

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างปกติกับระบบแสงสว่างที่อาศัยแสงจากธรรมชาติ

A Comparison of Daylight with/without Lighting System Electrical Energy

รุ่งโรจน์ สุริโยภาส¹ พุทธพร เศวตสกุลานนท์²

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตนนทบุรี

7/1 ถ.นนทบุรี 1 ต.สวนใหญ่ อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000

โทร 0-2969-1369 Email:rungroj@non.rit.ac.th

² ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

51 หมู่ 1 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

โทร. 0-2988-3666 Email:Budhapon@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างปกติกับระบบแสงสว่างที่อาศัยแสงจากธรรมชาติ สามารถทำการทดสอบได้โดยทำการควบคุมความสว่างโดยใช้มู่ลี่ควบคุมปริมาณแสงสว่างจากภายนอก ซึ่งทำการทดสอบได้ 3 กรณี โดยทำการควบคุมค่าความสว่างภายในห้องให้เหมาะสมกับการใช้งาน จากผลการทดสอบพบว่า เมื่อทำการวัดกำลังไฟฟ้าระบบแสงสว่างที่อาศัยแสงจากธรรมชาติ พบว่าทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 78.63% ของระบบแสงสว่างปกติ จากการวิจัยนี้เป็นทางเลือกหนึ่งในการประหยัดพลังงานสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

คำสำคัญ : ประหยัดพลังงาน ระบบแสงสว่าง

Abstract

The purpose of this paper is compared electrical used of sunlight with and without lighting system. The material curtains was controlling light quantity of testing room. The test method has 3 cases based on lighting control. It depends lighting quantity at working area. In the part of experimental, electrical energy use of lighting system with daylight is least than lighting system at 78.63%. This research is one of the alternatives for electrical energy saving of the lighting system.

Keywords : Energy Saving, Lighting System

1. คำนำ

ปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เข้าเป็นส่วนหนึ่งในการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยปกติในการผลิตพลังงานไฟฟ้าต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน เป็นต้น มาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า แหล่งพลังงานต่างๆ เหล่านี้ล้วนเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วมีวันหมดไป ซึ่งถ้ามนุษย์รู้จักแต่การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างฟุ่มเฟือยแล้วสักวันหนึ่ง

เชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าอาจหมดเร็วเกินไปอาจทำให้ต้องสูญเสียเงินตราต่างประเทศเพื่อนำเข้าเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น เพื่อนำมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า หรืออาจต้องหาแหล่งพลังงานชนิดอื่นเพื่อมาทดแทน ดังนั้นในปัจจุบันนี้ทางรัฐบาลได้เล็งเห็นปัญหานี้ จึงมีนโยบายรณรงค์ให้ประชาชนประหยัดพลังงานในรูปแบบต่างๆ ขึ้น เช่น การประหยัดพลังงานไฟฟ้า และการส่งเสริมให้ใช้พลังงานทดแทน เป็นต้น เพื่อเป็นการตอบสนองนโยบายของรัฐบาล จึงมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้นมากเพื่อทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างคุ้มค่าที่สุด เช่น ระบบเครื่องปรับอากาศ และระบบแสงสว่าง เป็นต้น ซึ่งโดยปกติทั่วไปในการออกแบบระบบแสงสว่างจะเป็นการออกแบบตามลักษณะการใช้งานเพื่อให้มีความสว่างเพียงพอและเหมาะสมในการปฏิบัติงานตามพื้นที่นั้นๆ เช่น การออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารและภายนอกอาคาร และการออกแบบระบบแสงสว่างสนามกีฬา เป็นต้น [1-3] ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้เพื่อนำเสนอแนวความคิดที่จะนำแสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้ร่วมกับระบบไฟฟ้าแสงสว่างปกติ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการประหยัดพลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ตามนโยบายของรัฐบาล

2. ทฤษฎี

2.1 การส่องสว่าง (Illumination)

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างด้วยวิธีลูเมน (Lumen Method) จำเป็นต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่างๆ เช่น ขนาดของห้อง สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเพดาน ฝ้าผนัง และพื้น เป็นต้น โดยปกติในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงจะสัมพันธ์กับตัวประกอบการใช้งาน (Utilization Factor) ค่าตัวประกอบการใช้งานสามารถหาได้จากการเปิดตารางค่าตัวประกอบการใช้งาน[2] ซึ่งทำให้ทราบค่าการสะท้อนแสงของเพดาน โดยทั่วไปจะเลือกใช้ค่า 0.3 0.5 และ 0.7 ค่าการสะท้อนแสงของฝ้าผนังเลือกใช้ค่า 0.1 0.3 และ 0.5 ค่าการสะท้อนแสงของพื้นเลือกใช้ค่า 0.1 และ 0.3 [2-3]

2.2 ค่ารูมอินเด็กซ์ (Room Index)

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเพดาน ผผนัง และพื้น ตามมาตรฐาน CIE จะใช้ค่ารูมอินเด็กซ์ (Room Index) เพื่อใช้ในการหาค่าตัวประกอบการใช้งานจากตารางสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟฟ้า โดยค่ารูมอินเด็กซ์สามารถหาได้จากสมการที่ (1)

$$K = \frac{(L \times W)}{h_m \times (L + W)} \quad (1)$$

เมื่อ K คือ ค่ารูมอินเด็กซ์

L คือ ความยาวของห้อง (m)

W คือ ความกว้างของห้อง (m)

h_m คือ ระยะห่างจากระนาบใช้งานถึงตำแหน่งโคม (m)

2.3 วิธีลูเมน (Lumen Method)

การออกแบบระบบแสงสว่างด้วยวิธีลูเมนเป็นการคำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยที่ตกกระทบบนพื้นที่ใช้งาน สามารถหาค่าฟลักซ์บนพื้นที่ใช้งานและค่าความสว่างได้จากสมการที่ (2) และ (3)

$$\phi_t = E \times A \quad (2)$$

$$\phi_L = \frac{\phi_t}{UF \times MF \times n} \quad (3)$$

เมื่อ E คือ ค่าความสว่าง (lux)

A คือ พื้นที่ห้อง (m²)

ϕ_t คือ ฟลักซ์บนพื้นที่ใช้งาน (lumen)

ϕ_L คือ ฟลักซ์ที่ติดตั้งแต่ละดวงโคม (lumen)

UF คือ ตัวประกอบการใช้งาน

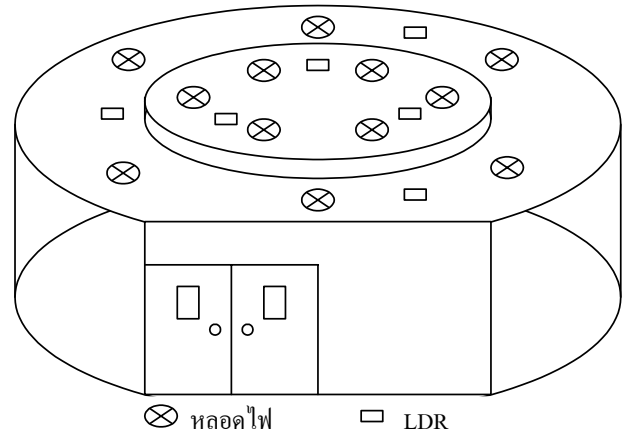
MF คือ ค่าการบำรุงรักษา (Maintenance Factor)

n คือ จำนวนโคม

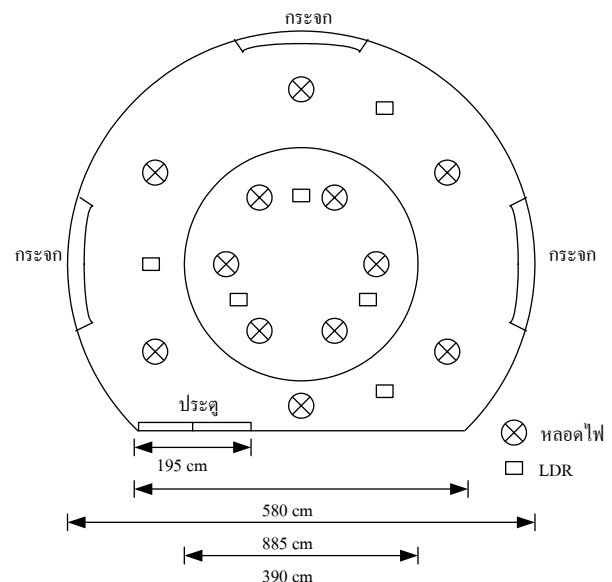
3. การออกแบบ

3.1 การออกแบบระบบแสงสว่างด้วยวิธีลูเมน

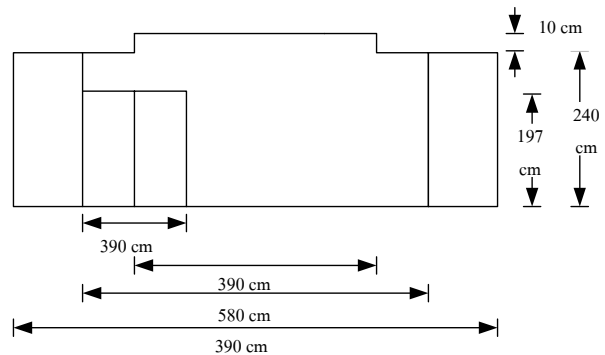
ในการออกแบบระบบแสงสว่างของห้องปฏิบัติการโดยทั่วไป จะใช้ค่าระดับความสว่างในการออกแบบเท่ากับ 350-500 lux ในงานวิจัยนี้เลือกระดับความสว่างในการออกแบบที่ 400 lux [2-3] ห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการออกแบบมีลักษณะเป็นทรงกลมซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 1 ถึง 3 โดยใช้วิธีลูเมนในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เลือกค่าการบำรุงรักษาเท่ากับ 0.8 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเพดาน ผผนัง และพื้น เท่ากับ 0.7 0.5 และ 0.1 ตามลำดับ



รูปที่ 1 ลักษณะของห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 2 ตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมและเซ็นเซอร์ของห้องปฏิบัติการ เมื่อมองจากด้านบน



รูปที่ 3 ขนาดของห้องปฏิบัติการเมื่อมองจากด้านหน้า

การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างด้วยวิธีลูเมน สามารถทำการคำนวณค่าต่างๆ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ห้องทั้งหมด} &= \text{พื้นที่สี่เหลี่ยม} + (0.75 \times (\text{พื้นที่วงกลม} - \text{พื้นที่สี่เหลี่ยม})) \\ &= 40.96 + (0.75 \times (60.82 - 40.92)) \\ &= 55.85 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ฟลักซ์การส่องสว่างบนพื้นที่ใช้งาน} &= 400 \times 55.85 \\ &= 22,340 \text{ lux} \end{aligned}$$

จากสมการที่ (1) จะได้

$$K = 55.85 / (1.55 \times 13.8) = 2.611$$

นำค่า K และสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงไปเปิดตารางเพื่อหาค่าตัวประกอบการใช้งานได้เท่ากับ 0.8611 ดังนั้นจากสมการที่ (3) จะได้

$$\phi_L = 22,340 / (12 \times 0.8611 \times 0.8) = 2,702 \text{ lumen}$$

ดังนั้นจากค่าฟลักซ์ที่ได้จึงเลือกหลอดไส้ขนาด 200 วัตต์ และทำการติดตั้งหลอดไส้ที่ห้องปฏิบัติการจำนวน 12 โคม (12 ดวง) ดังรูปที่ 1 และ 2

3.2 การออกแบบชุดควบคุม

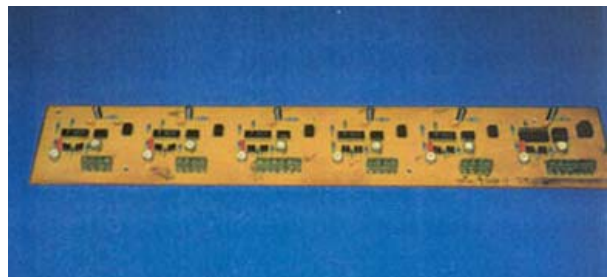
ในการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของชุดควบคุมจะเป็นการนำแสงจากธรรมชาติมาใช้ในการควบคุมความสว่างของหลอดไฟ เพื่อให้มีระดับความสว่างเท่ากับ 400 lux ซึ่งเป็นระดับความสว่างที่ออกแบบไว้ ซึ่งสามารถแสดงการทำงานของวงจรควบคุมการทำงานได้ดังรูปที่ 4 ซึ่งจะประกอบไปด้วย อุปกรณ์รับแสงซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ LDR และทำการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter) โดยใช้หลักการของ R to 2R Ladder ขนาด 8 บิต เชื่อมต่อเข้ากับพอร์ต A (Port A) ของไอซีเบอร์ 8255 เพื่อส่งสัญญาณไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSC-51 ทำการประมวลผลโดยแสดงแผงวงจรย่อยซึ่งเป็นหน่วยประมวลผลของชุดควบคุมได้ดังรูปที่ 5 และส่งสัญญาณต่อไปยังชุดแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก (Digital to Analog Converter) โดยนำไปสร้างสัญญาณจุดชนวนของ ไตรแอก (TRIAC) วงจรจุดชนวนเกตของ ไตรแอกจะใช้ไอซีเบอร์ TCA785 กำหนดลักษณะของพัลส์เป็นแบบพัลส์ยาว (Long Pulse) และใช้ออปโตคัปเปิล (Optocouple) เป็นตัวแยกกราวด์ (Isolate) ระหว่างวงจรจุดชนวนกับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ใช้ออปโตคัปเปิลเบอร์ MOC 3011 สามารถแสดงแผงวงจรย่อยจุดชนวนเกตของ ไตรแอก ได้ดังรูปที่ 6 แล้วส่งสัญญาณต่อไปที่วงจรรีไฟเพื่อควบคุมปริมาณแสงสว่างของหลอดไฟ โดยใช้ ไตรแอกเบอร์ BTA 04 400A และแสดงรูปด้านหน้าของชุดควบคุมได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 4 การทำงานของชุดควบคุม



รูปที่ 5 แผงวงจรย่อยของชุดควบคุม



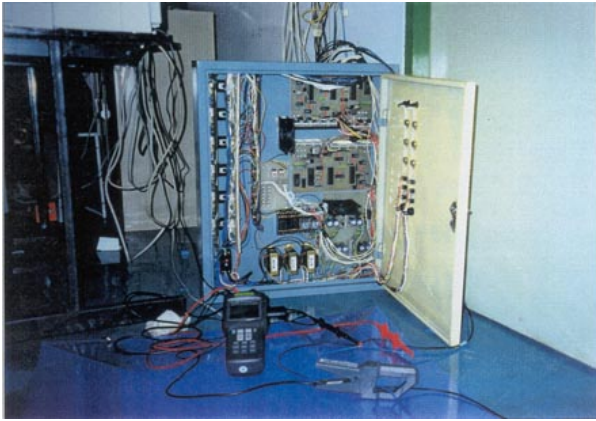
รูปที่ 6 แผงวงจรจุดชนวนเกตของ ไตรแอก



รูปที่ 7 ชุดควบคุม

3.3 วิธีการทดสอบ

การทดสอบชุดควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ประหยัดพลังงานสำหรับแสงสว่าง ทำได้โดยติดตั้งโคมชนิดดาวนไลท์ (Downlight) ที่ห้องปฏิบัติการ โดยใช้หลอดไส้ขนาด 200 W จำนวน 12 หลอดตามที่ออกแบบในหัวข้อ 3.1 และทำการติดตั้งอุปกรณ์รับแสงจำนวน 6 จุด ดังรูปที่ 2 แล้วทำการติดตั้งชุดควบคุมเข้ากับระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในห้องปฏิบัติการ โดยที่ควบคุมความสว่างไว้ที่ 400 lux และทำการต่อเครื่องมือวัดเข้ากับชุดควบคุมซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การติดตั้งเครื่องมือวัดกับชุดควบคุม

เนื่องจากในห้องปฏิบัติการได้ทำการติดตั้งมิเตอร์หน้าต่างไว้ทั้ง 3 ด้านดังนั้นการควบคุมปริมาณแสงจากภายนอกที่สามารถส่องเข้ามาภายในห้องปฏิบัติการได้ 2 รูปแบบคือ ในขณะที่ปิดมู่ลี่ และขณะเปิดมู่ลี่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้เงื่อนไขการทดสอบตามลักษณะการต่อชุดควบคุมกับการให้แสงจากภายนอกอาคารซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 กรณีคือ

- กรณีที่ 1 เมื่อไม่ต่อชุดควบคุมกับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
- กรณีที่ 2 เมื่อต่อชุดควบคุมกับระบบไฟฟ้าแสงสว่างและทำการปิดมู่ลี่ที่หน้าต่าง
- กรณีที่ 3 เมื่อต่อชุดควบคุมกับระบบไฟฟ้าแสงสว่างและทำการเปิดมู่ลี่ที่หน้าต่าง

การทดสอบในงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบตั้งแต่วันที่ 10.00 น. ถึง 18.00 น. เมื่อทำการวัดค่าต่างๆ แล้วทำการบันทึกผลการทดลองทั้ง 3 เงื่อนไขแล้ว นำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาหาเปอร์เซ็นต์ของการประหยัดพลังงาน ได้ตั้งสมการที่ (4) เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงาน

$$S_E = \frac{E_n - E_c}{E_n} \times 100 \quad (4)$$

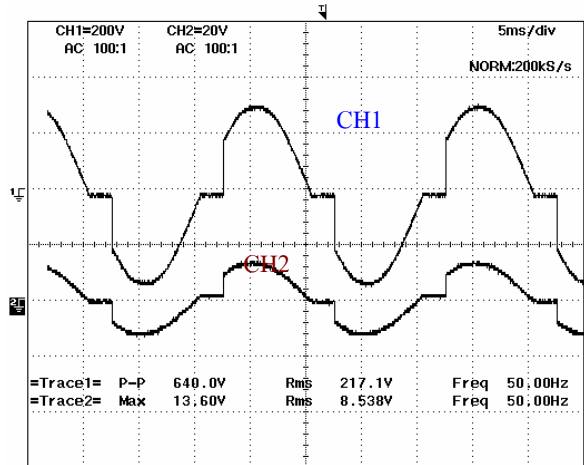
เมื่อ

- S_E คือ เปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงาน
- E_n คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าเมื่อไม่ต่อชุดควบคุม (kWh)
- E_c คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าเมื่อต่อชุดควบคุม (kWh)

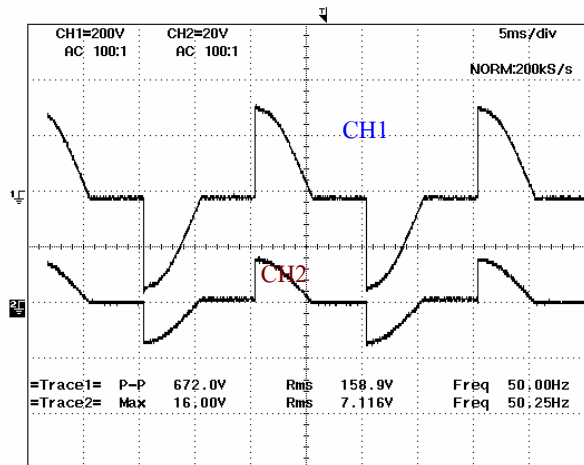
4. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

ผลการทดสอบชุดควบคุมการทำงาน สามารถทำการวัดรูปคลื่นของแรงดัน(CH1) และกระแส(CH2) ด้านเอาต์พุตของวงจรกำลัง ที่มุมจุดชนวน 45 90 และ 135 องศา ได้ดังรูปที่ 9 10 และ 11 ตามลำดับ

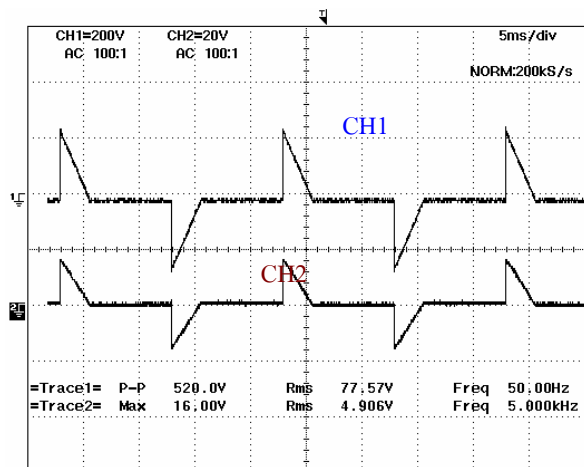
ผลการทดสอบของอุปกรณ์ประหยัดพลังงานได้จากทั้ง 3 กรณี เพื่อทำการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น



รูปที่ 9 มุมจุดชนวนที่ 45 องศา

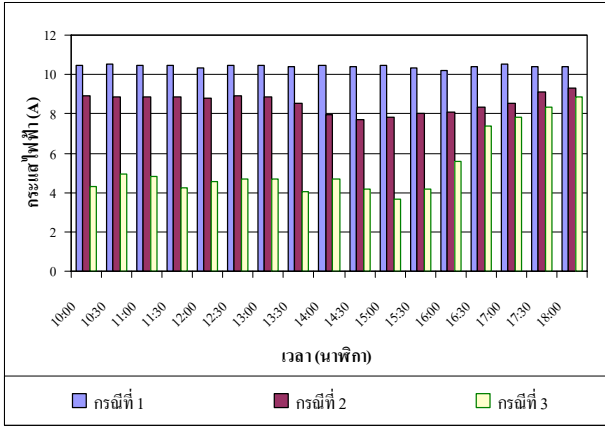


รูปที่ 10 มุมจุดชนวนที่ 90 องศา

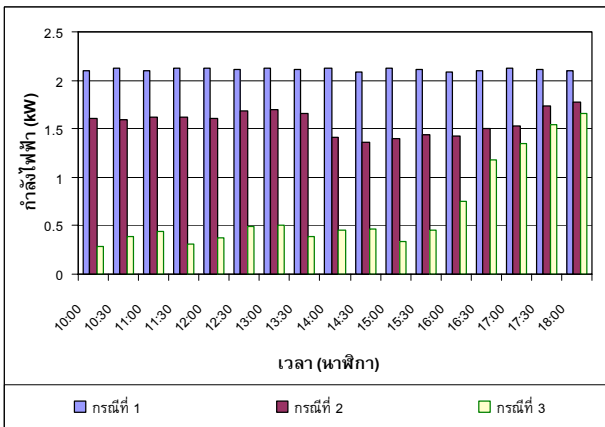


รูปที่ 11 มุมจุดชนวนที่ 135 องศา

การทดสอบทั้ง 3 กรณี สามารถทำการทดสอบและบันทึกผลการทดสอบตั้งแต่เวลา 10.00 น. ถึง 18.00 น. สามารถแสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าที่เวลาต่างๆ ได้ดังรูปที่ 12 และแสดงความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าที่เวลาต่างๆ ได้ดังรูปที่ 13



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าที่เวลาต่างๆ

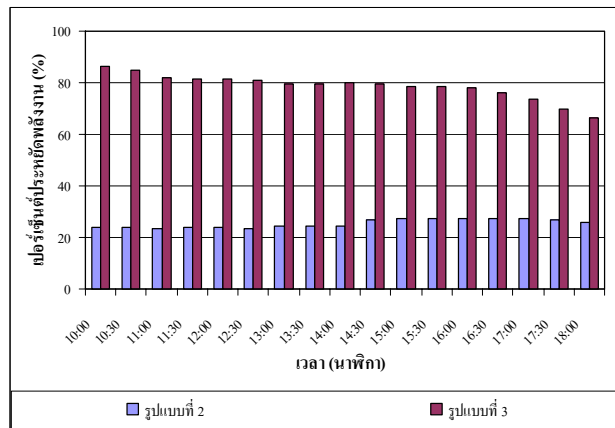


รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าที่เวลาต่างๆ

จากรูปที่ 12 และ 13 จะพบว่าในกรณีที่ 2 ใช้กระแสไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่ากรณีที่ 1 ซึ่งจะพบว่าการทดสอบขณะทำการต่อชุดควบคุมเข้ากับระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะเป็นการนำแสงสว่างจากภายนอกเข้ามาให้แสงสว่างร่วมกับหลอดไฟ ซึ่งเมื่อทำการควบคุมค่าความสว่างไว้ที่ต้องการแล้ว ทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้จากรูปที่ 13 พบว่าในช่วงเวลาระหว่าง 10.00 น. ถึง 16.00 น. ในกรณีที่ 2 พบว่า ใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 81.5% เมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 เพราะช่วงเวลาดังกล่าวมีแสงจากภายนอกอาคารเข้ามาช่วยในการให้แสงสว่างกับห้องปฏิบัติการ ทำให้การใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟในการให้แสงสว่างน้อยลง และช่วงเวลาตั้งแต่ 16.00 น. ถึง 18.00 น. จะใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟในการให้แสงสว่างเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแสงสว่างจากภายนอกอาคารให้แสงสว่างกับห้องปฏิบัติการน้อยลง

และในกรณีที่ 3 จะเห็นว่าในช่วงเวลาระหว่าง 10.00 น. ถึง 16.00 น. สามารถใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 43.25% เมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 และช่วงเวลาตั้งแต่ 16.00 น. ถึง 18.00 น. จะใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟในการให้แสงสว่างเพิ่มมากขึ้น

จากผลการทดลองในรูปที่ 12 และ 13 จะเห็นว่าเมื่อทำการต่อชุดควบคุมเข้ากับระบบไฟฟ้าแสงสว่างซึ่งเป็นการนำแสงสว่างจากภายนอกอาคารเข้ามาใช้ร่วมกับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง สามารถหาเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานจากสมการที่ (4) ได้ดังรูปที่ 14 โดยแสดงเปอร์เซ็นต์การประหยัดในกรณีที่ 2 และ 3 พบว่าในกรณีที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานได้ประมาณ 25.33% เมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 และในกรณีที่ 3 ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานได้ประมาณ 78.63% เมื่อเทียบกับการทดสอบกรณีที่ 1



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ประหยัดพลังงานที่เวลาต่างๆ

5. สรุป

จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อทำการต่อชุดควบคุมเข้ากับระบบไฟฟ้าแสงสว่างในห้องปฏิบัติการและควบคุมค่าความสว่างภายในห้องให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งผลการทดสอบในกรณีที่ 2 พบว่าประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 25.33% ของการใช้งานแบบปกติเมื่อเทียบกับระบบไฟฟ้าแสงสว่างปกติ และในกรณีที่ 3 พบว่าประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 78.63% ของการใช้งานแบบปกติ โดยที่ช่วงเวลาในการทดสอบมีผลกับการประหยัดพลังงานด้วย เพราะถ้าหากมีแสงสว่างจากภายนอกอาคารมากขึ้นจะทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น

ในการออกแบบระบบแสงสว่างโดยอาศัยแสงสว่างจากภายนอกอาคาร จากผลการวิจัยนี้พบว่าสามารถทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ แต่จำเป็นต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบด้านอื่นๆที่เหมาะสมในการเลือกใช้งานของระบบแสงสว่างที่อาศัยแสงจากธรรมชาติกับระบบอื่นๆ เช่น ระบบปรับอากาศ ซึ่งจะต้องพิจารณาดังกล่าวด้วยเช่น ชนิดของกระจก มู่ลี่และฉนวนกันความร้อน เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาคีวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. สมชาย สุรชัยและคณะ, "อุปกรณ์ประหยัดพลังงานสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง", ปรินท์งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 2542.
2. ศุภี บรรจงจิตร, "วิศวกรรมการส่องสว่าง", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2538.
3. ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ "การออกแบบระบบแสงสว่าง", แสงมิตร กรู๊ป.