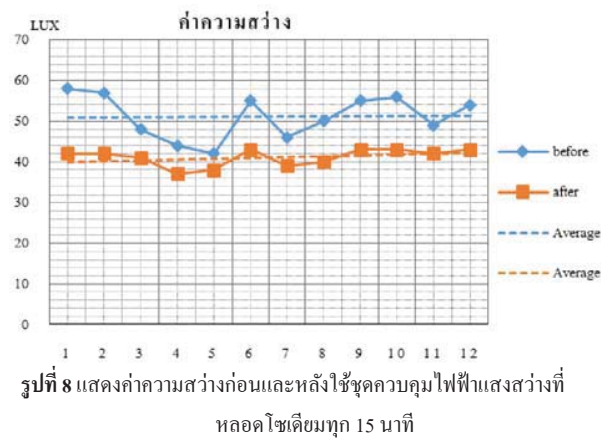
เมื่อใส่ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างแล้วระดับแรงดันลงอยู่ระหว่าง 154.7 ถึง 159.2 โวลต์ รูปที่ 7 กระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าหลอดโซเดียมก่อนการใช้



ชุดควบคุมอยู่ระหว่าง 2.64 ถึง 3.12 แอมป์ เฉลี่ยอยู่ที่ 2.94 แอมป์และเมื่อวัดค่ากระแสอีกครั้งหลังจากต่อชุดควบคุมแล้วมีค่าอยู่ระหว่าง 1.41 ถึง 1.54 แอมป์ ลดลงเฉลี่ยอยู่ที่ 1.49 แอมป์ ดังนั้นสามารถลดกระแสหลอดเป็น 49.23 เปอร์เซ็นต์

ค่าความสว่างวัดของหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ที่ความสูงประมาณ 6 เมตรก่อนใช้ชุดควบคุมอ่านค่าได้ระหว่าง 42 ถึง 58 ลักซ์ คิดเป็นค่าเฉลี่ยประมาณ 51.16 ลักซ์ ดังรูปที่ 8 และเมื่อต่อชุดควบคุมไฟฟ้าสามารถวัดค่าความสว่างได้อยู่ระหว่าง 37 ถึง 43 ลักซ์คิดเป็นค่าเฉลี่ย 41.08 ลักซ์เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างก่อนและหลังใช้ชุดควบคุมพบว่ามีความสว่างลดลงเพียง 19.7 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาต้นทุนของชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างอยู่ที่ราคาประมาณ 3,500 บาท ถ้าคิดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แต่ละวันเฉพาะส่วนที่เริ่มจาก 22.00 น. ไปจนถึง 6.00 น. คิด 7 ชั่วโมงจะใช้พลังงานไฟฟ้า 4.43 หน่วยต่อวัน ในขณะที่ต่อชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างจะใช้พลังงานไฟฟ้า 1.61 หน่วยต่อวันและถ้าคิดเฉลี่ยค่าไฟฟ้าต่อหน่วยประมาณ 3.50 บาท จะมีจุดคุ้มทุนประมาณ 1 ปี



สรุป

ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างถนนเพื่อประหยัดพลังงานนี้ได้นำหลักการความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์นำมาประยุกต์ใช้กับระบบไฟฟ้าแสงสว่างถนนที่ใช้หลอดโซเดียมส่วนใหญ่โดยระบบของชุดควบคุมไฟฟ้าถนนนี้ประกอบด้วยส่วนตั้งแต่และควบคุมแรงดัน ส่วนวงจรขับอุปกรณ์เอสซีอาร์ และส่วนควบคุมหลอดไฟ(เอสซีอาร์กำลัง) ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างประหยัดพลังงานจะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีการใช้ประโยชน์ของการเดินทางสัญจรน้อยคือช่วงเวลาหลังเที่ยงคืนจนถึงเช้าจากความสว่างปกติลดลงให้เหลือร้อยละ 80.3 สำหรับหลอดโซเดียม 250 วัตต์ภายใต้ข้อกำหนดมาตรฐานความส่องสว่างของกรมทางหลวง การควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างในช่วงเวลาที่เดินทางสัญจรน้อยเทียบกับไม่มีการควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างสามารถลดกระแสได้เฉลี่ยร้อยละ 50.77 และสามารถลดการใช้พลังงานลงเฉลี่ยร้อยละ 37.12 ของการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างปกติ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นทางเลือกในการประหยัดพลังงานสำหรับไฟฟ้าแสงสว่างบนท้องถนน

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพลังงาน “นโยบายด้านพลังงานของรัฐบาล” <http://www.energy.go.th/>
- [2] สภาวิศวกร “มาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพเรื่องแนวทางการปฏิบัติด้านประสิทธิภาพทางพลังงานของโคมไฟถนน” กุมภาพันธ์ 2554, กรุงเทพฯ
- [3] กรมทางหลวง “ข้อกำหนดและมาตรฐานทั่วไปงานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง” กันยายน 2554, กรุงเทพฯ
- [4] รศ.ดร.วีระเชษฐ ชันเงินและดร.วุฒิพล ธาราธิรเศรษฐ์ “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง” กันยายน 2547, กรุงเทพฯ