ES-610

การจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของดวงโคมติดผนังที่มีการกระจายความเข้มส่องสว่าง เพื่อลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองอย่างเหมาะสมในช่วงความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

Energy Management in Lighting System of Wall Lamp with Luminous Intensity Distribution to Optimize Energy Consumption Reduce for Peak Demand

บัญชา บูรณพัฒนศิริ[1] ชำนิ ใจประดิษฐ์ธรรม[2] และไชยวรุฒ จันทร์อุดร[3]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและการจัดการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
1761 ถ.พัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 โทรศัพท์ 02-3202777
[2,3]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
1761 ถ.พัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 โทรศัพท์ 02-3202777 E-mail: j_chamni@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าและการจัดการพลังงานในระบบแสงสว่างที่มีการติดตั้งดวงโคมติดผนังภายในอาคาร โดยใช้ลักซ์มิเตอร์ (Luxmeter) วัดความส่องสว่างของดวงโคม หาการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมที่ได้จากการวัดพิกัดมุมต่างๆ และใช้อุปกรณ์ตรวจจับ(Motion Sensor) ควบคุมการทำงานของดวงโคมภายในห้อง ตรวจจับความเคลื่อนไหวการให้แสงสว่าง ศึกษาการลดจำนวนดวงโคมที่ไม่จำเป็นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความส่องสว่าง ดังนั้นจึงนำแนวทางการประหยัดพลังงานนี้ไปทำการควบคุมระบบแสงสว่างให้เหมาะสม หาโหลดกราฟกำลังไฟฟ้าของดวงโคมในช่วงความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand)ในแต่ละวัน และวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์หาอัตราผลตอบแทนการลงทุน ผลการวิจัยนี้พบว่าเมื่อลดจำนวนดวงโคมที่ไม่จำเป็นจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 1,549 กิโลวัตต์- ชั่วโมงต่อปี ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานเท่ากับ 6,978 บาทต่อปีและมีอัตราผลตอบแทนเท่ากับ 43.56 %

คำสำคัญ: ความเข้มส่องสว่าง, ระบบแสงสว่าง, การจัดการพลังงาน, ดวงโคมติดผนัง, ประหยัดพลังงาน

Abstract

The objective of this research paper is to study electric power consumption and energy management in indoor lighting systems where wall lamps are installed, using a luxmeter to measure the luminosity of the lamp, the luminous intensity distribution of the luminaire obtained by measuring the coordinates of different angles. And use a motion sensor detector to control the operation of the lamp in the room, motion detection in the lighting. Study of reducing the number of unnecessary luminaires, to increase the luminance efficiency. Therefore, this energy saving approach is used to control the lighting system appropriately. Find the power load graph of lamp in the peak demand of the day, and economic analysis to find the rate of return on investment. The results of this research found that by reducing the number of unnecessary luminaires, it can reduce electricity consumption to 1,549 kWh per year, resulting in energy cost savings equal to 6,978 Baht per year, and the rate of return is 43.56 %.

Keywords: luminous intensity, lighting system, energy management, wall lamp, energy saving

1. บทนำ

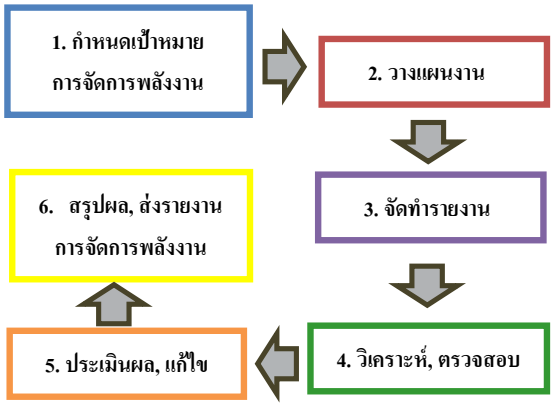
ในสภาวะปัจจุบันนี้รูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเป็นมูลเหตุให้อัตราการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทุกๆปี นับเป็นภาระหนักต่อฐานะการเงิน การลงทุนของทุกประเทศที่จะต้องจัดหาพลังงานมาให้เพียงพอและเหมาะสม นอกจากนี้ยังจะต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานจำนวนมาก ค่าไฟฟ้าที่เกิดจากค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเป็นค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งที่ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องจ่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดให้มีค่าที่เหมาะสม ถือเป็นการลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี โดยทั่วไปการควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดนี้จะมีการตรวจวัดจากระบบภายในอาคาร แล้วปิดโหลดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นการทำงานในลักษณะนี้อาจส่งผลกระทบกับผู้ใช้ไฟในอาคารของระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศ ดังนั้นบทความนี้ผู้วิจัยเห็นความสำคัญในการลดค่าใช้จ่ายพลังงานจึงนำเสนอจำแนก 3 ส่วน คือส่วนที่ 1 บริหารจัดการพลังงานของดวงโคมติดผนังในระบบแสงสว่างภายในอาคาร

เริ่มทำการจัดเก็บข้อมูล กำหนดเป้าหมาย วางแผนงาน ดำเนินงาน และประเมินผล ส่วนที่ 2 ทำการทดสอบดวงโคมติดผนังโดยใช้ Luxmeter วัดความส่องสว่างของดวงโคม หาการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคม และส่วนที่ 3 วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ หาอัตราผลตอบแทนการลงทุน ลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองเพื่อประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง ปรับปรุงคุณภาพแสงสว่างของดวงโคมให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

2. หลักการ

2.1 ความหมายของการจัดการพลังงาน

ระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System : EMS) คือ การประยุกต์ใช้ระบบจัดการข้อมูลที่ทันสมัย จะรวบรวมข้อมูลต่างๆ ช่วยในการทำงานสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น เพื่อบริหารจัดการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายพลังงาน ระบบการจัดการพลังงานประกอบด้วย ส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ การวัด การจัดการข้อมูล และการควบคุม [1]



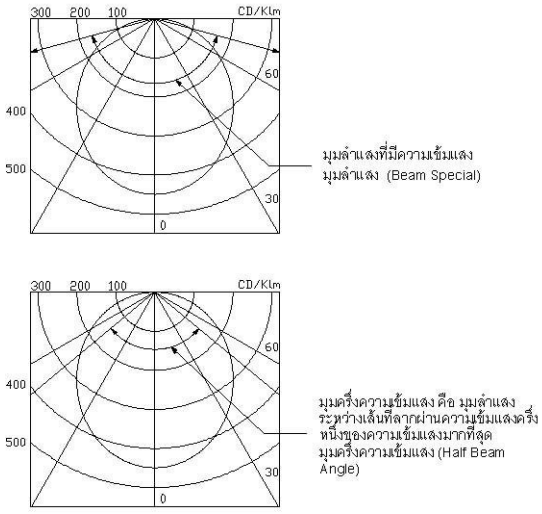
รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานในการจัดการพลังงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานในการจัดการพลังงานตามมาตรฐาน ISO 50001 [1] แสดงดังรูปที่ 1 สามารถอธิบายจำแนกได้ 6 ขั้นตอน มีดังนี้

(1) การกำหนดเป้าหมายการจัดการพลังงาน
(2) วางแผน อบรมและกิจกรรมส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน
(3) จัดทำรายงานเกี่ยวกับการจัดการพลังงาน
(4) การดำเนินการ วิเคราะห์แนวทางปฏิบัติตามเป้าหมาย
(5) ทบทวน ประเมินผลและแก้ไขของการจัดการพลังงาน
(6) สรุปผล และส่งรายงานการจัดการพลังงานไปยังองค์กร

2.2 การกระจายความส่องสว่าง (Luminance Distribution)

การกระจายความส่องสว่างของดวงโคมจะแสดงลักษณะเป็นรูปกราฟ ทำให้ทราบถึงชนิดของดวงโคมที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง กราฟกระจายความส่องสว่างของดวงโคมมีหลายแบบจะขึ้นอยู่กับชนิดของดวงโคม การกระจายแสงที่สมมาตรกับแนวดิ่งก็จะเป็นกราฟกระจายความส่องสว่างของดวงโคมรูปโพลาร์และไอโซแคนเดลาไดอะแกรมนั้น กราฟการกระจายแสงของดวงโคมที่นิยมใช้ ได้แก่ กราฟการกระจายความเข้มส่องสว่าง หน่วยเป็นแคนเดลา(cd) ที่มุมลำแสงต่างๆ หรือแคนเดลาต่อกิโลลูเมน (cd/klm) แสดงดังรูปที่ 2 ถ้าดวงโคมมีค่าความเข้มส่องสว่างเท่ากับ 500 cd/klm ที่มุมลำแสง 10 องศา



รูปที่ 2 การกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมเมื่อเกิดมุมลำแสง

คำนวณความส่องสว่างของดวงโคมเพื่อหาค่าความเข้มส่องสว่าง I ที่มุมวิกฤต γ ช่วงระหว่าง 45°-85° จากกราฟกระจายความส่องสว่างของดวงโคม คำนวณหาค่าลูมิแนนซ์ในสมการที่ (1) ที่มุมวิกฤตแสงจ้า และนำไปเขียนกราฟก็จะได้กราฟของดวงโคม โดยคำนึงถึงควอลิตี้คลาส (Class) และความเข้มส่องสว่างที่ใช้งาน ดังนี้

$$L = \frac{I(cd)}{A\cos\gamma} \quad (1)$$

กำหนดให้

L คือ ลูมิแนนซ์ของดวงโคม มีหน่วย cd/m^2
I คือ ความเข้มส่องสว่างที่มุมวิกฤต γ หน่วย cd, lumen/w
A คือ พื้นที่ดวงโคมที่ให้แสง หน่วย m^2
γ คือ มุมวิกฤตแสงจ้าระคายตา (Glare)

2.3 การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า

การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้าสามารถทำได้โดยลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ค่าพลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร จะหาได้จากสมการที่ (2) ดังนี้

$$C_1 = DC(P + EC)\,E$$
$$= 256.07(P + 1.7034)E \quad (2)$$

กำหนดให้

C_1 คือ ค่าไฟฟ้าที่คิดพลังงานสูงสุดที่ใช้ (บาท)

DC คือ อัตราความต้องการกำลังสูงสุด (บาทต่อกิโลวัตต์)

P คือ ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์)

E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)

ผู้ใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร ทำการคิดหาอัตราการใช้ค่าไฟฟ้าแบบ TOU ของการไฟฟ้านครหลวง ผู้ใช้ไฟเสียค่าไฟฟ้าตามอัตราตามช่วงเวลาของความต้องการใช้ไฟฟ้า (Peak Demand) หาค่าไฟฟ้าแบบ TOU ดังนี้

$$C_T = DC\,(P+EC_1)E_1+EC_2xE_2 \quad (3)$$

กำหนดให้

EC_1 คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วง Peak (บาทต่อหน่วย)

E_1 คือ ปริมาณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วง On Peak (หน่วย)

E_2 คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ช่วง Off Peak

EC_2 คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak (บาทต่อหน่วย)

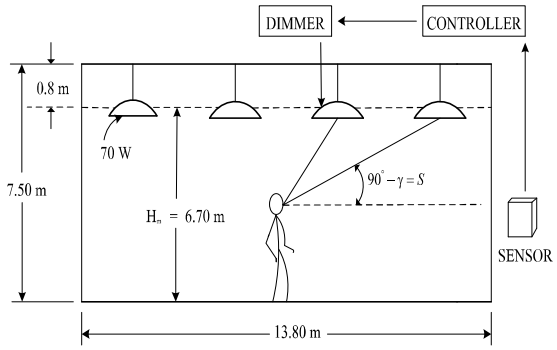
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการทดสอบดวงโคมติดผนังภายในอาคาร วิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าและใช้ Luxmeter วัดความส่องสว่างของดวงโคมติดผนัง หาการกระจายความเข้มส่องสว่าง ค่าที่ได้จากการวัดพิกัดมุมต่างๆ นำไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพความส่องสว่างของดวงโคม มีการติดตั้ง Motion Sensor ควบคุมการทำงานของดวงโคมภายในห้อง เป็นอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวการให้แสงสว่างทั้งกลางวันและกลางคืนแบบ 24 ชั่วโมง สามารถควบคุมแบบสัมผัสครั้งเดียวผ่านรีโมท ใช้พลังงานต่ำ Motion Sensor จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆเป็นระบบอัตโนมัติ ประหยัดพลังงาน ลดจำนวนชั่วโมงการใช้งานเนื่องจากเป็นระบบที่ใช้พลังงานน้อย ช่วยแก้ปัญหาลืมเปิด-ปิดไฟทิ้งไว้ ช่วยลดการใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น และสามารถปรับตั้งเวลาให้ไฟเปิดค้างไว้ได้ตามต้องการแสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งอาคารแห่งหนึ่งมีขนาดพื้นที่ห้องกว้าง 7.50 m ความยาว 13.80 m โดยคิดค่าพลังงานไฟฟ้าหน่วยละ 7 บาท และคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าจากสมการ kWhr/เดือน = (W/1,000)x 5 ชั่วโมงต่อวัน x 30 วันต่อเดือน

3.1 เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูลและทดสอบ

3.1.1 แบบสอบถาม เพื่อบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละวันและแต่ละเดือน ปริมาณค่าไฟฟ้าโดยเฉลี่ย อัตราค่าไฟฟ้ารวมต่อเดือน เป็นต้น

3.1.2 เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง (Luxmeter) เพื่อใช้วัดค่าความส่องสว่างบริเวณพื้นที่ ความเข้มแสงที่ได้จากเครื่องวัดมีหน่วยลักซ์ (Lux)



รูปที่ 3 ติดตั้ง Motion Sensor ควบคุมการทำงานของดวงโคมภายในห้อง

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากห้องภายในอาคาร โดยใช้เอกสารประเมินการตรวจสอบ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลจะเกี่ยวกับค่าสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของการติดตั้งดวงโคมติดผนังในแต่ละวันและในแต่ละเดือนของช่วงปี 2563 จะประกอบด้วย ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของดวงโคม ค่าใช้จ่ายของพลังงานไฟฟ้า และค่าความส่องสว่าง เป็นต้น

(ก) (ข)

รูปที่ 4 (ก) อุปกรณ์ตรวจจับ Motion Sensor ควบคุมระบบแสงสว่าง และ (ข) วัดระดับแนวชุดควบคุมการหมุนดวงโคมกับเครื่องวัดแสง Luxmeter

4. การทดสอบและผลการทดสอบ

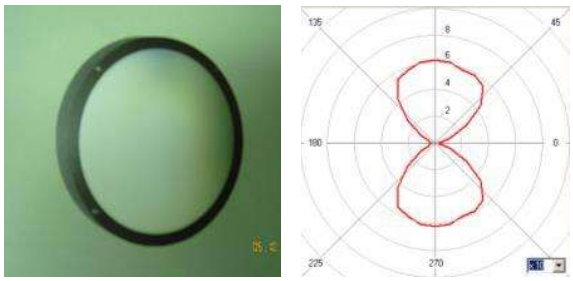
4.1 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ติดตั้งดวงโคมเข้ากับชุดจับยึดแท่นของชุดทดสอบในแนวตั้ง
2. ใช้เครื่องวัด Luxmeter TES-1334 มีระยะห่างจากชุดทดสอบ 3-5 m
3. ป้อนแรงดัน 220 V $\pm$ 2%ให้ชุดควบคุมและดวงโคมไฟที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ ดวงโคมชนิด OD-7003 และชนิด OD – 7017 แสดงดังรูปที่ 4 (ข)
4. กดปุ่ม Switch ดวงโคมไฟที่ทดสอบจะหมุนตามแกน X ครั้งละ 10 องศาจน 180 องศา จะแสดงผลการกระจายความเข้มแสงที่ Computer
5. Relay จะหน่วงเวลาการอ่านค่าของ Luxmeter ครั้งละ4 sec/10 องศา

ES-610

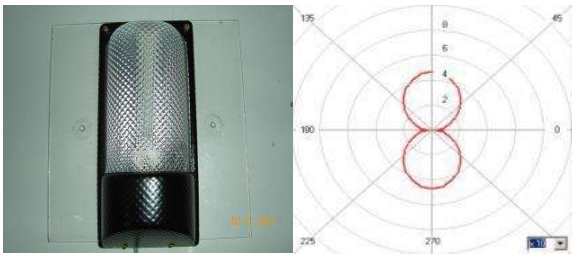
4.2 การบันทึกผลทดสอบและ Plot Polar Curve

ทำการติดตั้งเครื่องวัดโดยกำหนดระยะห่าง 2 m ของดวงโคมติดผนังกับ Luxmeter กดปุ่ม Start ที่ตู้ควบคุมเพื่อควบคุมมุมให้หมุนไปยังค่าองศาในทิศทางต่างๆ ตู้ควบคุมจะอ่านค่าจาก Luxmeter แล้วส่งผลไปยังหน้าจอ Computer เพื่อประมวลผลบันทึกกราฟแสดงดังรูปที่ 5, รูปที่6



(ก) (ข)

รูปที่ 5 (ก) ดวงโคมติดผนังชนิด OD–7003 CLASS I และ(ข) ผลกราฟโพลาร์การกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมที่ระยะ 2 m



(ก) (ข)

รูปที่ 6 (ก) ดวงโคมติดผนังชนิด OD – 7017 CLASS I และ(ข) ผลกราฟโพลาร์การกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมที่มีระยะ 2 m

5. ผลการวิเคราะห์

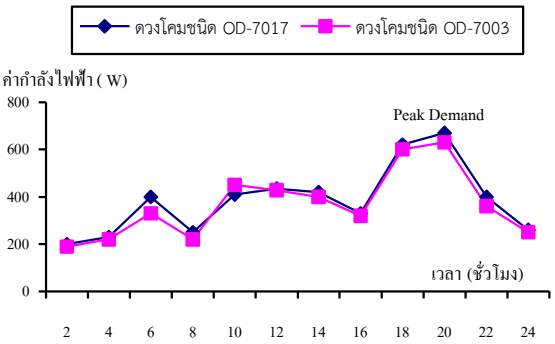
ผลจากตารางที่ 1 แสดงผลวิเคราะห์เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการลดจำนวนดวงโคมที่ไม่จำเป็นในช่วงเวลาก่อนและหลังการใช้งาน จึงพบว่าก่อนใช้งานเวลา 12.00 น. จะใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าหลังใช้งานเวลา 23.00 น.ประมาณ 2,096 W มีค่าพลังงานไฟฟ้า 5,376 kWh/year และมีค่าไฟฟ้ามากกว่าคือ 24,203 บาทต่อปี เมื่อเทียบกับหลังใช้งานของดวงโคมจะพบว่าสามารถลดกำลังไฟฟ้าได้ 443 W ซึ่งลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 1,549 kWh/year และช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าคือ 6,978 บาทต่อปี และผลตารางที่ 2 เมื่อติดตั้ง Motion Sensor ภายในห้องเพื่อควบคุมการทำงานของดวงโคมและลดจำนวนชั่วโมงการใช้งาน จึงพบว่าสามารถจัดการพลังงานในระบบแสงสว่างเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของดวงโคมได้ 1,491 kWh/year และประหยัดค่าไฟฟ้าเท่ากับ 6,713 บาทต่อปี ทำให้สามารถคืนทุนภายใน 1 ปี 25 วัน มีอัตราผลตอบแทนเท่ากับ 43.56 %

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์ในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการลดจำนวนดวงโคมที่ไม่จำเป็นในช่วงก่อนและหลังเวลา

รายการ	กำลังไฟฟ้า (W)	พลังงานไฟฟ้า (kWh/year)	ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)
ก่อน (12.00 น.)	2,096	5,376	24,203
หลัง (23.00 น.)	1,653	3,827	17,225
ผลประหยัดพลังงาน	443	1,549	6,978

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการลดจำนวนชั่วโมงการใช้งานและติดตั้ง Motion Sensor ในช่วงก่อนและหลังเวลา

รายการ	กำลังไฟฟ้า (W)	พลังงานไฟฟ้า (kWh/year)	ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)
ก่อน (13.00 น.)	895	1,926	8,653
หลัง (01.30 น.)	895	435	1,940
ผลประหยัดพลังงาน	-	1,491	6,713



รูปที่ 7 ผลโหลดกราฟกำลังไฟฟ้าของดวงโคมใช้ Motion Sensorใน 1 วัน

6. สรุปผล

ผลจากรูปที่ 7 แสดงโหลดกราฟความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดภายใน 1 วันเมื่อใช้เครื่องวัดแสง Luxmeter และMotion Sensor ควบคุมการทำงานของดวงโคมในห้อง จึงพบว่าช่วง On Peak เวลา 20.00 น.มีการใช้โหลดสูงสุดของดวงโคมชนิด OD-7017 มีค่ากำลังไฟฟ้า 670 W ผลการวิจัยพบว่าการลดจำนวนดวงโคมที่ไม่จำเป็น การปิดไฟฟ้าบริเวณทางเดิน การติดตั้งแผ่นไฟเบอร์โปร่งแสงบนหลังคาเพื่อใช้แสงธรรมชาติและลดความสูงของดวงโคมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความส่องสว่าง ดังนั้นนำแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้านี้ไปวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายต่างๆ จะสามารถลดการใช้พลังงานในการจัดการพลังงานของระบบแสงสว่าง

เอกสารอ้างอิง

[1] อนุรักษ์พลังงานระบบการจัดการพลังงานมาตรฐาน ISO 50001, กรมพัฒนาพลังงานทดแทน กระทรวงพลังงาน, พิมพ์ครั้งที่ 1,2554