การพัฒนาเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง ชนิดหลอด 8 หุน

DEVELOPMENT LUMINOUS EFFICACY SENSOR FOR INDOOR LED T8 LAMP

โดย

นายเจติวรรษ วงศ์ธรรม
นายฏฐพงศ์ สุบิน
นางสาวฐิติพร แสงดาว
นายณภัทร พรรณวรรณ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจาคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา2560

การพัฒนาเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง ชนิดหลอด 8 หุน

DEVELOPMENT LUMINOUS EFFICACY SENSOR FOR INDOOR LED T8 LAMP

โดย

นายเจติวรรษ วงศ์ธรรม
นายฎฐพงศ์ สุบิน
นางสาวฐิติพร แสงดาว
นายณภัทร พรรณวรรณ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจาคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา2560

DEVELOPMENT LUMINOUS EFFICACY SENSOR FOR INDOOR LED T8 LAMP

CHETIWAT WONGTHAM

TATHAPONG SUBIN

THITIPRON SANGDAW

NAPAT PHANAVAN

THIS PROJECTSUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FORTHE BACHELORDEGREE INELECTRICAL ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

ปีการศึกษา 2560

การพัฒนาเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุน
DEVELOPMENT LUMINOUS EFFICACY SENSOR FOR INDOOR LED T8 LAMP

โดย

นายเจติวรรษ วงศ์ธรรม
นายฏฐพงศ์ สุบิน
นางสาวฐิติพร แสงดาว
นายณภัทร พรรณวรรณ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.อรรถพล เจ่าพิทักษ์กุล

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา2560

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุน

ผู้จัดทำ

1. นายเจติวรรษ วงศ์ธรรม
2. นายฏฐพงศ์ สุบิน
3. นางสาวฐิติพร แสงดาว
4. นายณภัทร พรรณวรรณ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถพลเง่าพิทักษ์กุล)

การพัฒนาเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุน

นายเจติวรรษ วงศ์ธรรม
นายฏฐพงศ์ สุบิน
นางสาวฐิติพร แสงดาว
นายณภัทร พรรณวรรณ
รศ.ดร.อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีเป้าหมายในการพัฒนาชุดเซนเซอร์เพื่อใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุน โดยชุดเซนเซอร์นี้ประกอบด้วยเซนเซอร์ 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 คือ เซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้าและเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า เพื่อที่จะวัดค่าทางไฟฟ้า เช่น ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ฯลฯ ประเภทที่ 2 คือเซนเซอร์วัดแสงซึ่งวัดค่าความสว่าง (Lux) เมื่อชุดเซนเซอร์นี้ถูกนำไปติดตั้งควบคู่กับหลอดไฟที่ใช้งานจริง หากหลอดไฟมีค่าความสว่างต่อวัตต์ต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าหลอดไฟนั้นเสื่อมประสิทธิภาพ และหลอดไดโอดเปล่งแสงขนาดเล็กสีแดงจะทำการแจ้งเตือนโดยการกระพริบเพื่อเป็นสัญญาณเตือนให้เปลี่ยนหลอดไฟ ผลจากกระบวนการการทำงานของชุดเซนเซอร์ดังกล่าวจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบส่องสว่าง

DEVELOPMENT LUMINOUS EFFICACY SENSOR FOR INDOOR LED T8 LAMP

Chetiwat Wongtham
Tathapong Subin
Thitipron Sangdaw
Napat Phanawan
Assor.Prof.AtthapolNgaopitakkulAdvisor
Year 2017

ABTRACT

This project aim to develop sensors unit to perform real time luminous efficiency validation and alert user about it deteriorate in T8 Light Emitting Diode (LED) luminaire. The propose sensors unit consists of2 types of sensors: First voltage and current sensor that measured electrical parameter such as voltage, current, and power etc. Second light sensor that measured illuminance value (lux). The proposed sensors unit is installed with an actual lamp. If the Lux per Watt (lx/W) is less than 70 percent, the small Light Emitting Diode (LED) indicator will flashing in order to alert user for luminaire replacement. The result from actual testing reveal the effective operation of proposed unit. This unit can be used to further increase energy efficiency lighting system.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีต้องขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่เปิดโอกาสให้จัดทำโครงงานนี้ขึ้นมา โดยคอยช่วยเหลือให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในการทำงาน ตลอดจนทุนทรัพย์ที่ใช้ในการจัดทำโครงงาน

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ใช้สถานที่ในการทดลองและแก้ไขโครงงาน รวมไปถึงให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ รุ่นพี่ที่กำลังศึกษาในระดับมหาบัณฑิตที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนวทางในการทำงาน รวมถึงเพื่อน ๆ ที่ทำงานอยู่ในห้องโปรเจคเดียวกัน ที่คอยช่วยเหลือและแบ่งปันความรู้ให้แก่กัน

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ได้อบรมสั่งสอนรวมทั้งให้ความรู้ในแต่ละรายวิชา และขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนมาตั้งแต่เริ่มต้นในทุกด้านอย่างเต็มที่ ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstrac	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเปนมาและความสำคัญของปญหา	1
1.2 วัตถุประสงคของโครงงาน	10
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน	10
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	10
1.5 แผนการดำเนินโครงงาน	11
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	12
1.6.1 ประโยชน์ด้านสังคมและการอนุรักษ์พลังงาน	12
1.6.2 ประโยชน์ทางวิศวกรรม	12
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 นิยามและศัพท์เกี่ยวกับแสง	13
2.1.1 มุมตัน (Solid angle :ω)	13
2.1.2 ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux : ϕ_v)	13
2.1.3 ความสว่าง (Illuminance : E_v)	13
2.1.4 ความเข้มส่องสว่าง (Luminous intensity :I_v)	14
2.2 เส้นโค้งโพลาร์ (Polar Curve)	14
2.3 การคำนวณกำลังไฟฟ้า	15
2.3.1 กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power : S)	15
2.3.2 กำลังไฟฟ้าจริง (Real Power : P)	15
2.3.3 กำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power : Q)	15
2.4 โมดูลเซ็นเซอร์วัดค่า	16
2.4.1 โมดูลเซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage Sensor)	16
2.4.2 โมดูลเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า (Current Sensor)	16
2.4.3 เซนเซอร์วัดแสง (Light Sensor)	17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 อาดูโน่ (Arduino) 17

2.5.1 อาดูโน่โปรมินิ 328 (Arduino Pro Mini 328) 17

2.5.2 โมดูลแปลงสัญญาณชนิดเอฟที 232 อาร์แอล (FT232RL) 18

บทที่ 3 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

3.1 โครงสร้างการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจวัดอายุการใช้งานของหลอดไฟฟ้า 20

3.2 การออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ 21

3.2.1 การเลือกใช้อุปกรณ์ในชุดทดสอบ 21

3.2.1.1 เซนเซอร์วัดแสง (Light Sensor) 21

3.2.1.2 เซนเซอร์วัดกระแส (Current Sensor) 28

3.2.1.3 เซนเซอร์วัดแรงดัน (Voltage Sensor) 31

3.2.1.4 ชุดประมวลผล 33

3.2.2 การออกแบบชุดทดสอบ 35

3.2.2.1 การออกแบบชุดคำสั่ง 35

3.2.2.2 การออกแบบวงจรชุดตรวจสอบประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้า 37

3.3 การติดตั้งชุดทดสอบ 40

บทที่ 4 การทดลองผลการทดลอง

4.1 การหาระยะการติดตั้งเซนเซอร์แสงที่เหมาะสมที่สุด 43

4.2 การทดลองวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ขณะใช้งานหลอดไฟ 47

4.2.1 หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง 47

4.2.2 การทดลองของหลอดเก่าในช่วงกลางวัน 48

4.2.3 การทดลองของหลอดใหม่ในช่วงกลางวัน 54

4.2.4 การทดลองของหลอดเก่าในช่วงกลางคืน 61

4.2.5 การทดลองของหลอดใหม่ในช่วงกลางคืน 67

4.3 การปรับปรุงสภาวะการใช้งานเพิ่มเติม 74

4.3.1 สภาวะวัดค่าเริ่มต้น (Initial Mode) 74

4.3.2 สภาวะตรวจวัดการทำงานปกติ (Normal Mode) 75

4.3.3 สภาวะการปิดใช้หลอดไฟ (Sleep Mode) 76

บทที่ 5 ข้อสรุป ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

5.1 สรุปผลการทดลอง 78

5.2 ข้อเสนอแนะและปัญหาที่พบ 78

5.3 แนวทางการพัฒนา 78

สารบัญ (ต่อ)

เอกสารอ้างอิง 79

ภาคผนวก 83

ภาคผนวก ก บทความทางวิชาการ 84

ประวัติผู้เขียน 94

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 อายุการใช้งานหลอดไฟแต่ละประเภท	4
1.2 เซนเซอร์วัดแสงบนโทรศัพท์สมาร์ทโฟน	6
2.1 เส้นโค้งโพลาร์ของดวงโคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์	14
2.2 โมดูลเซ็นเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้า ZMPT101B	16
2.3 การวัดกระแสไฟฟ้าโดยใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์ (Hall Effect Sensor)	16
2.4 โมดูลเซนเซอร์วัดแสงชนิดโฟโต้ไดโอด BH1750	17
2.5 อาดูโน่ โปร มินิ 328 (Arduino Pro Mini 328)	17
2.6 PIN OUT ของ อาดูโน่ โปร มินิ 328 (Arduino Pro Mini 328)	18
2.7 โมดูลแปลงสัญญาณชนิดเอฟที 232 อาร์แอล (FT232RL)	19
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจวัดอายุการใช้งานของหลอดไฟฟ้า	20
3.2 เซนเซอร์วัดแสง BH1750	22
3.3 เซนเซอร์วัดแสงรุ่น TSL2561	22
3.4 ทิศทางของมุมมองและตำแหน่งของชุดเซนเซอร์และชุดหลอดไฟ	24
3.5 ตำแหน่งเซนเซอร์วัดแสงในระนาบแนวนอนที่ 0 และ 45 องศา	25
3.6 ตำแหน่งเซนเซอร์วัดแสงในระนาบแนวตั้งที่ 0 และ 45 องศา	26
3.7 ระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับหัวรับแสง	27
3.8 เซนเซอร์วัดกระแสรุ่น SCT-013 000	28
3.9 เซนเซอร์วัดกระแสรุ่นACS712-5A	28
3.10 เซนเซอร์วัดกระแสรุ่น ACS714-5A	29
3.11 การต่อวงจรวัดกระแสของเซนเซอร์และเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า	30
3.12 เซนเซอร์วัดแรงดัน ZMPT101B	31
3.13 การต่อวงจรวัดแรงดันของเซนเซอร์และเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า	32
3.14 อาดูโน่ยูโน่ (Arduino Uno R3)	34
3.15 อาดูโน่โปรมินิ 328 (Arduino Promini328)	34
3.16 อาดูโน่เอเท็นนี่ 85 (Arduino ATTiny85)	34
3.17 แผนผังกระบวนการประมวลผลของชุดคำสั่ง	36
3.18 แผนผังวงจรภายในกล่องชุดทดสอบ	37
3.19 ด้านหน้ากล่องทดสอบ	38
3.20 ภายในกล่องทดสอบ	38
3.21 ชุดหลอดไฟโคมตะแกรง	40
3.22 กล่องชุดทดสอบที่ติดตั้งอยู่ด้านบนของชุดหลอดไฟโคมตะแกรง	41

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.23 เซนเซอร์วัดแสงที่ติดตั้งอยู่ที่ขั้วของชุดหลอดไฟโคมตะแกรง 42
4.1 ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟเป็นเวลา 30 นาที 43
4.2 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Lumaxที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางวัน 48
4.3 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางวัน 50
4.4 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางวัน 51
4.5 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ NAGASที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางวัน 53
4.6 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Lumaxที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางวัน 55
4.7 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Philipsที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางวัน 56
4.8 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ TFCที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางวัน 58
4.9 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ NAGASที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางวัน 59
4.10 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Lumaxที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางคืน 61
4.11 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Philipsที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางคืน 62
4.12 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ TFCที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางคืน 64
4.13 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ NAGASที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางคืน 65
4.14 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Lumaxที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางคืน 67
4.15 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางคืน 68
4.16 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางคืน 70
4.17 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ NAGASที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางคืน 71
4.18 การกำหนดค่าเริ่มต้นการใช้งานของหลอดไฟในสภาวะวัดค่าเริ่มต้น (Initial Mode) 75
4.19 การเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าทุก ๆ 30 นาที
ในสภาวะตรวจวัดการทำงานปกติ (Normal Mode) 76
4.20 การทำงานในสภาวะการปิดใช้หลอดไฟ (Sleep Mode) 77

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ความส่องสว่างที่เหมาะสมสำหรับอาคารที่อยู่อาศัย	3
1.2 ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์ตรวจวัดแสง	8
3.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์แสง	23
3.2 ตารางบันทึกค่าความเข้มแสงที่ได้จากเซนเซอร์เทียบกับเครื่องวัดความเข้มแสง	27
3.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์วัดกระแส	29
3.4 ตารางบันทึกค่ากระแสที่ได้จากเซนเซอร์เทียบกับเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า	31
3.5 ตารางบันทึกค่าแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์เทียบกับเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า	33
3.6 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของอาดูโน่	35
4.1 ค่าต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ยของความเข้มแสงที่ระยะต่าง ๆ	46
4.2 คุณสมบัติเบื้องต้นของหลอดไฟทั้ง 4 ยี่ห้อ	47
4.3 ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของหลอดไฟทั้ง 4 ยี่ห้อ	73

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การประหยัดพลังงานและความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเป็นหัวข้อสำคัญในการวิจัย ในปัจจุบันการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกี่ยวข้องอย่างมากกับการใช้พลังงานในปัจจุบัน คาร์บอนไดออกไซด์เหล่านี้มาจากการเผาไหม้ของไฮโดรคาร์บอนซึ่งใช้สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานในพื้นที่ชุมชนเมือง อันเกิดมาจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัดมากเกินไป โดยไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบต่อพื้นที่ชุมชนเมืองซึ่งส่งผลเสียต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชุมชนเมืองทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ทำให้หลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนหันมาให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพของการใช้พลังงานจึงทำให้อาคารประหยัดพลังงานกลายเป็นจุดมุ่งหมายที่สำคัญเพราะการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมีความสำคัญต่อความยั่งยืนของโลก

การอนุรักษ์พลังงานและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ หมายถึง การผลิตและการใช้พลังงานอย่างประหยัด เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน [1] พ.ศ. 2535 ประกาศใช้เมื่อวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2535 กำหนดให้กลุ่มเป้าหมาย คือ โรงงาน, อาคารควบคุมและอาคารที่อยู่อาศัยมีหน้าที่ต้องดูแลการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นระบบ ดังนั้นเจ้าของโรงงานและผู้บริหารอาคารธุรกิจจำเป็นต้องตระหนักถึงสิทธิหน้าที่ความรับผิดชอบ ขั้นตอนการปฏิบัติต่าง ๆ และบริการที่รัฐจัดเตรียมไว้ให้เพื่อที่จะปฏิบัติตามกฎหมายได้อย่างถูกต้อง

การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร [2] ได้แก่

1. การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร
2. การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพรวมทั้งการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม
3. การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงานตลอดจนการแสดงคุณภาพของวัสดุก่อสร้างนั้น ๆ
4. การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ
5. การใช้และการติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

6. การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์
7. การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

จากข้อ4 “การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ” ได้มีการสำรวจงานวิจัยพบว่าหลอดไฟฟ้ามีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดอื่นๆโดยเฉลี่ยประมาณ 37% [3] ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้และนำไปสู่การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 35% จึงมีหลายหน่วยงานหันมาให้ความสำคัญกับอุปกรณ์ให้แสงสว่างอย่างหลอดไฟฟ้าซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เป็นที่นิยมเนื่องจากมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและให้ประโยชน์ที่หลากหลายเช่น เพื่อให้แสงสว่างในชีวิตประจำวัน หรือเพื่อใช้ตกแต่งให้ความสวยงาม เป็นต้น โดยอุปกรณ์หลักที่ใช้ในระบบไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร คือ หลอดไฟฟ้า บัลลาสต์ และโคมไฟซึ่งมีหลายประเภทตามความต้องการใช้งานที่แตกต่างโดยการใช้งานหลอดไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากคำนึงถึงการประหยัดพลังงานแล้วยังต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องเช่น การออกแบบระบบแสงสว่างที่เหมาะสม การใช้งานหลอดไฟฟ้าอย่างถูกวิธีและการบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าส่องสว่างอย่างสม่ำเสมอเป็นต้น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้พลังงาน

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีคุณภาพนอกจากทำให้การประกอบกิจกรรมต่าง ๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังต้องมีค่าใช่จ่ายในการใช้งานน้อยลงการเลือกซื้อหลอดไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งสำคัญโดยหลักในการเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าส่องสว่าง คือ [4][5] การพิจารณาประสิทธิภาพของแสงซึ่งสามารถดูได้จากค่าลูเมนต่อวัตต์ (ถ้ามีค่ามากแสดงว่าหลอดไฟฟ้านั้นมีประสิทธิภาพการส่องสว่างมากซึ่งค่านี้จะระบุติดไว้กับบรรจุภัณฑ์ของตัวหลอด) ชนิดของหลอดไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการใช้งานอายุการใช้งานและความเหมาะสมของราคาหลอดไฟฟ้า

นอกจากนี้แล้วต้องคำนึงถึงความส่องสว่างที่เหมาะสมในการใช้งานด้วย เพื่อการมองเห็นอย่างชัดเจนถูกต้องและความสบายในขณะที่ประกอบกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ไม่ให้มีแสงสว่างมากหรือน้อยเกินไปจนเกิดผลกระทบ เพราะหากในพื้นที่ใช้งานมีแสงสว่างที่น้อยเกินไป [6] จะมีผลเสียต่อสายตาทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไปจากการเพ่งมอง เกิดการเมื่อยล้าปวดตา มึนศีรษะ รวมถึงประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ในทางกลับกัน หากมีแสงสว่างที่มากเกินไป จะทำให้ผู้ทำงานเกิดความไม่สบายสายตา ปวด แสบตา มึนศีรษะ วิงเวียน และอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ รวมถึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงหรืออาจเป็นสาเหตุของโรคทางสายตาได้สำหรับความสว่างที่เพียงพอในการทำงานจำเป็นต้องมีแสงสว่างเพียงพอตามมาตรฐานหรือกฎหมายสำหรับการใช้

งานแต่ละประเภทด้วย โดยความส่องสว่างทั่วไปที่ใช้ในบ้านอยู่อาศัย อพาร์ตเมนต์ และ โรงแรม [7] ใช้ประมาณ 100 - 200 ลักซ์และมีพื้นที่บางบริเวณที่ต้องใช้ค่าความสว่างที่แตกต่างออกไปซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและการใช้งานของผู้ใช้งานอีกด้วย

ตารางที่ 1.1 ความส่องสว่างที่เหมาะสมสำหรับอาคารที่อยู่อาศัย [7]

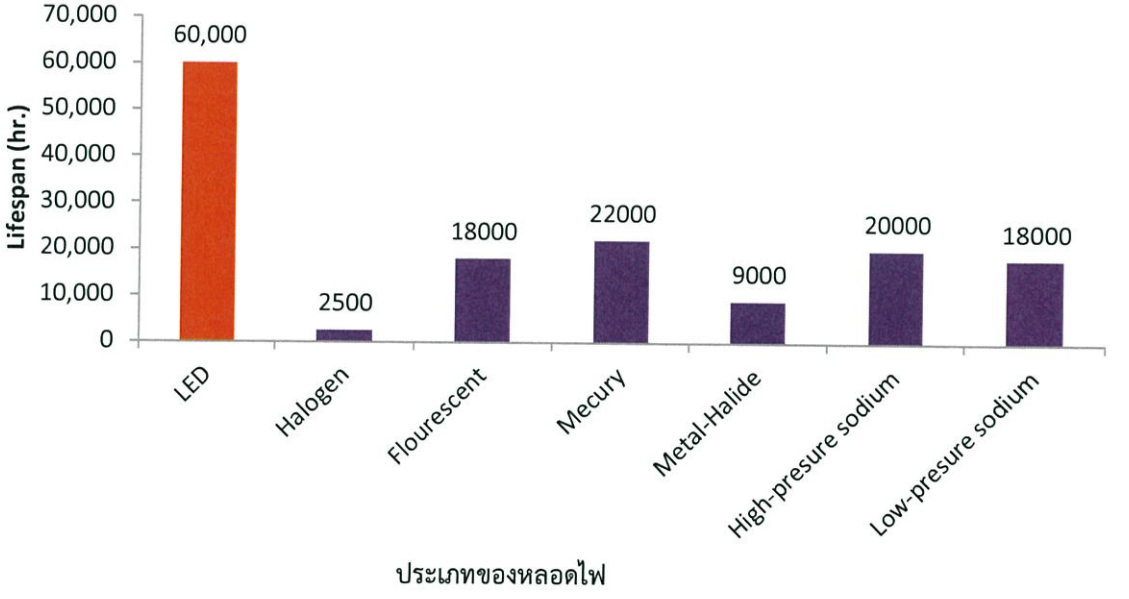
พื้นที่ต่างๆ	ความส่องสว่างที่พื้นที่ (ลักซ์)	ความส่องสว่างรอบข้าง (ลักซ์)
ทางเข้า	150/500	60/100
ห้องครัว	500/750	250/350
ห้องรับประทานอาหาร	300	100
ห้องนั่งเล่น	60/300	60
ห้องทำงาน	300	150
ห้องน้ำ	500	200
ห้องน้ำแขก	250	100
ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า	500	200
ห้องนอนใหญ่	300/500	100/150
ห้องนอนเด็ก	300	150
ทางเดิน	150	50
บันได	200	60
ถนนทางเข้าบ้าน	300	100

สำหรับการจัดแสงสว่างในสถานที่ทำงานหรืออาคารที่อยู่อาศัยให้มีสภาพเหมาะสม ต้องคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญในเรื่องของการออกแบบระบบไฟฟ้าส่องสว่างลักษณะห้องหรือพื้นที่ใช้งาน คุณภาพและปริมาณของแสงสว่าง และการดูแลบำรุงรักษา หากมีแสงสว่างในสถานที่ทำงานไม่เพียงพอสามารถเลือกพิจารณาแก้ไขตามความเหมาะสม [8] ได้แก่

- ติดตั้งดวงไฟเพิ่มเฉพาะจุดที่มีการทำงานเป็นพิเศษ
- ลดระดับความสูงของดวงไฟลงมาอยู่ในระยะที่สามารถให้ปริมาณแสงสว่างเพียงพอ
- ใช้โคมไฟที่มีสีเงิน หรือสีขาว ซึ่งมีประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงได้ดี จะช่วยเพิ่มแสงสว่าง
- เปลี่ยนตำแหน่งการทำงานไม่ให้อยู่ในตำแหน่งที่มีเงา หรือเกิดเงาจากตัวผู้ปฏิบัติงาน

- ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติช่วยในการเพิ่มแสงสว่าง
- สีของผนัง ฝ้าเพดานที่มีสีอ่อนจะสะท้อนแสงได้ดีกว่าสีมืดทึบ

ในการใช้งานอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าส่องสว่างจะพบว่า เมื่อใช้งานเป็นระยะเวลาหนึ่ง ความสว่างของหลอดไฟฟ้าจะลดลงเนื่องจากการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ ซึ่งระยะเวลาเสื่อมสภาพของหลอดนั้นจะสั้นหรือใช้งานได้ยาวนานขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง [9] เช่น ระยะเวลาการใช้งานต่อเนื่อง ลักษณะการใช้งาน พื้นที่ที่ติดตั้ง หรือการบำรุงรักษา เป็นต้น ดังนั้นควรเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเมื่อหลอดไฟฟ้าชำรุดหรือเสื่อมสภาพ เพื่อคงประสิทธิภาพความส่องสว่างสำหรับการใช้งาน โดยควรเปลี่ยนหลอดส่องสว่างเมื่อปริมาณแสงลดลงน้อยกว่า70% [10] ของค่าประสิทธิภาพเริ่มต้นเมื่อพิจารณาอายุการใช้งานของหลอดไฟเฉลี่ยที่มีการศึกษาและวิจัยแล้วพบว่าหลอดไฟฟ้าแต่ละประเภทมีอายุการใช้งานที่ต่างกัน โดยมีอายุการใช้งานเฉลี่ยตั้งแต่ 2,500 ชั่วโมงขึ้นไปจนถึง 60,000 ชั่วโมง นอกจากนี้อายุการใช้งานอาจจะมากหรือน้อยกว่านี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆอีกด้วย



รูปที่ 1.1 อายุการใช้งานหลอดไฟฟ้าแต่ละประเภท [11]

จากการให้ความสำคัญเรื่องอนุรักษ์พลังงานในอาคาร คณะผู้จัดทำเล็งเห็นว่าในส่วนของการใช้งานหลอดไฟฟ้าในครัวเรือนนั้น ผู้ใช้งานทั่วไปขาดความรู้และเครื่องมือที่อำนวยความสะดวก ในการช่วยตรวจสอบประสิทธิภาพความสว่างของหลอดไฟฟ้าให้เป็นไปตามมาตรฐานจากการศึกษาอุปกรณ์วัดปริมาณของแสง (ลักซ์มิเตอร์) ซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีที่เหมาะสำหรับการนำมาใช้แก้ปัญหาอุปกรณ์ส่องสว่างไม่มีประสิทธิภาพในครัวเรือน แต่เนื่องด้วยอุปกรณ์มีราคาค่อนข้างสูง การนำเซนเซอร์วัดแสงมาประยุกต์ใช้แทนลักซ์มิเตอร์จึงเป็นทางเลือกที่ดีอีกทางหนึ่ง โดยปัจจุบันเซนเซอร์ตรวจวัดแสง ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้หลากหลายเซนเซอร์ตรวจวัดแสง (Optical Sensor) [12][13] คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานหรือการนำไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวมันเมื่อมีแสงมาตกกระทบ มีหลายชนิดดังนี้

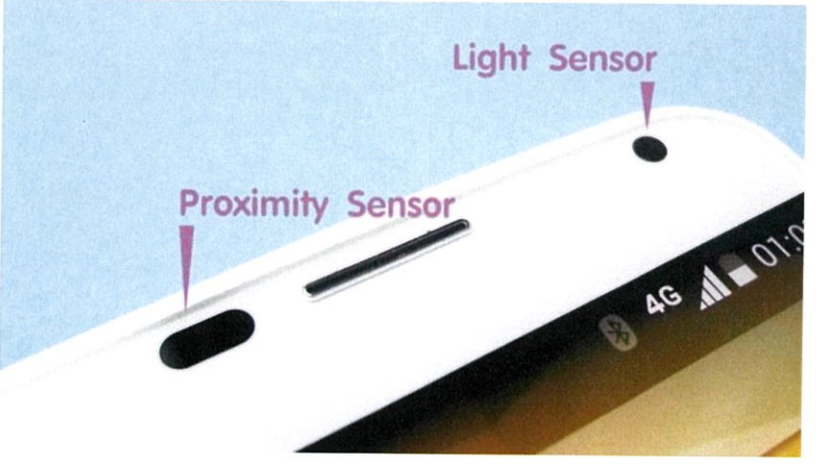
1. ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง LDR (ย่อมาจาก Light Dependent Resistor) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ตรวจจับแสง โดยหากมีแสงมาตกกระทบน้อย จะทำให้มีความต้านทานมาก และหากมีแสงมาตกกระทบมาก ความต้านทานจะน้อยลง
2. โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) มีหลักการทำงานคือ เมื่อแสงมากระทบจนมีค่าถึงระดับหนึ่งจึงจะทำงาน ซึ่งกระแสไฟฟ้าจะไหลเพียงทางเดียว
3. โฟโต้ไดโอด (Photo Diode) มีหลักการทำงานเหมือนโฟโต้ทรานซิสเตอร์แต่จะนำกระแสได้น้อยกว่า

มีการวิจัย [14] นำเสนอเทคนิคในการเลือกเซนเซอร์วัดแสงที่มีการตอบสนองและความไวในการตรวจจับแสง ซึ่งพิจารณากับเซนเซอร์วัดแสง 3 ชนิดได้แก่ ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง (LDR) โฟโต้ไดโอด และ โฟโต้ทรานซิสเตอร์ โดยนำมาทดลองวัดแสงอาทิตย์กลางแจ้ง โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process - AHP) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเซนเซอร์วัดแสงชนิดตัวต้านทานแปรค่าตามแสง (LDR) เป็นเซนเซอร์วัดแสงที่มีประสิทธิภาพและมีความไวในการรับแสงมากที่สุดโดยมีคะแนน 62.16% ตามมาด้วยโฟโต้ทรานซิสเตอร์ (19.72%) และโฟโต้ไดโอด (18.12%)

โดยในปัจจุบันการนำเซนเซอร์วัดแสงมาควบคุมประสิทธิภาพของอุปกรณ์ให้แสงสว่างโดยมีจุดประสงค์เพื่อลดการใช้พลังงานมีจำนวนมาก เช่น งานวิจัยของ David Caicedo และคณะ [15] นำเสนอการพัฒนาเซนเซอร์และวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อกำหนดระดับความเข้มแสงที่เหมาะสมและใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าโดยนำเซนเซอร์วัดแสงไฟติดตั้งที่โคมไฟแต่ละดวง เพื่อปรับลดความเข้มแสงที่ไม่จำเป็นลงจะทำให้เกิดความสม่ำเสมอในเชิงพื้นที่ งานวิจัยของ Ashish Pandharipande [16][17] สร้างระบบตรวจจับสัญญาณไร้สายสำหรับการ

ควบคุมแสงในอาคารให้มีประสิทธิภาพ เซนเซอร์เหล่านี้จะวัดระดับความส่องสว่างและอัตราการใช้งานในบริเวณที่ตรวจจับ เพื่อกำหนดระดับความสม่ำเสมอของความเข้มแสงเพื่อให้จุดที่ต้องการมีความเข้มแสงที่เหมาะสม การออกแบบระบบที่นำเสนอออกมาเป็นโมดูลต้นแบบเซนเซอร์ไร้สายใช้ในสภาพแวดล้อมที่มืดสนิทและมีอายุการใช้งาน 20 ชั่วโมงทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานในร่ม

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่นำเอาเซนเซอร์วัดแสงมาใช้ในเทคโนโลยีต่างๆเช่น งานวิจัยของTore Leikanger และคณะ [18] ได้นำเซนเซอร์วัดแสงมาใช้กับโทรศัพท์สมาร์ทโฟน บทความนี้อธิบายถึงเทคนิคในการปรับเทียบเซนเซอร์วัดแสงภายในโทรศัพท์สมาร์ทโฟน โดยขั้นตอนการปรับเทียบใช้เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย ระบบประกอบด้วยเทคโนโลยีที่ทำให้เราสามารถส่งผ่านข้อมูลได้ผ่านการเชื่อมต่อแบบไร้สาย ด้วยหลักการรับคำสั่งผ่านตัวนำไฟฟ้าผ่านอากาศด้วยคลื่นวิทยุซึ่งเป็นการพัฒนาเซนเซอร์วัดแสงให้มีประสิทธิภาพ ข้อมูลนี้จะมีประโยชน์ต่อการมาซึ่งข้อมูลที่แม่นยำเกี่ยวกับความเข้มของแสง [19] เซนเซอร์วัดแสงแบบการรวมแสงที่ใช้ในการปรับความสว่างหน้าจอโดยอัตโนมัติตามแสงแวดล้อม เซนเซอร์แสงมีความไวในการรับแสงมากขึ้นและสามารถอ่านองค์ประกอบของแสงแดง, เขียว, น้ำเงิน (RGB) ได้ โดยแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้ด้วยตัวมันเองโดยอัตโนมัติ เพื่อนำไปพัฒนาเซนเซอร์เพื่อปรับความสว่างหน้าจอตามสภาพแวดล้อมของผู้ใช้โทรศัพท์สมาร์ทโฟนให้ดีขึ้น



รูปที่ 1.2 เซนเซอร์วัดแสงบนโทรศัพท์สมาร์ทโฟน [20]

นอกจากการนำเซนเซอร์วัดแสงมาประยุกต์ใช้ในโทรศัพท์แล้วยังมีการนำมาใช้กับรถยนต์ เช่น งานวิจัยของ M.F. Haider และคณะ [21] นำเซนเซอร์วัดแสงมาใช้กับไฟหน้ารถยนต์ โดยรถยนต์สมัยใหม่มีระบบเซนเซอร์จำนวนมากเพื่อให้มั่นใจถึงความสบายและความปลอดภัยในระดับสูง เป้าหมายหลักของงานวิจัยชิ้นนี้คือการพัฒนาเซนเซอร์วัดแสงชนิดใหม่สำหรับการใช้งานยานยนต์เพื่อเปลี่ยนไฟหน้าของรถยนต์โดยอัตโนมัติ งานวิจัยของ Sei Ping Lau และคณะ [22] มี

โครงการพัฒนาแสงสว่างแบบปรับค่าตามความสว่างของถนนโดยปรับตามสภาพการจราจรในขณะนั้น งานวิจัยนี้ได้รับการตรวจสอบผ่านการจำลองโดยใช้เครื่องมือ SUMO และ OMNeT++ ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าโครงการแสงสว่างที่นำเสนอสามารถใช้พลังงานได้น้อยกว่าถึง 30%

ในประเทศกำลังพัฒนาอย่างอินเดีย ได้มีความพยายามในการลดทรัพยากรพลังงานและทรัพยากรที่สำคัญอื่นๆ สิ่งนี้นำไปสู่การเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมที่ทวีความรุนแรงขึ้น [23] งานวิจัยนี้นำเสนอการการศึกษาดำเนินการในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารที่ Hyderabad ประเทศอินเดีย การออกแบบแสงอาคารสีเขียวเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดโดยสภาอาคารสีเขียวของอินเดีย (IGBC), สมาคมวิศวกรความร้อนและอากาศยานของอเมริกา (ASHRAE 90.1) เพื่อขอรับเครดิตสำหรับการรับรองอาคารประหยัดพลังงาน โดยมีการจำลองภาพแสงทำบนซอฟต์แวร์ DIALuxเพื่อวิเคราะห์ค่าความเข้มของพลังงานแสง (Light Power Density - LPD) และเปรียบเทียบกับมาตรฐานและมีงานวิจัยที่ใกล้เคียงกันนี้ในประเทศปากีสถาน [24]ซึ่งเป็นงานวิจัยของ Muhammad Muneeb Ur Rehman โดยผลการทดลองของวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าหลอดไฟฟ้าที่มีการใช้พลังงานสูงกว่า 25 วัตต์จะเป็นไปตามมาตรฐานสากล แต่ในหลอดไฟฟ้าที่ใช้พลังงานต่ำ 25 วัตต์ เกิดจากความผิดเพี้ยนของฮาร์มอนิกในระดับสูง การเสื่อมคุณภาพที่รุนแรงของคุณภาพไฟฟ้าไม่เป็นไปตามมาตรฐานสากล จากการศึกษาศึกษาดังกล่าว มีผู้นำเสนอคำแนะนำและหลักเกณฑ์เพื่อสร้างความเชื่อมั่นผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์พลังงานสะอาดในประเทศกำลังพัฒนาขึ้น

นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยได้นำเซนเซอร์แสงมาประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยีการเกษตร งานวิจัยของ Jan Bauer และคณะ [25] ได้นำเซนเซอร์วัดแสงมาใช้ในแอปพลิเคชันสำหรับประมาณค่าหาดัชนีพื้นที่ใบ(LAI)หมายถึงอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ดิน เป็นตัวบ่งชี้ถึงการเจริญเติบโตของพืช ในวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอแอปพลิเคชัน สมาร์ทแฟลร์ (smart flair) ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันสมาร์ทโฟนสำหรับการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)ที่มีต้นทุนต่ำ โดย สมาร์ทแฟลร์ (smart flair) ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับแสงภายในของสมาร์ทโฟน ต้นแบบถูกนำมาใช้งานบนแอนดรอยด์โดยมุ่งเน้นด้านการใช้งานและความสามารถในการปฏิบัติได้จริงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเกษตรขั้นพื้นฐาน ได้ทำการทดสอบแอปพลิเคชันต้นแบบนี้กับต้นข้าวโพดแล้ว ผลการทดสอบพบว่ามีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือในทางใกล้เคียงกัน มีงานวิจัยของ SoranutKittipanyangam และคณะ [26] ได้นำเซนเซอร์แสงมาใช้ในเครื่องวัดสเปกโตรโฟโต้มิเตอร์ (UV-Spectrophotometer)ในการตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลาย ใช้หลักการที่แสงแต่ละสีจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงจำเพาะต่างกันไป แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารละลายหนึ่งจะขึ้นอยู่กับสีของแสงของสารละลายนั้น

ตารางที่ 1.2 ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์ตรวจวัดแสง

งานวิจัย	รูปแบบการใช้งาน	วิธีดำเนินการ	ข้อมูลเพิ่มเติม
[14]	การเลือกเซนเซอร์แสงตามการตอบสนองและความไวในการตรวจจับ	ใช้เทคนิคAnalytic Hierarchy Process (AHP)	เทคนิคที่มีโครงสร้างสำหรับการจัดระเบียบและวิเคราะห์การตัดสินใจที่ซับซ้อนบนพื้นฐานของคณิตศาสตร์
[15]	การพัฒนาเซนเซอร์	นำเซนเซอร์วัดแสงติดตั้งที่โคมไฟแต่ละดวง เพื่อปรับลดความเข้มแสงที่ไม่จำเป็น	เพื่อกำหนดระดับความเข้มแสงที่เหมาะสมและใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าทำให้เกิดความสม่ำเสมอในเชิงพื้นที่
[16]	ระบบตรวจจับสัญญาณไร้สายสำหรับควบคุมแสงในอาคาร	ใช้อัลกอริธึมการควบคุมความส่องสว่างในวงรอบโดยใช้วิทยุไร้สายกับตัวควบคุมส่วนกลาง	โมดูลต้นแบบใช้ในสภาพแวดล้อมที่มืดสนิทและมีอายุการใช้งาน 20 ชั่วโมง จึงเหมาะสำหรับการใช้งานในร่ม
[17]		ใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับแสงอินฟราเรดแบบพาสซีฟอินฟราเรดดีเท็กเตอร์	เพื่อระบบแสงสว่างจะเปิด / ปิดโดยอัตโนมัติ
[18]	การพัฒนาเซนเซอร์วัดแสงบนโทรศัพท์สมาร์ทโฟน	หลักการรับคำสั่งผ่านตัวนำไฟฟ้าผ่านอากาศด้วยคลื่นวิทยุ	ระบบประกอบด้วยเทคโนโลยีที่ทำให้เราสามารถส่งผ่านข้อมูลได้ผ่านการเชื่อมต่อแบบไร้สาย
[19]		อ่านองค์ประกอบของแสงแดง, เขียว, น้ำเงิน (RGB) ได้	พัฒนาเซนเซอร์เพื่อปรับความสว่างหน้าจอตามสภาพแวดล้อมของผู้ใช้โทรศัพท์
[21]	เซนเซอร์วัดแสงมาปรับความสว่างไฟหน้ารถยนต์อัตโนมัติ	พัฒนาเซนเซอร์วัดแสงชนิดใหม่สำหรับการใช้งานยานยนต์	เพื่อปรับความสว่างไฟหน้าของรถยนต์โดยอัตโนมัติ
[22]	ปรับแสงสว่างไฟถนนอัตโนมัติ	ปรับตามสภาพการจราจรในขณะนั้นผ่านการจำลองโดยใช้เครื่องมือ SUMO และ OMNeT++	สามารถใช้พลังงานได้น้อยกว่าถึง 30%

ตารางที่ 1.2 (ต่อ) ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์ตรวจวัดแสง

งานวิจัย	รูปแบบการใช้งาน	วิธีดำเนินการ	ข้อมูลเพิ่มเติม
[23]	ออกแบบอาคารสีเขียวของอินเดีย (IGBC)	จำลองภาพแสงทำบนซอฟต์แวร์ DIALux เพื่อวิเคราะห์ค่าความเข้มของพลังงานแสงเปรียบเทียบกับมาตรฐาน	เครดิตสำหรับการรับรองอาคารประหยัดพลังงาน
[24]	การพัฒนาหลอดไฟฟ้าที่มีคุณภาพเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	ตรวจสอบด้านเทคนิคและวิเคราะห์เปรียบเทียบหลอดไฟฟ้า	หลอดไฟฟ้าที่ใช้พลังงานมากกว่า 25 วัตต์เป็นไปตามมาตรฐาน แต่หลอดไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 25 วัตต์ เกิดความผิดเพี้ยนของฮาร์มอนิกในระดับสูง
[25]	แอปพลิเคชันสำหรับประมาณค่าหาดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)	ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับแสงภายในของสมาร์ทโฟน	การทดสอบแอปพลิเคชันต้นแบบนี้กับต้นข้าวโพดแล้ว ผลการทดสอบพบว่ามีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือ
[26]	เซนเซอร์แสงมาใช้ในเครื่องวัดสเปกโตรโฟโต้มิเตอร์	ใช้หลักการที่แสงแต่ละสีจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงจำเพาะต่างกันไป	การตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลายแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารละลายหนึ่งจะขึ้นอยู่กับสีของแสงของสารละลาย

จากวิจัยข้างต้น มีการนำเซนเซอร์วัดปริมาณแสงมาใช้ในเทคโนโลยีได้หลากหลายด้าน ผู้วิจัยเล็งเห็นปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่มีประสิทธิภาพของภาคครัวเรือน ผู้วิจัยจึงมีความต้องการต้องการสร้างความยั่งยืนและการใช้พลังงานอย่างถูกต้องให้แก่ภาคครัวเรือน เพื่อช่วยให้สามารถใช้พลังงานให้คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพที่สุด งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องมือตรวจสอบคุณภาพแสงจากหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ โดยใช้เซนเซอร์วัดแสงชนิดโฟโต้ไดโอดมาเป็นส่วนประกอบสำคัญอาดูโน่ (Arduino) เป็นอุปกรณ์ควบคุมวงจรการทำงานที่ใช้งานง่าย เมื่อหลอดไฟฟ้าที่มีอุปกรณ์ตัวนี้ติดตั้งอยู่มีปริมาณแสงที่ไม่ได้คุณภาพ อุปกรณ์จะทำการแจ้งเตือนว่าหลอดไฟฟ้าเสื่อมประสิทธิภาพแล้ว ควรเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าดวงนั้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟฟ้าจากการวัดค่าความสว่างของหลอดไฟฟ้า ใช้อำนวยความสะดวกในการตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ในครัวเรือนและอาคาร สำนักงาน
2. เพื่อออกแบบอุปกรณ์ตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟฟ้า
3. แจ้งเตือนให้ผู้ใช้หลอดไฟฟ้าทราบเมื่อหลอดไฟฟ้าเสื่อมประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน

งานวิจัยนี้จัดทำเซนเซอร์วัดประสิทธิภาพแสงของหลอดไฟฟ้า สำหรับหลอดไฟฟ้าภายในอาคาร โดยเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงมีค่าความถูกต้องมากกว่า 90% เซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงนี้จะทำการวัดค่าความสว่าง ณ เวลานั้น จนกระทั่งตรวจวัดค่าความสว่างได้ต่ำกว่า 70% ของค่าเริ่มต้นเครื่องตรวจสอบประสิทธิภาพแสงจะแสดงไฟแจ้งเตือนเพื่อบอกถึงระดับที่หลอดไฟฟ้าเสื่อมคุณภาพ

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. วางแผนการดำเนินงาน
2. ศึกษาข้อมูลเรื่องความเข้มการส่องสว่างของหลอดไฟฟ้า และทฤษฎีเกี่ยวกับแสงสว่าง
3. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลการใช้งานเซนเซอร์ตรวจรับฟลักซ์ความส่องสว่าง และศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมใช้งานอาดูโน่
4. ออกแบบชุดทดลองเพื่อทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ และจัดทำชุดทดลองโดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่นขนาด ราคา และคุณภาพของชุดทดลอง
5. ทดสอบอุปกรณ์เซนเซอร์และชุดทดลอง
6. จัดทำอุปกรณ์ส่งสัญญาณแสดงผลของตัวเซนเซอร์ บันทึกผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้เพื่อนำไปปรับปรุงอุปกรณ์ต่อไป
7. สรุปผลการทดลองและจัดทำเครื่องต้นแบบของเซนเซอร์ตรวจวัดอายุการใช้งาน
8. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.5 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ภาคเรียนที่ 1 /2560																ภาคเรียนที่ 2 /2560															
	ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.				เม.ย.				พ.ค.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. วางแผนการดำเนินงาน																																								
2. ศึกษาข้อมูลเรื่องความเข้มการส่องสว่างของหลอดไฟศึกษา																																								
3. วิธีการใช้งานเซนเซอร์ และวิธีการเขียนโปรแกรมอาดูโน่																																								
4.ออกแบบชุดทดลอง																																								
5.ทดสอบอุปกรณ์เซนเซอร์และชุดทดลอง																																								
6.จัดทำอุปกรณ์ส่งสัญญาณแสดงผลของตัวเซนเซอร์																																								
7.สรุปผลการทดลองและจัดทำเครื่องต้นแบบของเซนต์เซอร์ตรวจวัดอายุการใช้งาน																																								
8.จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์																																								

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่ได้จากการทดลองสามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ

1.6.1 ประโยชน์ด้านสังคมและการอนุรักษ์พลังงาน

1.6.1.1 สามารถใช้พลังงานสำหรับหลอดไฟฟ้าอย่างคุ้มค่า

1.6.1.2 สามารถใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุดหรือใช้แสงสว่างในบริเวณได้อย่างเพียงพอทั้งปริมาณและคุณภาพ

1.6.1.3 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานคุ้มค่าต่อประสิทธิภาพของแสงสว่างที่ได้รับจากหลอดไฟฟ้า

1.6.2 ประโยชน์ทางวิศวกรรม

1.6.2.1 ใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟฟ้า

1.6.2.2 สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

1.6.2.3 สามารถใช้เป็นต้นแบบในการผลิตเพื่อใช้งานจริงตามอาคารหรือที่อยู่อาศัย

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 นิยามและศัพท์เกี่ยวกับแสง [27]

2.1.1 มุมตัน (Solid angle : ω)

มุมตัน คือ ขนาดของพื้นที่ผิวย่อยใด ๆ บนทรงกลมต่อระยะรัศมีของทรงกลมยกกำลังสอง

$$\omega = \frac{A}{r^2} \tag{2.1}$$

กำหนดให้ ω คือมุมตัน มีหน่วยเป็น สเตอเรเดียน (Steradian , Sr)

A คือพื้นที่ผิวของทรงกลม มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

r คือรัศมีของทรงกลม มีหน่วยเป็น เมตร (m)

2.1.2 ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux : ϕ_v)

ฟลักซ์ส่องสว่าง คือ พลังงานการส่องสว่างที่แผ่ออกมาโดยแหล่งกำเนิดแสงเทียบกับเวลา

$$\phi = \frac{dQ}{dt} \tag{2.2}$$

กำหนดให้ ϕ คือฟลักซ์ส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ลูเมน (Lumen , lm)

Q คือพลังงานการส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ลูเมน-วินาที (lm x s)

t คือเวลา มีหน่วยเป็น วินาที (s)

2.1.3 ความสว่าง (Illuminance : E_v)

ความสว่าง คือ ปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกกระทบลงพื้นผิวใด ๆ ต่อขนาดพื้นที่ของพื้นผิวใด ๆ

$$E = \frac{d\phi}{dA} \tag{2.3}$$

กำหนดให้ E คือความสว่าง มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตรหรือลักซ์ (Lux)

ϕ คือฟลักซ์ส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ลูเมน (Lumen , lm)

A คือพื้นที่ผิวของทรงกลม มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

2.1.4 ความเข้มส่องสว่าง (Luminous intensity : I_v)

ความเข้มส่องสว่าง คือ ปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างที่แผ่ออกมาในทิศทางใดทิศทางหนึ่งภายในมุมตันต่อขนาดของมุมตัน

$$I = \frac{d\emptyset}{d\omega} \tag{2.4}$$

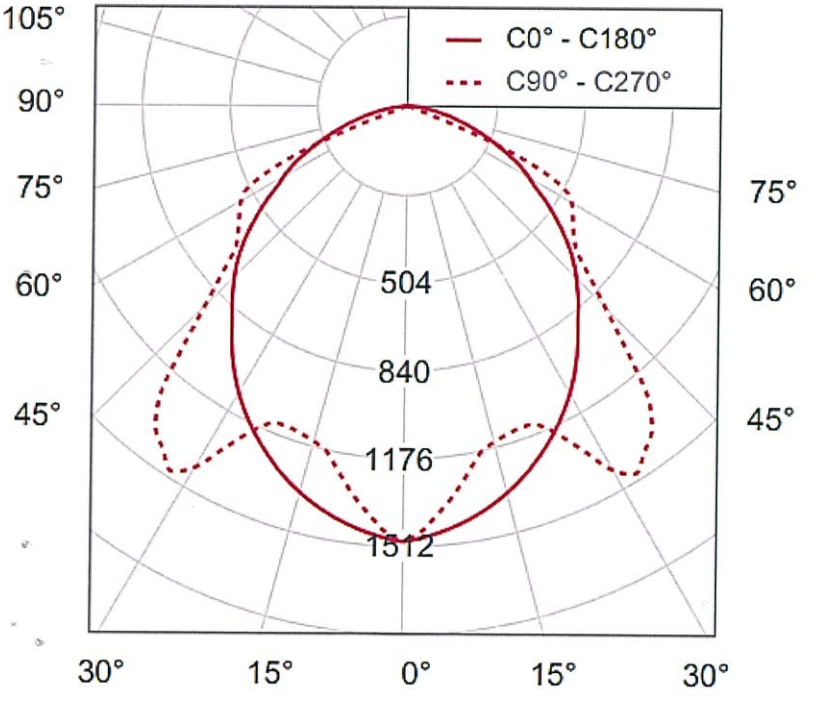
กำหนดให้ I คือความเข้มส่องสว่าง มีหน่วยเป็น แคนเดลา (Candela : Cd)

ø คือฟลักซ์ส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ลูเมน (Lumen , lm)

ω คือมุมตัน มีหน่วยเป็น สเตอเรเดียน (Steradian , Sr)

2.2 เส้นโค้งโพลาร์ (Polar Curve) [28]

เส้นโค้งโพลาร์เป็นการนำเสนอข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมรูปแบบหนึ่ง จะใช้กระดาษกราฟวงกลมนำเสนอ โดยให้แนวรัศมีของวงกลมแสดงขนาดของมุม γ และให้ขนาดของวงกลมแทนค่าความเข้มส่องสว่างมีหน่วยเป็นแคนเดลา การนำเสนอแบบนี้นิยมใช้แสดงข้อมูลของดวงโคมที่มีแกนอ้างอิงชี้ลงมาข้างล่างเวลาติดตั้ง เช่น ดวงโคมติดตั้งใช้งานภายในอาคาร (โคม High Bay , โคม Downlight , โคมใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบต่าง ๆ) เป็นต้น



รูปที่ 2.1 เส้นโค้งโพลาร์ของดวงโคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ [29]

2.3 การคำนวณกำลังไฟฟ้า

2.3.1 กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power : S)

เป็นกำลังงานที่แหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้าจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ซึ่งมีขนาดเท่ากับผลคูณของกระแสไฟฟ้าในวงจรกับแรงดันของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

$$S = VI \tag{2.5}$$

กำหนดให้ S คือกำลังไฟฟ้าปรากฏมีหน่วยเป็นโวลต์-แอมแปร์ (VA)

V คือแรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

I คือกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

2.3.2 กำลังไฟฟ้าจริง (Real Power : P)

เป็นกำลังไฟฟ้าที่สามารถเปลี่ยนแปลงโดยอุปกรณ์ไฟฟ้าไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้ เช่น ความร้อน แสงสว่าง หรือพลังงานกล กำลังไฟฟ้าจริงนี้เกิดจากกระแสไฟฟ้าใช้งาน (Active Power)

$$P = VIcos\Theta \tag{2.6}$$

กำหนดให้ P คือกำลังไฟฟ้าจริงมีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

V คือแรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

I คือกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

$cos\Theta$ คืออัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าจริงต่อกำลังไฟฟ้าปรากฏ

2.3.3 กำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power : Q)

เป็นกำลังไฟฟ้าที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้ ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำงานโดยอาศัยสนามแม่เหล็ก เช่น หม้อแปลง มอเตอร์ บัลลาสต์ ฯลฯ จำเป็นต้องใช้กำลังไฟฟ้าเสมือนนี้สร้างสนามแม่เหล็ก

$$Q = VIsin\Theta \tag{2.7}$$

กำหนดให้ Q คือกำลังไฟฟ้าเสมือนมีหน่วยเป็นวาร์ (VAR)

V คือแรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

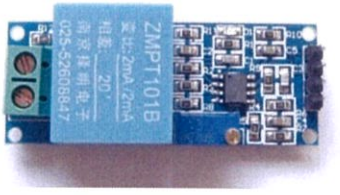
I คือกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

$sin\Theta$ คืออัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าเสมือนต่อกำลังไฟฟ้าปรากฏ

2.4 โมดูลเซนเซอร์วัดค่า

2.4.1 โมดูลเซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage Sensor)

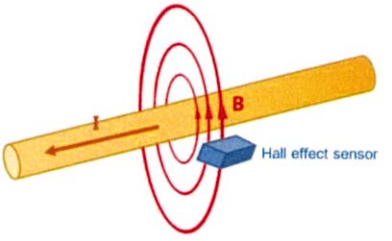
เป็นโมดูลเซนเซอร์ที่ใช้วัดแรงดันไฟฟ้ามีทั้งวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ โดยสัญญาณที่ออกจากโมดูลเป็นสัญญาณอนาล็อก สามารถนำไปต่อเข้ากับขา ADC ของไมโครคอนโทรเลอร์ที่ใช้แรงดัน 5 โวลต์ได้ทันที มีวงจรขยายสัญญาณสามารถปรับขนาดแอมพลิจูดของสัญญาณเอาท์พุตได้ จากการปรับตัวต้านทานปรับค่าบนบอร์ด



รูปที่ 2.2 โมดูลเซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้า ZMPT101B [30]

2.4.2 โมดูลเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า (Current Sensor)

เป็นโมดูลเซนเซอร์ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้ามีทั้งวัดกระแสไฟฟ้าตรงและกระแสไฟฟ้าสลับ สัญญาณที่ออกจากโมดูลเป็นสัญญาณอนาล็อก โดยการวัดกระแสไฟฟ้าใช้หลักการของฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์ (Hall Effect Sensor) ซึ่งเป็นการวัดกระแสไฟฟ้าทางอ้อม เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าทั้งกระแสไฟฟ้าตรงและกระแสไฟฟ้าสลับ จะทำให้เกิดเส้นสนามแม่เหล็กรอบสายไฟ เมื่อฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์ (Hall Effect Sensor) อยู่ในบริเวณเส้นสนามแม่เหล็กของสายไฟจะส่งสัญญาณออกมา ตามระดับสนามแม่เหล็กที่วัดได้



รูปที่ 2.3 การวัดกระแสไฟฟ้าโดยใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์ (Hall Effect Sensor) [31]

2.4.3 เซนเซอร์วัดแสง (Light Sensor)

คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน หรือการนำไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวมันได้ เมื่อมีแสงมาตกกระทบ โดยการวัดความสว่างใช้หลักการของ โฟโต้ไอโอด (Photo Diode) คือ กระแสไหลจะผ่านได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสง เมื่อโฟโต้ไดโอดได้รับไบอัสกลับ (Reverse Bias) ด้วยแรงดันค่าหนึ่งและมีแสงมาตกกระทบที่บริเวณรอยต่อ ถ้าแสงที่มาตกกระทบมีความยาวคลื่นหรือแลมด้าที่เหมาะสมจะมีกระแสไหลในวงจร โดยกระแสที่ไหลในวงจร จะแปรผกผันกับความเข้มของแสงที่มาตกกระทบ ลักษณะทั่วไปขณะไบอัสตรง (Forward Bias) จะยังคงเหมือนกับไดโอดธรรมดาคือยอมให้กระแสไหลผ่านได้ ถูกแบ่งออกเป็นอีก 2 ชนิด คือ

- ตอบสนองต่อแสงที่สามารถมองเห็นได้
- ตอบสนองต่อแสงความถี่สูงย่านอินฟราเรด

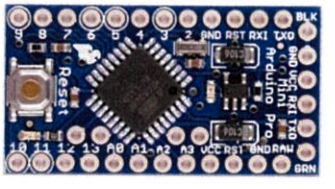
รูปที่ 2.4 โมดูลเซนเซอร์วัดแสงชนิดโฟโต้ไดโอด BH1750 [32]

2.5 อาดูโน่ (Arduino)

อาดูโน่ (Arduino) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดแบบสำเร็จรูปในยุคปัจจุบัน ข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดคือเรื่องของโอเพนซอร์ส (Open Source) ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ และความสามารถในการพัฒนาซอฟแวร์ (Software) ที่ใช้ในการควบคุมตัวบอร์ดของอาดูโน่ ซึ่งมีลักษณะเป็นภาษาซี (C++) ที่โปรแกรมเมอร์มีความคุ้นเคยในการใช้งาน

2.5.1 อาดูโน่ โปร มินิ 328 (Arduino Pro Mini 328)

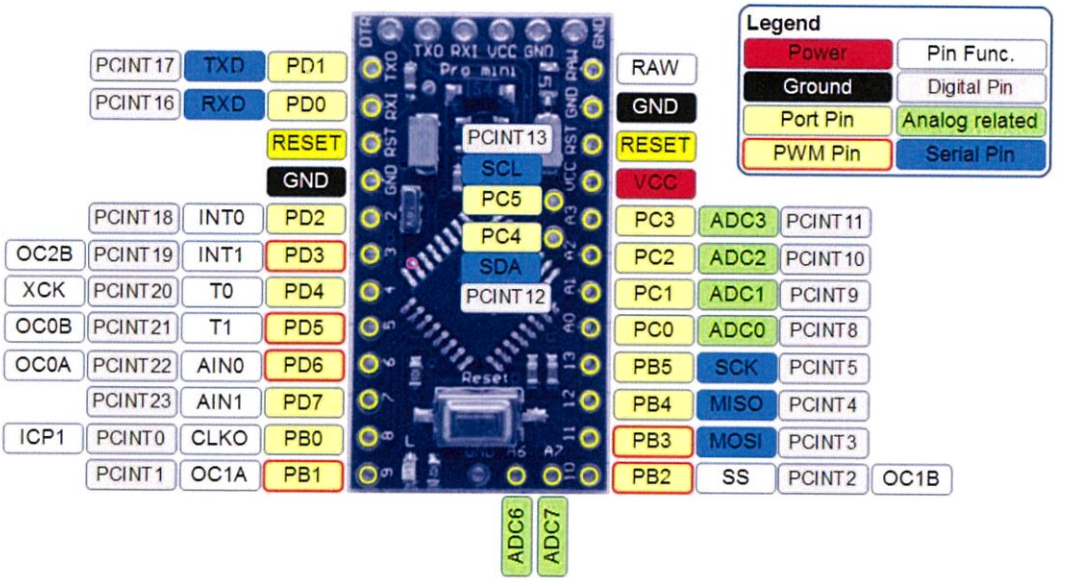
อาดูโน่ โปร มินิ 328 (Arduino Pro Mini 328) เป็นอาดูโน่ขนาดเล็กที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงแต่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อย เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการบอร์ดขนาดเล็กและไม่ต้องการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางสายยูเอสบี (USB)



รูปที่ 2.5 อาดูโน่ โปร มินิ 328 (Arduino Pro Mini 328)

คุณสมบัติเบื้องต้นของอาดูโน่ โปร มินิ 328 (Arduino Pro Mini 328)

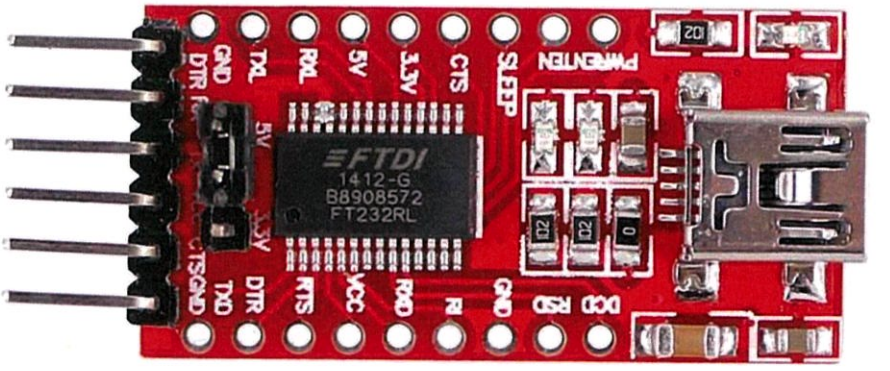
- ทำงานที่ความถี่ 16 MHz
- กระแสไฟฟ้าขาออกสูงสุด 150 mA
- แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขาเข้า 5 V ถึง 12 V
- มีช่อง Analog 8 ช่อง
- มีช่อง Digital I/O 14 ช่อง



รูปที่ 2.6 PIN OUT ของ อาดูโน่ โปร มินิ 328 (Arduino Pro Mini 328) [33]

2.5.2 โมดูลแปลงสัญญาณชนิดเอฟที 232 อาร์แอล (FT232RL)

เนื่องจากอาดูโน่ โปร มินิ 328 (Arduino Pro Mini 328) เป็นบอร์ดที่ไม่มีส่วนเชื่อมต่อกับพอร์ตยูเอสบี (USB) ของคอมพิวเตอร์ ดังนั้นการอัพโหลดโปรแกรมลงในชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ของบอร์ดดังกล่าว จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เสริม คือโมดูลแปลงสัญญาณชนิดเอฟที 232 อาร์แอล (FT232RL) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวแปลงสัญญาณจากพอร์ตยูเอสบี (USB) เป็นสัญญาณการสื่อสารแบบอนุกรมยูเออาร์ที (UART)



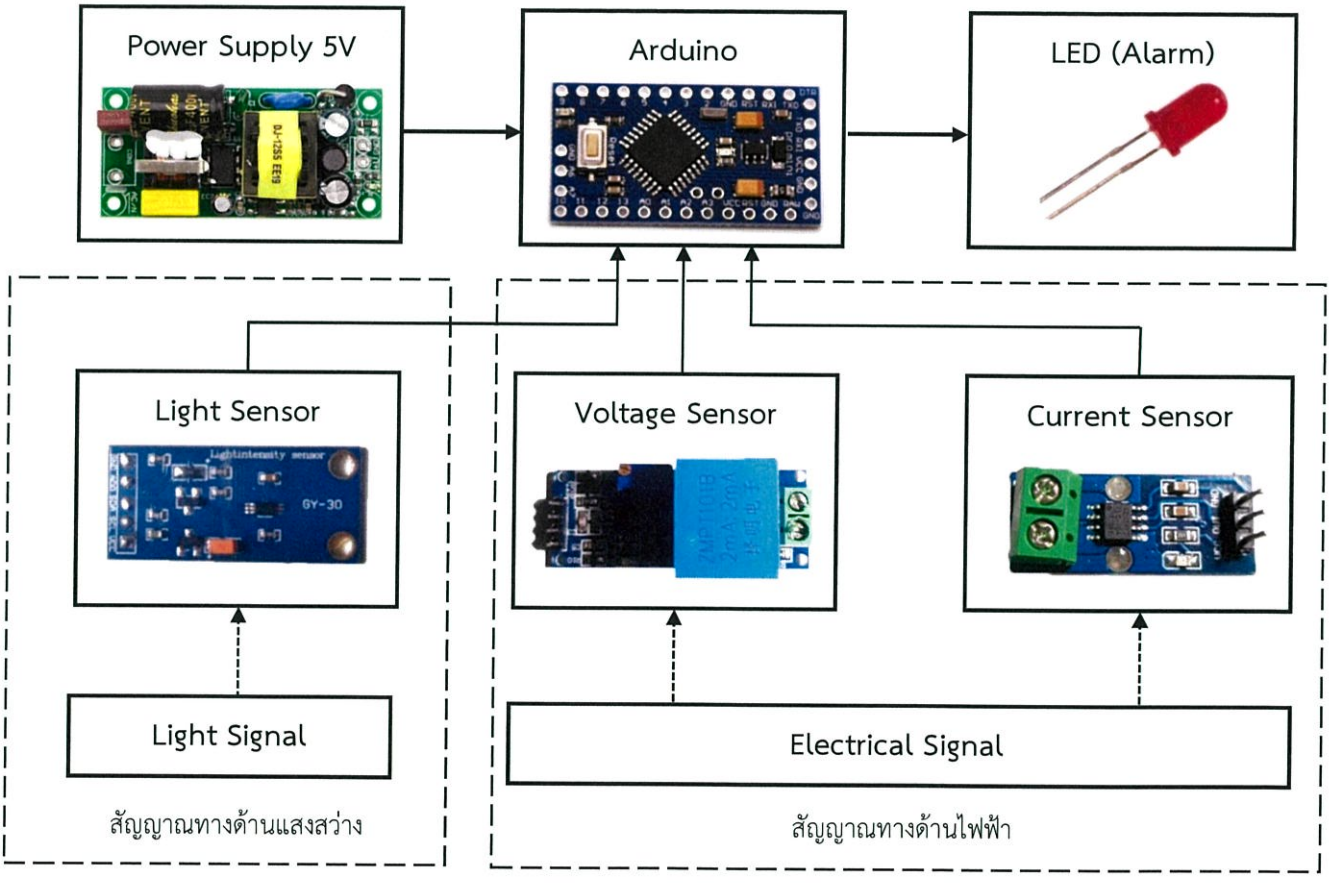
รูปที่ 2.7 โมดูลแปลงสัญญาณชนิดเอฟที 232 อาร์แอล (FT232RL)

บทที่ 3
การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

การออกแบบเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุนซึ่งใช้ในการวัดประสิทธิภาพของชุดหลอดไฟฟ้าภายในอาคาร (Indoor Lamp) ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์หลัก โดยชุดทดลองนี้ทำการรับค่าเพื่อนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพอยู่ 2 ส่วน ได้แก่ สัญญาณทางด้านแสงสว่าง และ สัญญาณทางด้านไฟฟ้า

3.1 โครงสร้างการทำงานของเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไฟฟ้า

เซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไฟฟ้ารับไฟเลี้ยงมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 2.7 - 5.5 โวลต์ ซึ่งในที่นี้ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์จากวงจรเรียงกระแส (Rectifier) ซึ่งเพียงพอต่อเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไฟฟ้า โดยรับค่าสัญญาณมาจากเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว นำข้อมูลจากเซนเซอร์เข้าสู่ชุดประมวลผล แล้วแสดงผลการประมวลผลผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED)



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดอายุการใช้งานของหลอดไฟฟ้า

โครงสร้างการทำงานของชุดทดลองประกอบด้วยส่วนสำคัญหลัก ๆ 3 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนรับสัญญาณ ได้แก่ เซนเซอร์วัดแสง (Light Sensor), เซนเซอร์วัดแรงดัน (Voltage Sensor), เซนเซอร์วัดกระแส (Current Sensor)
2. ส่วนประมวลผลข้อมูล ได้แก่ อาดูโน่ (Arduino)
3. ส่วนแสดงผลและแจ้งเตือน ได้แก่ หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED)

3.2 การออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์

ชุดการทดสอบประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ เซนเซอร์และหน่วยประมวลผล ซึ่งต้องมีคุณสมบัติของการนำมาใช้งานที่เพียงพอต่อจุดประสงค์ของผู้ออกแบบและ ออกแบบระบบการทำงานของชุดทดสอบต้องมีกระบวนการการทำงานที่กระชับและง่ายต่อการทำงานเพื่อให้ผู้ใช้งานมีความเข้าใจและรับรู้ถึงสถานะการทำงานของชุดทดสอบ

3.2.1 การเลือกใช้อุปกรณ์ในชุดทดสอบ

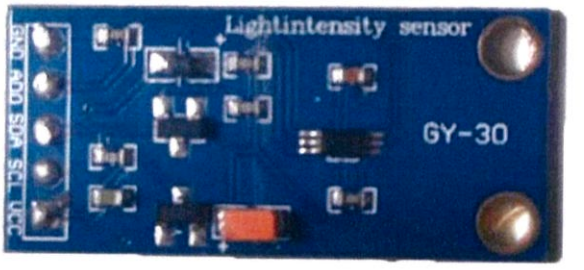
ชุดการทดสอบมีการวัดค่าอยู่ 2 ส่วนได้แก่ ทางด้านแสงสว่าง (Light Sensor) และทางด้านไฟฟ้า (Current Sensor ,Voltage Sensor) และหน่วยประมวลผลต้องมีคุณสมบัติที่เพียงพอต่อ ซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัยในการเลือกอุปกรณ์ดังนี้

- ขนาดของอุปกรณ์ต้องมีความเหมาะสม ต่อการติดตั้งจริง
- ความแม่นยำในการวัดของเซนเซอร์
- อุปกรณ์สามารถทนต่อความร้อนที่เกิดจากแสงของชุดหลอดไฟฟ้าได้
- ย่านการทำงานของเซนเซอร์ต้องครอบคลุมกับชุดหลอดไฟฟ้า

3.2.1.1 เซนเซอร์วัดแสง (Light Sensor)

ในการรับสัญญาณทางด้านแสงสว่าง เซนเซอร์ต้องมีความสามารถในการตอบสนองต่อแสงในช่วงคลื่นที่สายตาของคนมองเห็นได้ มีช่วงระยะการวัด (Range) ที่กว้าง ซึ่งค่าที่วัดได้ต้องแสดงในหน่วย ลักซ์ (lux) โดยเป็นหน่วยที่บอกถึงความเข้มแสงที่ตำแหน่งวัดนั้น ๆ นอกจากนี้ต้องสื่อสารกับหน่วยประมวลผลในรูปแบบอนุกรม (I2C) เพื่อความสะดวกในการใช้และสามารถทนต่ออุณหภูมิที่ได้รับจากหลอดไฟได้

การเลือกเซนเซอร์แสงในที่นี้ได้นำเซนเซอร์แสงมา 2 ชนิดเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติตามที่ต้องการที่ได้กล่าวไปแล้ว โดยใช้เซนเซอร์แสงรุ่น BH1750 และ TSL2561 มาเปรียบเทียบคุณสมบัติกัน



รูปที่ 3.2 เซนเซอร์วัดแสงรุ่น BH1750

รูปที่ 3.3 เซนเซอร์วัดแสงรุ่น TSL2561

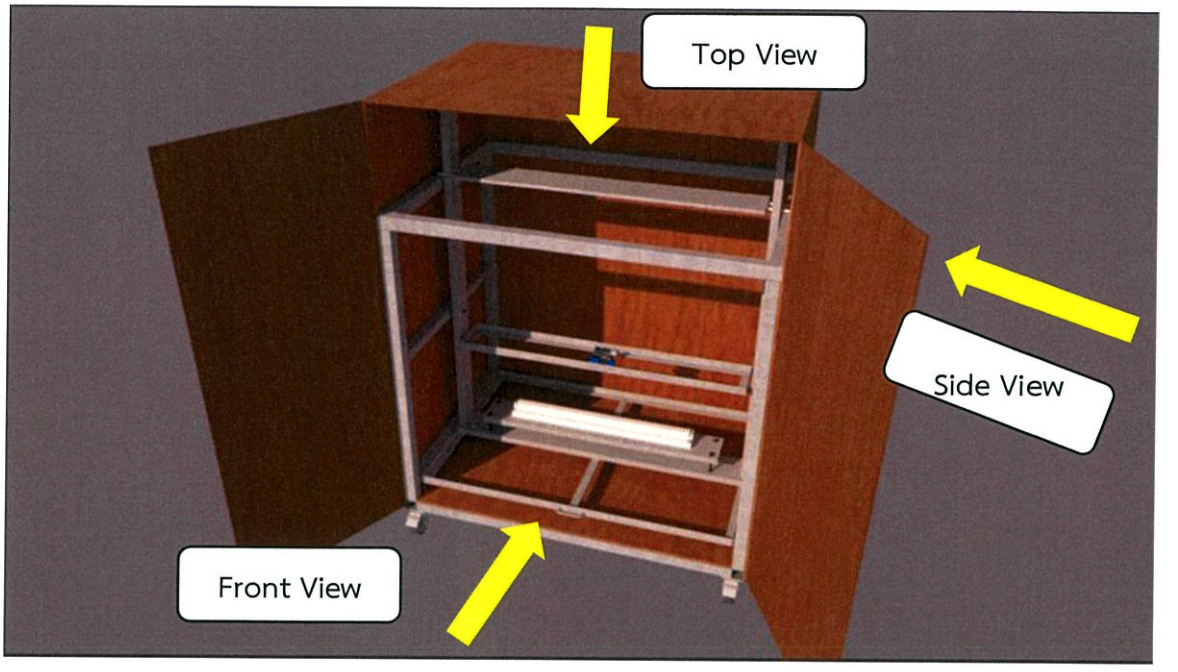
เซนเซอร์แสงทั้ง 2 รุ่น ประกอบไปด้วยพอร์ทในการใช้งานในการสื่อสารรูปแบบอนุกรม (I2C) ซึ่งประกอบไปด้วย พอร์ทไฟด้านบวก (VDD), พอร์ทกราวด์ (GND), พอร์ทส่งข้อมูล (SDA) และพอร์ทสัญญาณนาฬิกา (SCL) โดยที่เซนเซอร์แสงรุ่น BH1750 และ TSL2561 มีขนาดของโมดูลเป็น 32.6 มม. x 15.1 มม. และ 14.8 มม. x 15.6 มม. ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์แสง

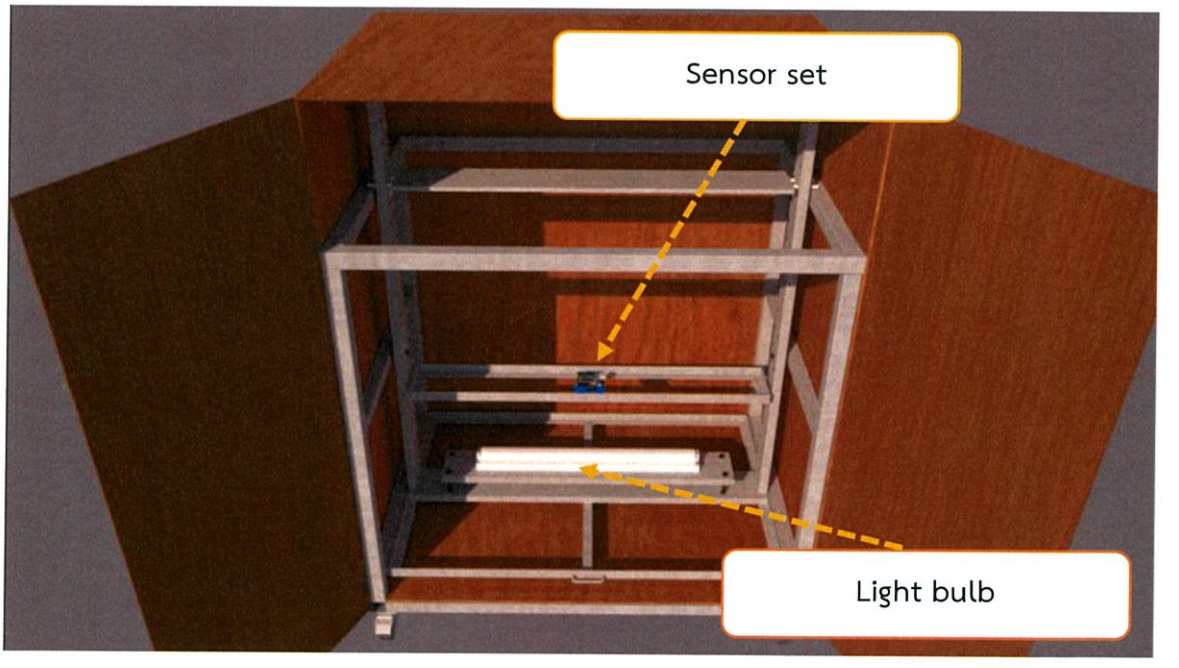
คุณสมบัติ	เซนเซอร์แสง	
	BH1750	TSL2561
ชนิดของเซนเซอร์แสง	photodiode	photodiode
ช่วงการตอบสนองต่อแสง	human-visible	infrared, full-spectrum, human-visible
ช่วงการวัดแสง	1 – 65535 lx	0.1 - 40,000 lx
ทนต่ออุณหภูมิ	-40 – 80 °C	-30 – 80 °C
รูปแบบการเชื่อมต่อ	I2C	I2C

จากตารางที่ 3.1 แสดงให้เห็นว่าเซนเซอร์แสงรุ่น BH1750 มีคุณสมบัติที่มีช่วงการวัดแสงในหน่วยลักซ์ที่มากกว่ารุ่น TSL2561 มีช่วงของการทนต่ออุณหภูมิที่กว้างกว่าและคุณสมบัติอย่างอื่นก็เพียงพอต่อความต้องการที่ใช้ในชุดทดสอบ จึงเลือกเซนเซอร์แสงรุ่น BH1750 มาทำการทดสอบ

นอกจากนี้ได้นำเซนเซอร์วัดแสงรุ่น BH1750 และเครื่องวัดความเข้มแสง (HIOKI FT3425) มาวัดแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุน ยี่ห้อ LUMAX รุ่นของหลอดคือ ELED/1S-9LED/OT/865 ในตู้ปิดทึบเพื่อลดผลกระทบของแสงรอบข้าง โดยตำแหน่งของเซนเซอร์วัดแสงและมิเตอร์วัดความเข้มแสงอยู่ที่ C=0° (Horizon) และ $\gamma = 0^{o}$ (Vertical) ตามระบบพิกัดมุมของชุดหลอดไฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.5 และ 3.6 ตามลำดับ โดยมีระยะห่างระหว่างหัวรับแสงกับหลอดไฟเป็นระยะ 10 , 15 , 20 , 25 และ 30 เซนติเมตร จำนวน 5 ระยะ จากนั้นบันทึกค่าความเข้มแสงจากเซนเซอร์เทียบกับเครื่องวัดความเข้มแสงที่เป็นเครื่องอ้างอิงลงในตารางที่ 3.2 และหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด



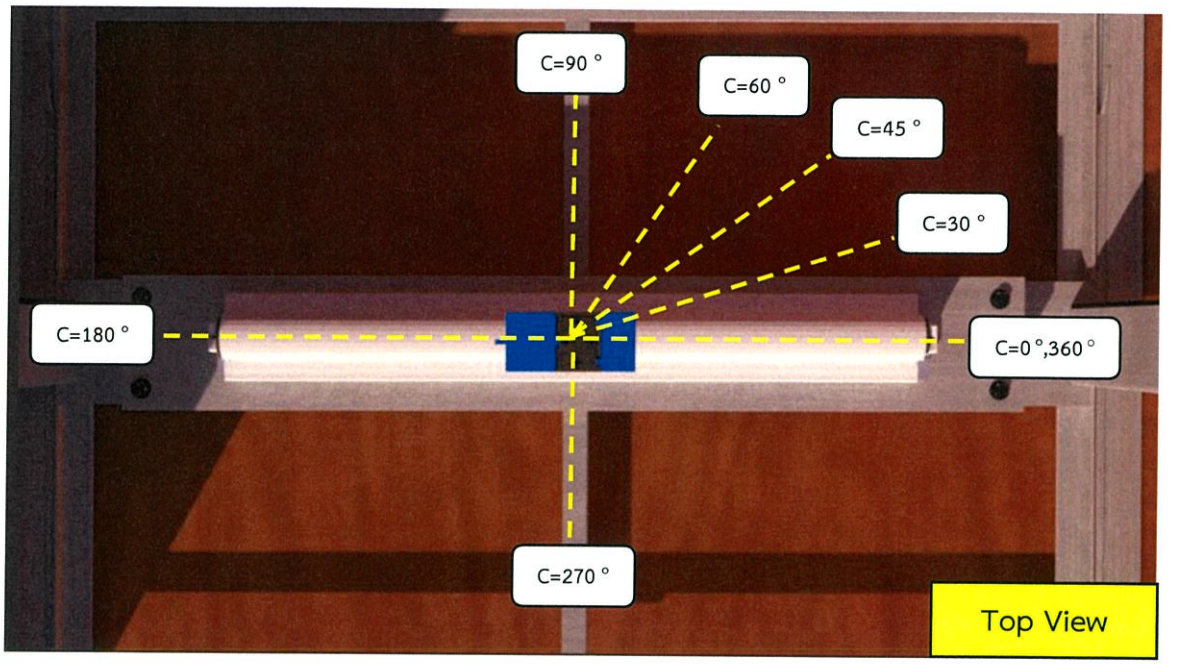
(ก) ชุดหลอดไฟฟ้าและชุดเซนเซอร์ภายในตู้ปิดทึบ



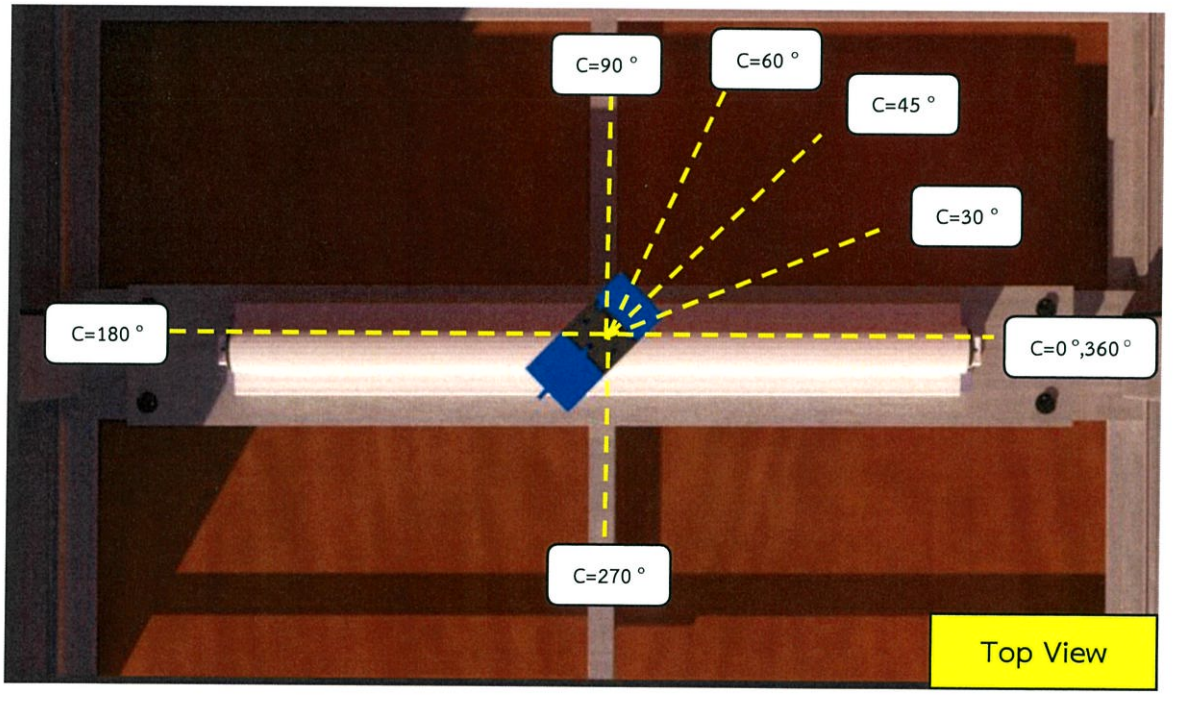
(ข) ชุดหลอดไฟฟ้าและชุดเซนเซอร์ภายในตู้ปิดทึบ

รูปที่ 3.4 ทิศทางของมุมมองและตำแหน่งของชุดเซนเซอร์และชุดหลอดไฟฟ้า

รูปที่ 3.4 (ก) แสดงทิศทางของมุมมองในการกำหนดตำแหน่งของชุดเซนเซอร์และชุดหลอดไฟฟ้าซึ่งมี มุมมองด้านหน้า (Front View) มุมมองด้านข้าง (Side View) และมุมด้านบน (Top View) ส่วนรูปที่ 3.4 (ข) แสดงตำแหน่งของชุดเซนเซอร์และชุดหลอดไฟฟ้าที่ติดตั้งในตู้ปิดทึบ



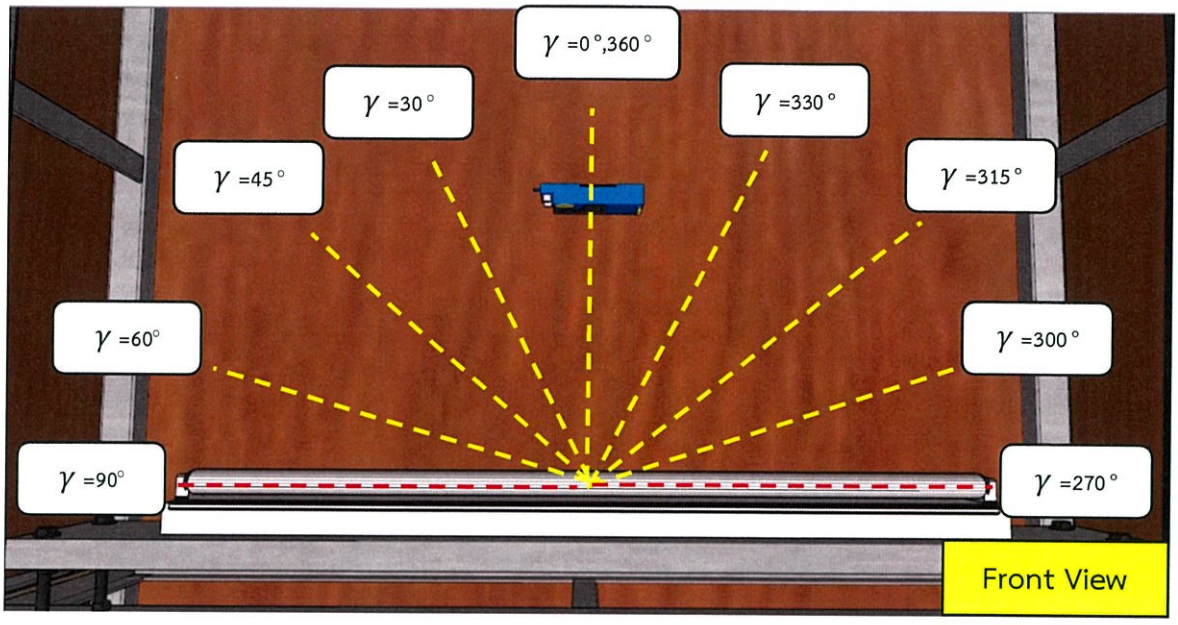
(ก) ตำแหน่งเซนเซอร์ในระนาบแนวนอน (C=0°)



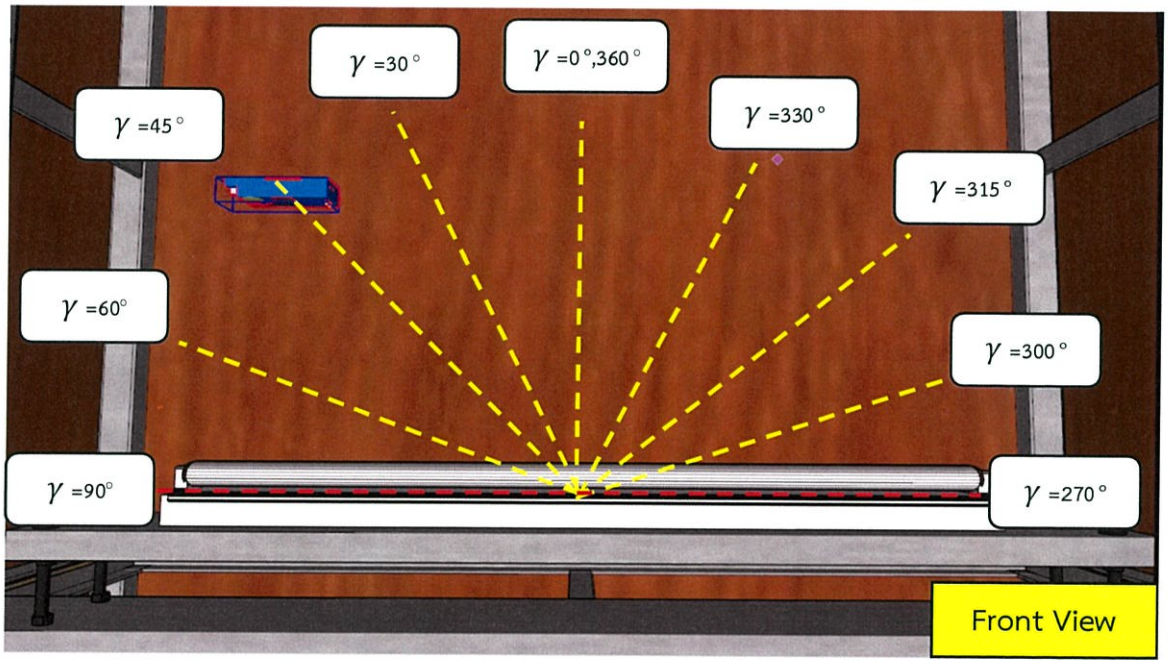
(ข) ตำแหน่งเซนเซอร์ในระนาบแนวนอน (C=45°)

รูปที่ 3.5 ตำแหน่งเซนเซอร์วัดแสงในระนาบแนวนอนที่ 0 และ 45 องศา

รูปที่ 3.5 (ก) และ (ข) แสดงมุมมองของตู้ปิดทึบในมุมมองด้านบน (Top View) ที่แสดงตำแหน่งของเซนเซอร์วัดแสงทำมุม 0 และ 45 องศาในระนาบแนวนอนตามระบบพิกัดมุมกับชุดหลอดไฟ ตามลำดับ ซึ่งในการทดลองได้กำหนดให้เซนเซอร์ทำมุม 0 องศา (C=0°)



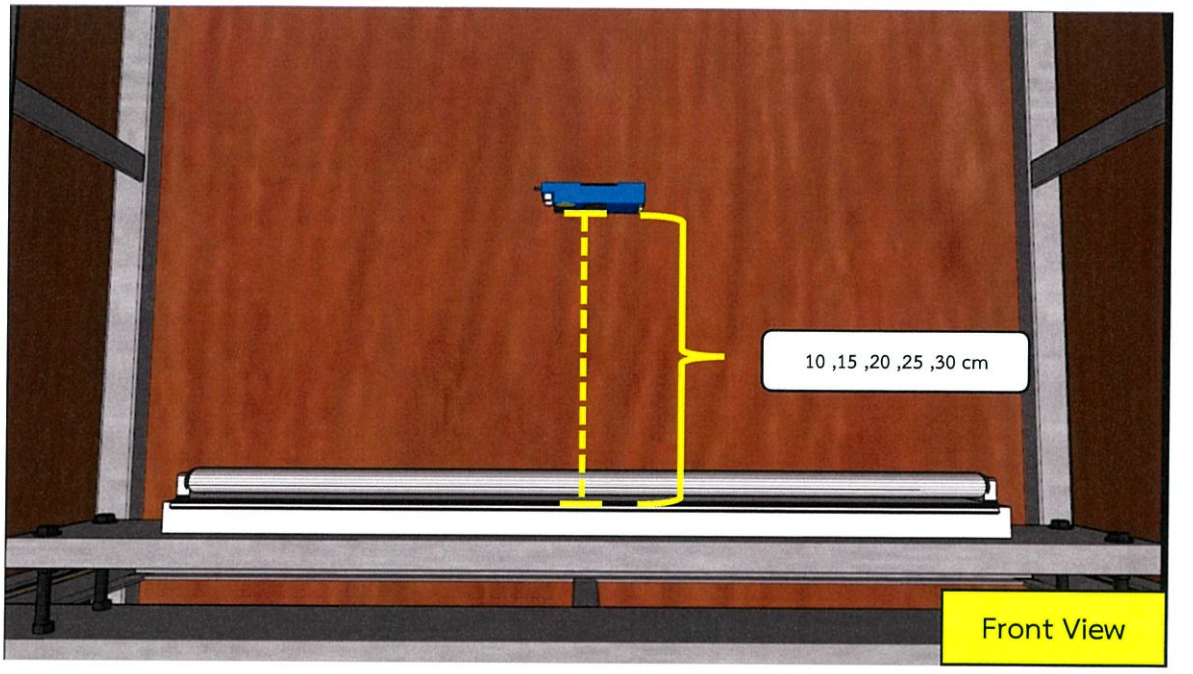
(ก) ตำแหน่งเซนเซอร์ในระนาบแนวตั้ง ($\gamma = 0^o$)



(ข) ตำแหน่งเซนเซอร์ในระนาบแนวตั้ง ($\gamma = 45^o$)

รูปที่ 3.6 ตำแหน่งเซนเซอร์วัดแสงในระนาบแนวตั้งที่ 0 และ 45 องศา

รูปที่ 3.6 (ก) และ (ข) แสดงมุมมองของตู้ปิดทึบในมุมมองด้านหน้า (Front View) ที่แสดงตำแหน่งของเซนเซอร์วัดแสงทำมุม 0 และ 45 องศาในระนาบแนวตั้งตามระบบพิกัดมุมกับชุดหลอดไฟ ตามลำดับ ซึ่งในการทดลองได้กำหนดให้เซนเซอร์ทำมุม 0 องศา ($\gamma = 0^o$)



รูปที่ 3.7 ระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับหัวรับแสง

รูปที่ 3.7 แสดงระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับหัวรับแสงซึ่งมีระยะ 10, 15, 20, 25 และ 30 เซนติเมตร โดยมีตำแหน่งของเซนเซอร์วัดแสงทำมุม 0 องศาในระนาบแนวนอน (C=0°) และทำมุม 0 องศาในระนาบแนวตั้งตามระบบพิกัดมุมกับชุดหลอดไฟ ($\gamma = 0^o$)

ตารางที่ 3.2 ตารางบันทึกค่าความเข้มแสงที่ได้จากเซนเซอร์เทียบกับเครื่องวัดความเข้มแสง

ระยะห่าง (cm)	เซนเซอร์วัดแสง (lx)	เครื่องวัดความเข้มแสง (lx)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
10	2987	3270	8.654
15	2065	2220	6.982
20	1498	1620	7.531
25	1123	1225	8.326
30	896	956	6.276

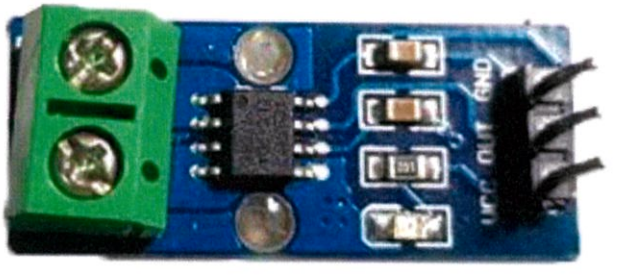
จากตารางที่ 3.2 เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าทั้ง 3 ครั้ง มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมากสุดคือ 8.654 % เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยสุดคือ 6.276 % และมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดโดยรวมไม่เกิน 10.000 % โดยให้ค่าที่ได้จากเครื่องวัดความเข้มแสง (HIOKI FT3425) เป็นค่าอ้างอิง

3.2.1.2 เซนเซอร์วัดกระแส (Current Sensor)

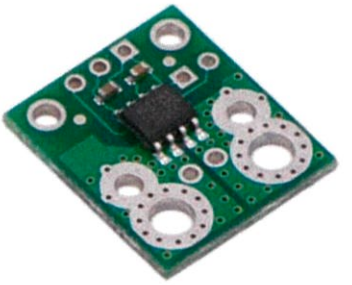
เซนเซอร์วัดกระแสต้องมีคุณสมบัติในการวัดกระแสไฟฟ้าสลับ (AC) ที่ใช้จ่ายให้กับชุดหลอดไฟได้ มีย่านในการวัดที่เหมาะสมกับขนาดของกระแสไฟฟ้าที่หลอดไฟใช้ มีขนาดที่เล็กและติดตั้งในกล่องทดสอบได้สะดวก นอกจากนี้ต้องสื่อสารกับหน่วยประมวลผลในรูปแบบอนุกรม (I2C) เพื่อความสะดวกในการใช้และสามารถทนต่ออุณหภูมิที่ได้รับจากหลอดไฟได้

การเลือกเซนเซอร์วัดกระแสในที่นี้ได้นำเซนเซอร์มาพิจารณา 3 ชนิดเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติตามที่ต้องการที่ได้กล่าวไปแล้ว โดยใช้เซนเซอร์วัดกระแสรุ่น SCT-013 000, ACS712-5A และ ACS714-5A มาเปรียบเทียบคุณสมบัติกัน

รูปที่ 3.8 เซนเซอร์วัดกระแสรุ่น SCT-013 000



รูปที่ 3.9 เซนเซอร์วัดกระแสรุ่น ACS712-5A



รูปที่ 3.10 เซนเซอร์วัดกระแสรุ่น ACS714-5A

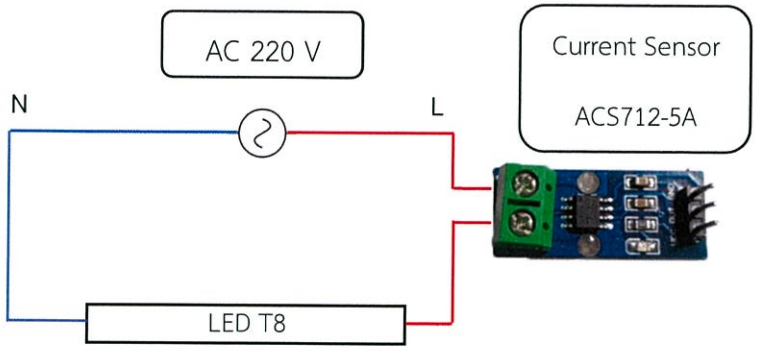
เซนเซอร์วัดกระแสทั้ง 3 รุ่น มีรูปแบบในการวัดกระแสที่แตกต่างกันโดยที่เซนเซอร์วัดกระแสรุ่น SCT-013 Series และ ACS714-5A ใช้การวัดกระแสโดยการแคลมป์คล้องสายไฟที่ต้องการวัด แต่เซนเซอร์วัดกระแสรุ่น ACS712-5A มีตัวยึดสายไฟในการต่อสายไฟที่ต้องการวัดเข้ากับเซนเซอร์ โดยเซนเซอร์วัดกระแสรุ่น SCT-013 000, ACS712-5A และ ACS714-5A มีขนาดของโมดูลเป็น 57 มม. X 32 มม. , 16.8 มม. x 30.2 มม. และ 17.8 มม. X 20.3 มม. ตามลำดับ

ตารางที่ 3.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์วัดกระแส

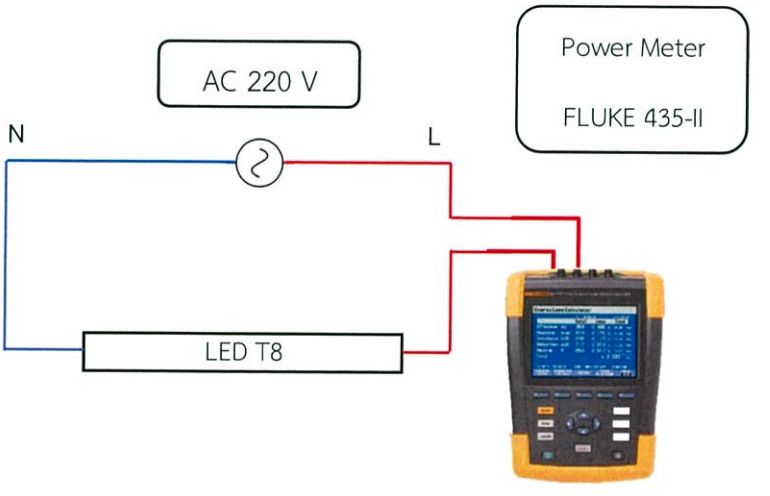
คุณสมบัติ	เซนเซอร์วัดกระแส		
	SCT-013 000	ACS712-5A	ACS714-5A
ประเภทกระแสที่วัด	AC	AC,DC	AC,DC
ช่วงในการวัดกระแส	0 - 5 A	0 - 5 A	0 - 5 A
ทนต่ออุณหภูมิ	-25 – 70 °C	-40 – 85 °C	-40 – 85 °C
รูปแบบการเชื่อมต่อ	Analog Output	Analog Output	Analog Output

จากตารางที่ 3.3 แสดงให้เห็นว่าเซนเซอร์แต่ละรุ่นมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกันแต่เซนเซอร์วัดกระแสรุ่น ACS712-5A มีรูปการวัดกระแสที่สามารถยึดสายไฟที่ต้องการวัดได้ซึ่งมีความเหมาะสมและกระทัดรัดกว่าสำหรับการติดตั้งในกล่องทดสอบและคุณสมบัติอื่น ๆ ก็เพียงพอต่อความต้องการที่ใช้ในชุดทดสอบ จึงเลือกเซนเซอร์วัดกระแสรุ่น ACS712-5A มาทำการทดสอบ

นอกจากนี้ได้นำเซนเซอร์วัดกระแส (Current Sensor) และเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (FLUKE 435-II) ซึ่งสามารถวัดกระแสไฟฟ้าได้มาต่ออนุกรมกับหลอดไฟไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุน จำนวน 1หลอด 3 ครั้ง จากนั้นบันทึกค่ากระแสที่ได้จากเซนเซอร์เทียบกับเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่เป็นเครื่องอ้างอิงลงในตารางที่ 3.4 และหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด



(ก) ตัวอย่างการต่อวงจรวัดกระแสของเซนเซอร์วัดกระแส (Current Sensor)



(ข) ตัวอย่างการต่อวงจรวัดกระแสของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า(FLUKE 435-II)

รูปที่ 3.11 การต่อวงจรวัดกระแสของเซนเซอร์และเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

ในการวัดค่ากระแสไฟฟ้าจากชุดหลอดไฟ การต่อเซนเซอร์และเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่นำมาใช้วัดกระแสไฟฟ้า มีรูปแบบการต่อแบบอนุกรมกับวงจรของชุดหลอดไฟดังที่แสดงในรูป ซึ่งค่าที่ได้จากเซนเซอร์ถูกส่งให้หน่วยประมวลผลต่อ ส่วนเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าจะแสดงค่าที่วัดได้ทันทีที่หน้าจอแสดงผล

ตารางที่ 3.4 ตารางบันทึกค่ากระแสที่ได้จากเซนเซอร์เทียบกับเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

ครั้งที่	เซนเซอร์วัดกระแส (A)	เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (A)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
1	0.051	0.050	2.000
2	0.054	0.050	8.000
3	0.055	0.050	10.000
เฉลี่ย	0.053	0.050	6.000

จากตารางที่ 3.4 เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าทั้ง 3 ครั้ง มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมากสุดคือ 10.000 % เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยสุดคือ 2.000 % เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยคือ 6.000 % และมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดโดยรวมไม่เกิน 10.000 % โดยให้ค่าที่ได้จากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (FLUKE 435-II) เป็นค่าอ้างอิง

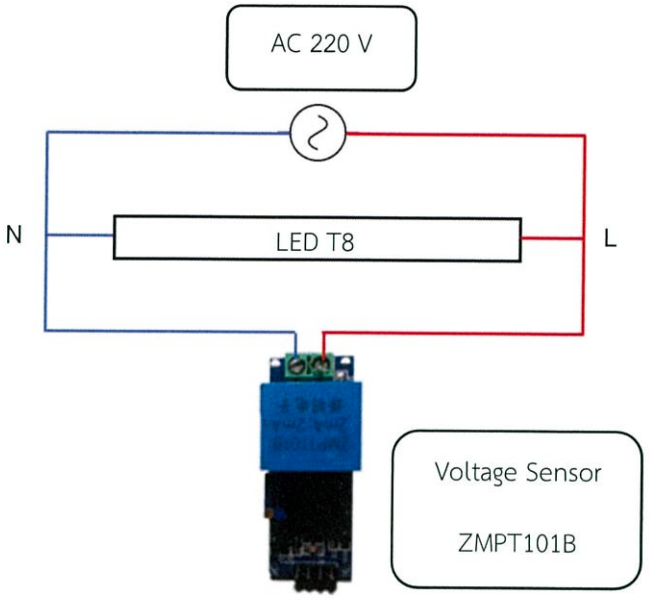
3.2.1.3 เซนเซอร์วัดแรงดัน (Voltage Sensor)

เซนเซอร์วัดแรงดันต้องมีคุณสมบัติในการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่ใช้จ่ายให้กับชุดหลอดไฟได้ มีย่านในการวัดที่เหมาะสมกับขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่หลอดไฟใช้ มีขนาดที่เล็กและติดตั้งในกล่องทดสอบได้สะดวก นอกจากนี้ต้องสื่อสารกับหน่วยประมวลผลในรูปแบบอนุกรม (I2C) เพื่อความสะดวกในการใช้และสามารถทนต่ออุณหภูมิที่ได้รับจากหลอดไฟได้

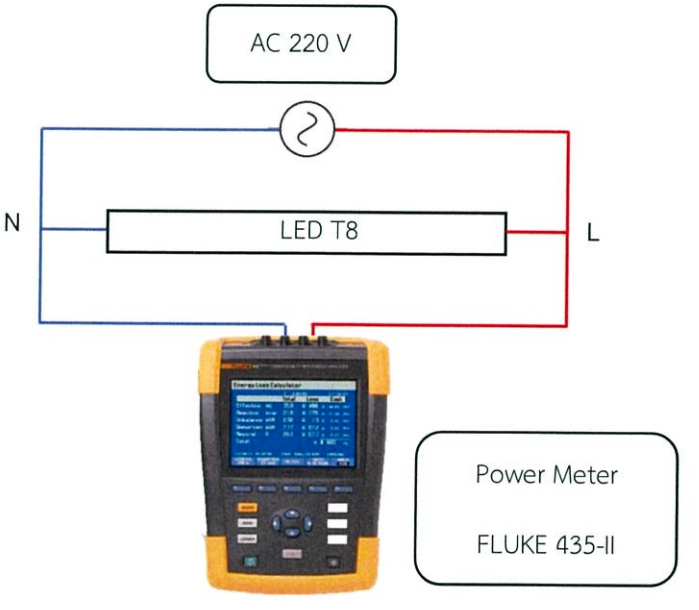
ชุดทดลองนี้ใช้เซนเซอร์วัดแรงดัน ZMPT101B มีความสามารถในการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้สูงถึง 250 โวลต์ (V) ซึ่งเพียงพอต่อการวัดประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของชุดหลอดไฟฟ้า 1 ชุด โดยการทำงานของเซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้าในย่าน 0 – 250 V_{ac} แล้วลดระดับแรงดันโดยใช้ หม้อแปลงแรงดัน (Potential Transformer) ที่อยู่ภายในโมดูลลงมาอยู่ในย่าน 0 – 5 V_{dc} เพื่อส่งค่าอนาล็อกไปยังไมโครคอนโทรเลอร์และการติดตั้งในการวัดต่อแบบขนานกับชุดหลอดไฟฟ้า

รูปที่ 3.12 เซนเซอร์วัดแรงดันรุ่น ZMPT101B

นอกจากนี้ได้นำเซนเซอร์วัดแรงดัน (Voltage Sensor) และเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (FLUKE 435-II) ซึ่งสามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้มาวัดคร่อมกับหลอดไฟไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุน จำนวน 1 หลอด 3 ครั้ง จากนั้นบันทึกค่าแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์เทียบกับเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่เป็นเครื่องอ้างอิงลงในตารางที่ 3.5 และหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด



(ก) ตัวอย่างการต่อวงจรวัดแรงดันของเซนเซอร์วัดแรงดัน (Voltage Sensor)



(ข) ตัวอย่างการต่อวงจรวัดแรงดันของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (FLUKE 435-II)

รูปที่ 3.13 การต่อวงจรวัดแรงดันของเซนเซอร์และเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

ในการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากชุดหลอดไฟ การต่อเซนเซอร์และเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่นำมาใช้วัดแรงดันไฟฟ้า มีรูปแบบการต่อแบบขนานกับวงจรของชุดหลอดไฟดังที่แสดงในรูป ซึ่งค่าที่ได้จากเซนเซอร์ถูกส่งให้หน่วยประมวลผลต่อ ส่วนเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าจะแสดงค่าที่วัดได้ทันทีที่หน้าจอแสดงผล

ตารางที่ 3.5 ตารางบันทึกค่าแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์เทียบกับเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

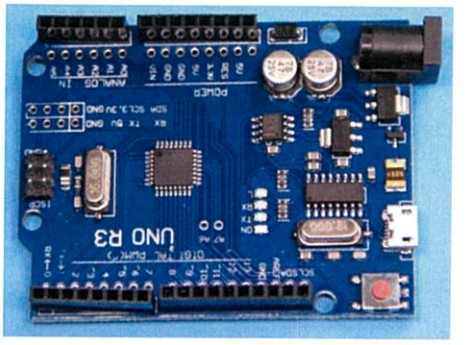
ครั้งที่	เซนเซอร์วัดแรงดัน (V)	เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (V)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
1	229.06	228.40	0.288
2	228.33	228.50	0.075
3	228.54	228.30	0.105
เฉลี่ย	228.64	228.40	0.105

จากตารางที่ 3.5 เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าทั้ง 3 ครั้ง มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมากสุดคือ 0.288 % เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยสุดคือ 0.105 % เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยคือ 0.105 % และมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดโดยรวมไม่เกิน 0.5 % โดยให้ค่าที่ได้จากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (FLUKE 435-II) เป็นค่าอ้างอิง

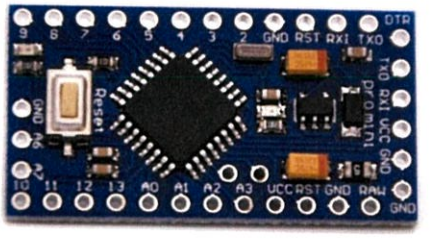
3.2.1.4 ชุดประมวลผล

ชุดประมวลผลต้องมีคุณสมบัติในการประมวลผลที่ถูกต้อง มีจำนวนพอร์ทในการใช้งานที่เพียงพอต่อจำนวนการใช้งาน มีขนาดที่เล็ก มีช่องสำหรับการสื่อสารในรูปแบบอนุกรม (I2C) และมีความสะดวกต่อการติดตั้งในกล่องทดสอบ

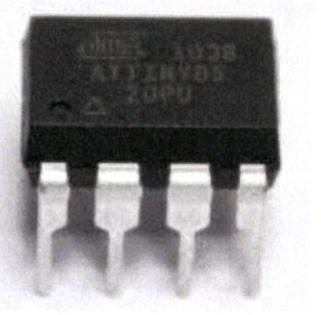
การเลือกชุดประมวลผลในที่นี้ได้นำมาพิจารณา 3 ชนิดเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติตามที่ต้องการที่ได้กล่าวไปแล้ว โดยใช้ชุดประมวลผลรุ่น Arduino Uno R3, Arduino Promini328 และ Arduino ATTiny85 มาเปรียบเทียบคุณสมบัติกัน



รูปที่ 3.14 อาดูโน่ยูโน่ (Arduino Uno R3)



รูปที่ 3.15 อาดูโน่โปรมินิ 328 (Arduino Promini328)



รูปที่ 3.16 อาดูโน่เอเท็นนี่ 85 (Arduino ATTiny85)

หน่วยประมวลทั้ง 3 รุ่นมีขนาดที่แตกต่างกัน โดยที่อาดูโน่ยูโน่ (Arduino Uno R3), อาดูโน่โปรมินิ 328 (Arduino Promini328) และ อาดูโน่เอเท็นนี่ 85 (Arduino ATTiny85) มีขนาดเป็น 68.6 มม. x 53.4 มม. , 33.3 มม. x 18.0 มม. และ 10.2 มม. x 11.3 มม. ตามลำดับ

ตารางที่ 3.6 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของอาดูโน่

คุณสมบัติ	หน่วยประมวลผล		
	Arduino Uno R3	Arduino Promini328	Arduino ATTiny85
ความจุ (kB)	32	32	8
จำนวนพอร์ต Analog	6	8	5
จำนวนพอร์ต Digital	14	14	3
สัญญาณนาฬิกา	16 MHz	16 MHz	1 MHz
การสื่อสารแบบอนุกรม (I2C)	มี	มี	ไม่มี

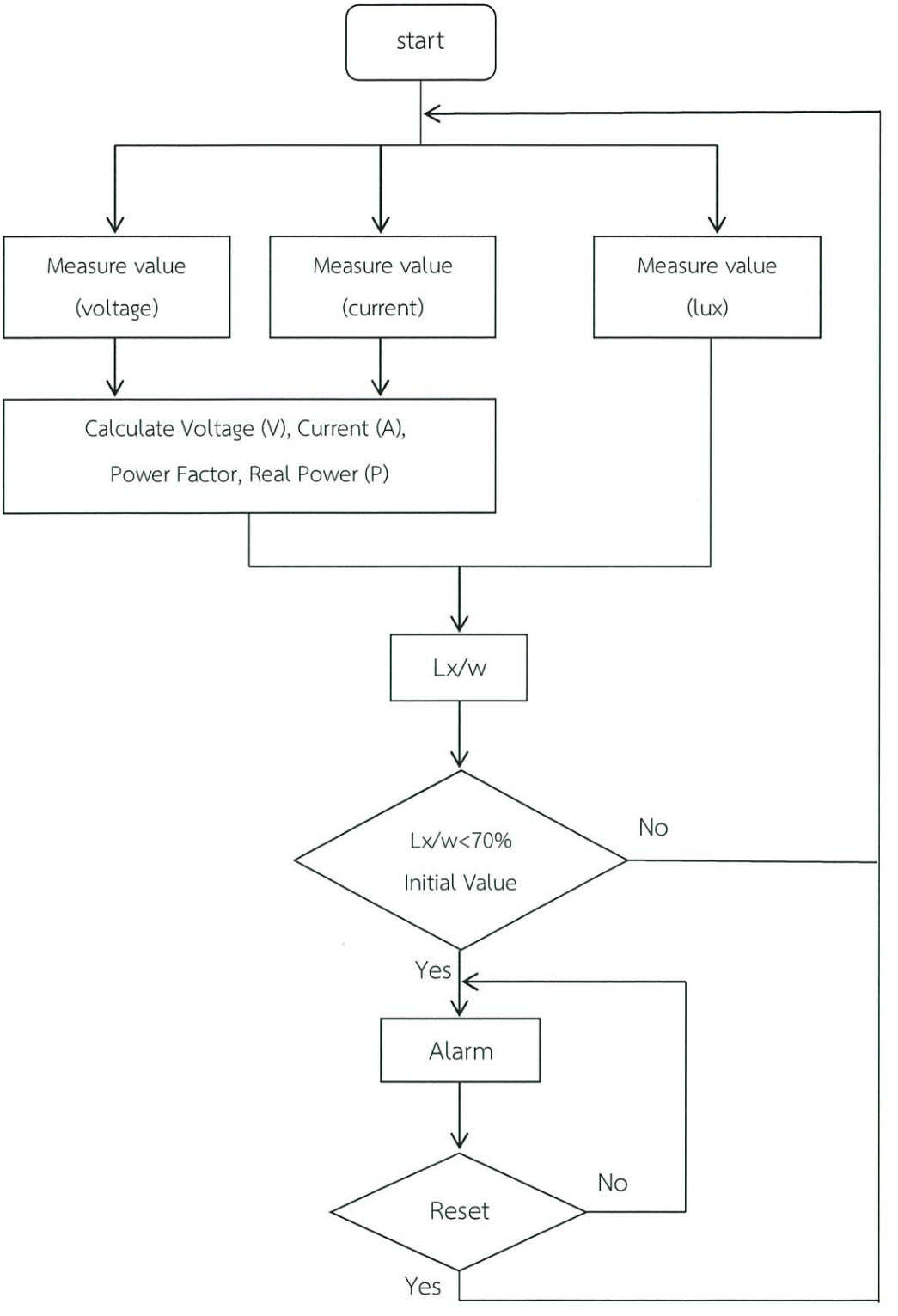
จากตารางที่ 3.6 แสดงให้เห็นว่าอาดูโน่ยูโน่ (Arduino Uno R3) และ อาดูโน่โปรมินิ 328 (Arduino Promini328) มีรูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม (I2C) ส่วนอาดูโน่เอเท็นนี่ 85 (Arduino ATTiny85) ไม่มี และเมื่อเทียบขนาดกันแล้วระหว่าง อาดูโน่ยูโน่ (Arduino Uno R3) และอาดูโน่โปรมินิ 328 (Arduino Promini328) พบว่า อาดูโน่โปรมินิ 328 (Arduino Promini328) มีขนาดที่เล็กกว่า นอกจากนี้คุณสมบัติอื่น ๆ ก็เพียงพอต่อความต้องการที่ใช้ในชุดทดสอบ จึงเลือกหน่วยประมวลผลรุ่น อาดูโน่โปรมินิ 328 (Arduino Promini328) มาทำการทดสอบ

3.2.2 การออกแบบชุดทดสอบ

ระบบการทำงานของชุดทดสอบต้องมีความสามารถในการทำงานที่ถูกต้องและสามารถเข้าใจได้ง่ายเพื่อตอบสนองต่อผู้ใช้งานทั่วไป จึงต้องมีการออกแบบระบบการทำงานของชุดทดสอบให้เหมาะสมกับความต้องการ นอกจากนี้ต้องมีการออกแบบวงจรชุดทดสอบด้วย

3.2.2.1 การออกแบบชุดคำสั่ง

การออกแบบชุดคำสั่งสำหรับหน่วยประมวลผลคำนึงถึงความแม่นยำ ความเที่ยงตรงและความถูกต้องเป็นหลัก เพื่อให้ได้ค่าที่มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลสูงสุด โดยใช้โปรแกรม Arduino ซึ่งมีภาษาซีเป็นพื้นฐานในการเขียนชุดคำสั่ง



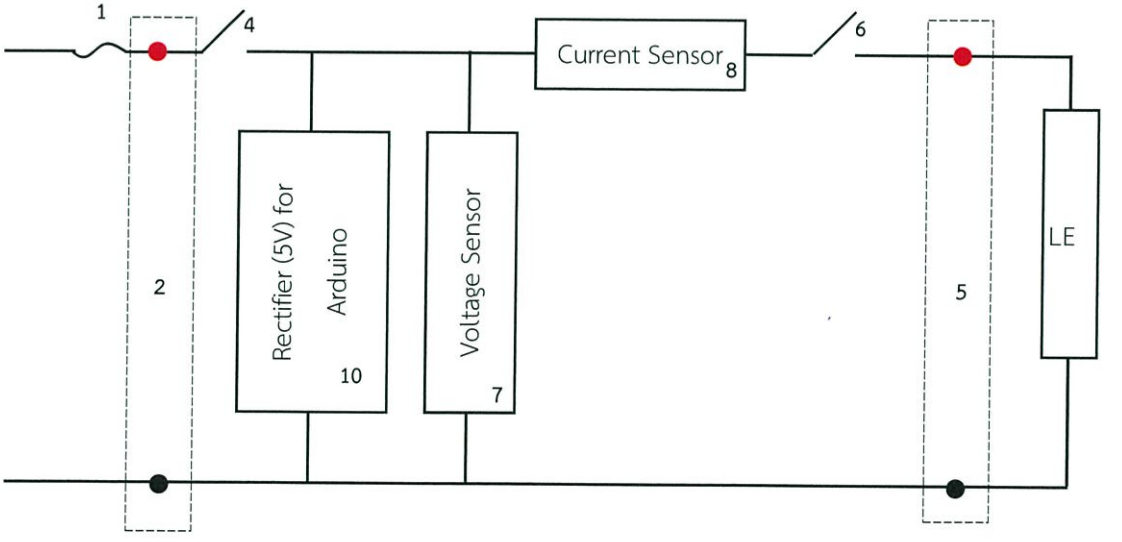
รูปที่ 3.17 แผนผังกระบวนการประมวลผลของชุดคำสั่ง

โดยการทำงานของชุดคำสั่งเริ่มจากการรับค่าการวัดสัญญาณจากเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว มาเพื่อคำนวณเป็นค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความเข้มแสงของชุดหลอดไฟฟ้า โดยสัญญาณทางด้านไฟฟ้านำมาหาค่ากำลังไฟฟ้าจริงและค่าตัวประกอบกำลังทางไฟฟ้า ส่วนสัญญาณทางด้านแสงสว่างนำมาหาค่าความเข้มแสง เมื่อได้ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและค่าความเข้มแสง (lx/W) นำมาเทียบกับค่า ลักซ์/วัตต์ (lx/W) เริ่มต้นของชุดหลอดไฟ เมื่อมีค่าน้อยกว่า 70 % ของค่าเริ่มต้น เซนเซอร์ทำการแจ้งเตือนผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสง

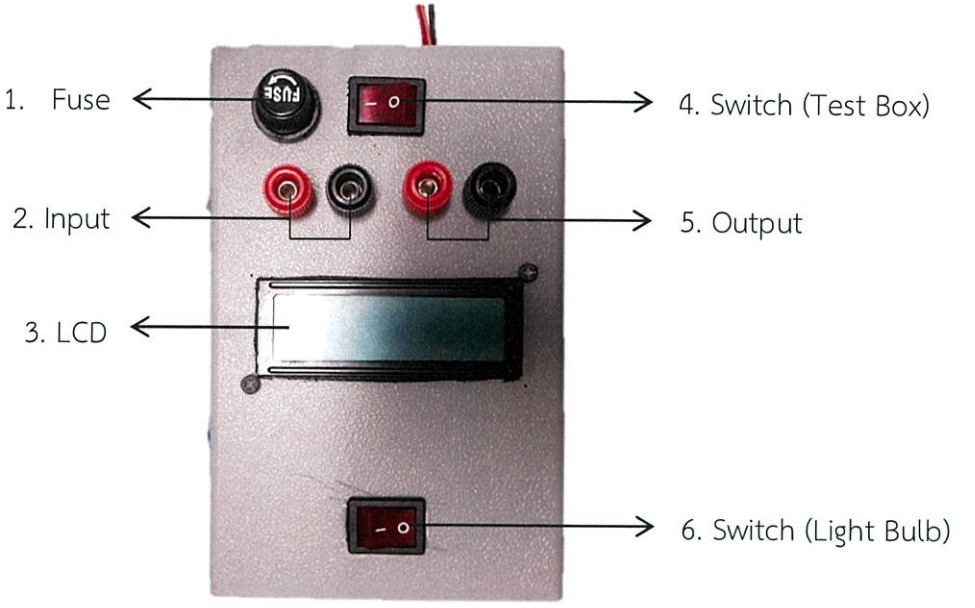
เนื่องจากบางเวลาภายในอาคารมีสภาวะผิดปกติทางไฟฟ้า เช่น แรงดันตก ไฟฟ้าดับ เป็นต้น ซึ่งส่งผลให้ค่าฟลักซ์ส่องสว่างลดลง ซึ่งอาจเป็นผลทำให้เซนเซอร์มีการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดได้ เมื่อใช้การเปรียบเทียบข้อมูลในหน่วย ลักซ์ (lx) อย่างเดียว ด้วยเหตุผลนี้จึงใช้การเปรียบเทียบในหน่วย ลักซ์/วัตต์ (lx/W) เพื่อรองรับปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ทางไฟฟ้าที่อาจส่งผลต่อการทำงานของเซนเซอร์ได้

3.2.2.2 การออกแบบวงจรชุดตรวจสอบประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้า

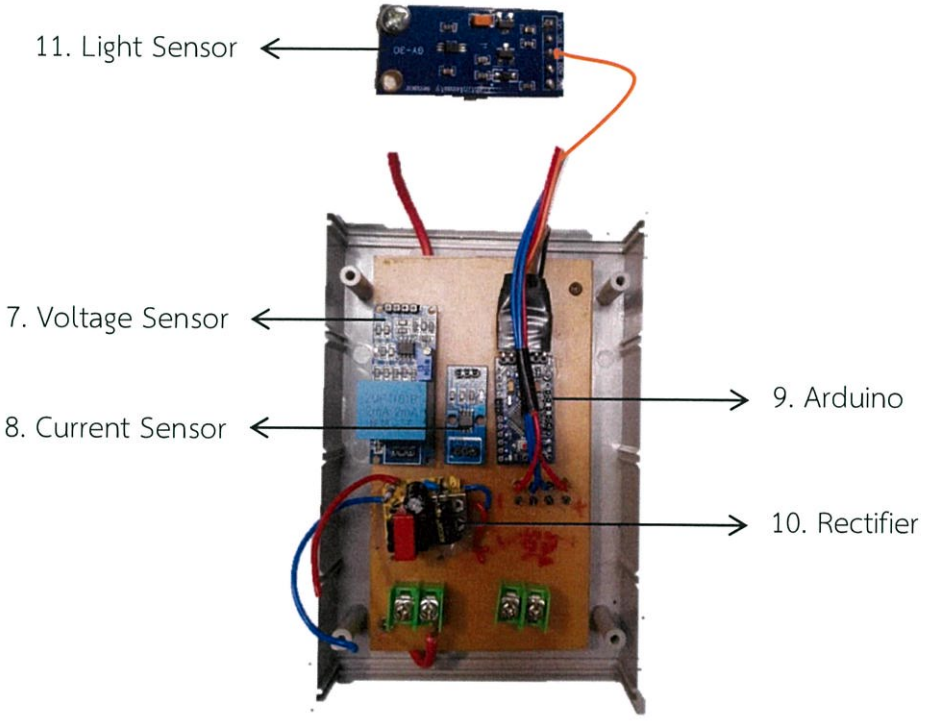
ในชุดทดสอบได้ทำการรวมเซนเซอร์ในการวัดสัญญาณทางไฟฟ้า หน่วยประมวลผล จอแสดงค่าและสวิตช์ต่าง ๆ ไว้ด้วยกันภายในกล่องเดียวและมีการต่อสายสัญญาณออกมาจากตัวกล่องสำหรับเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดแสงที่ต้องต่อพ่วงไปยังตำแหน่งขั้วหลอดของชุดหลอดไฟโดยมีแผงผังของวงจรภายในกล่องของชุดทดสอบดังนี้



รูปที่ 3.18 แผนผังวงจรภายในกล่องชุดทดสอบ



รูปที่ 3.19 ด้านหน้ากล่องทดสอบ



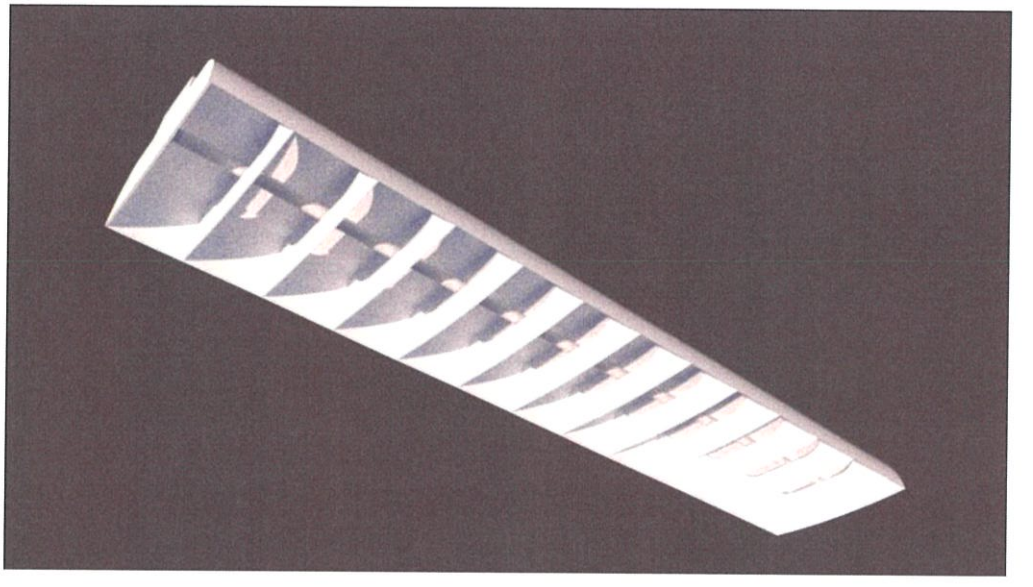
รูปที่ 3.20 ภายในกล่องทดสอบ

ส่วนประกอบของวงจร

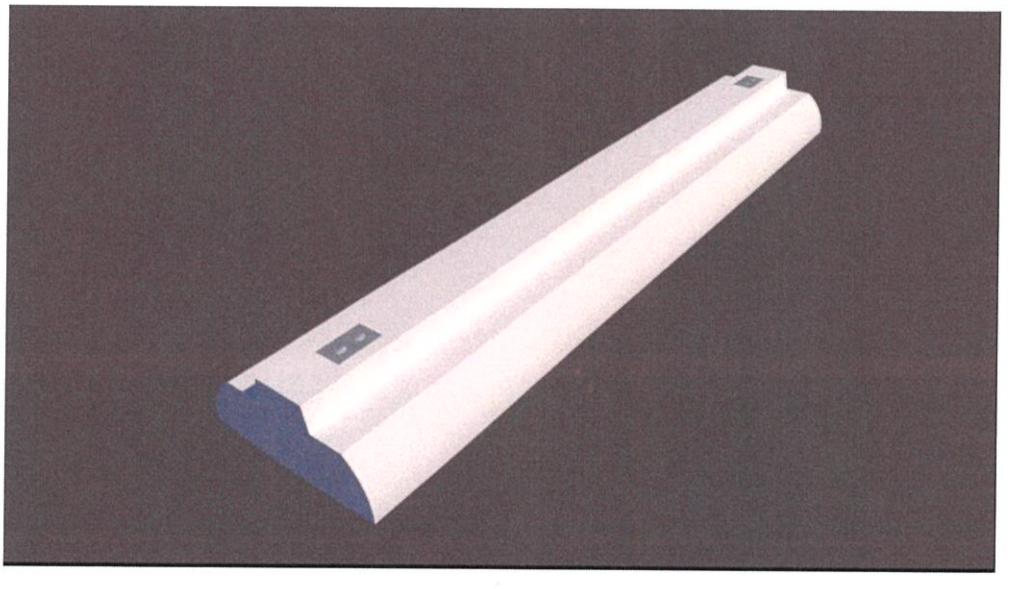
1. ฟิวส์ (Fuse) ทำหน้าที่ป้องการการลัดวงจร
2. ด้านรับไฟเข้า (input) เป็นด้านที่รับกระแสไฟฟ้าสลับ 220 โวลต์
3. จอแสดงค่า (LCD) ทำหน้าที่แสดงผลค่าที่อ่านได้
4. สวิตช์ เปิด/ปิด กล่องทดสอบ (Switch) ทำหน้าที่ เปิด - ปิด วงจรไฟฟ้าของกล่องทดสอบและชุดหลอดไฟ
5. ด้านไฟออก (Output) เป็นด้านที่เชื่อมต่อกับชุดหลอดไฟด้วยกระแสไฟฟ้าสลับ 220 โวลต์
6. สวิตช์ เปิด/ปิด หลอดไฟฟ้า (Switch) ทำหน้าที่ เปิด – ปิด ชุดหลอดไฟ
7. เซนเซอร์วัดแรงดัน (Voltage Sensor) ทำหน้าที่วัดค่าแรงดันไฟฟ้า
8. เซนเซอร์วัดกระแส (Current Sensor) ทำหน้าที่วัดค่ากระแสไฟฟ้า
9. หน่วยประมวลผล (Arduino) เป็นตัวประมวลค่าที่ได้จากเซนเซอร์
10. โมดูลเรียงกระแส (Rectifier) ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าสลับ 220 โวลต์เป็นกระแสไฟฟ้าตรง 5 โวลต์
11. เซนเซอร์วัดแสง (Light Sensor) ทำหน้าที่วัดค่าทางแสง

3.3 การติดตั้งชุดทดสอบ

ในชุดทดสอบประกอบ 2 ส่วนที่แยกออกจากกัน คือ กล่องชุดทดสอบและเซนเซอร์วัดแสงที่มีการโยงสายออกมาภายนอกกล่องเพื่อใช้ในการแคล้มกับขั้วหลอดไฟ ซึ่งทดสอบกับชุดหลอดไฟ 1 หลอด ที่ใช้โคมตะแกรง โดยในการติดตั้งชุดทดสอบนี้จะเป็นการนำเสนอการติดตั้งเพื่อใช้ในการทดสอบ ซึ่งในการใช้งานจริงอาจมีการติดตั้งตามความเหมาะสมของผู้ใช้งานหรือตามความเหมาะสมของชุดหลอดไฟ

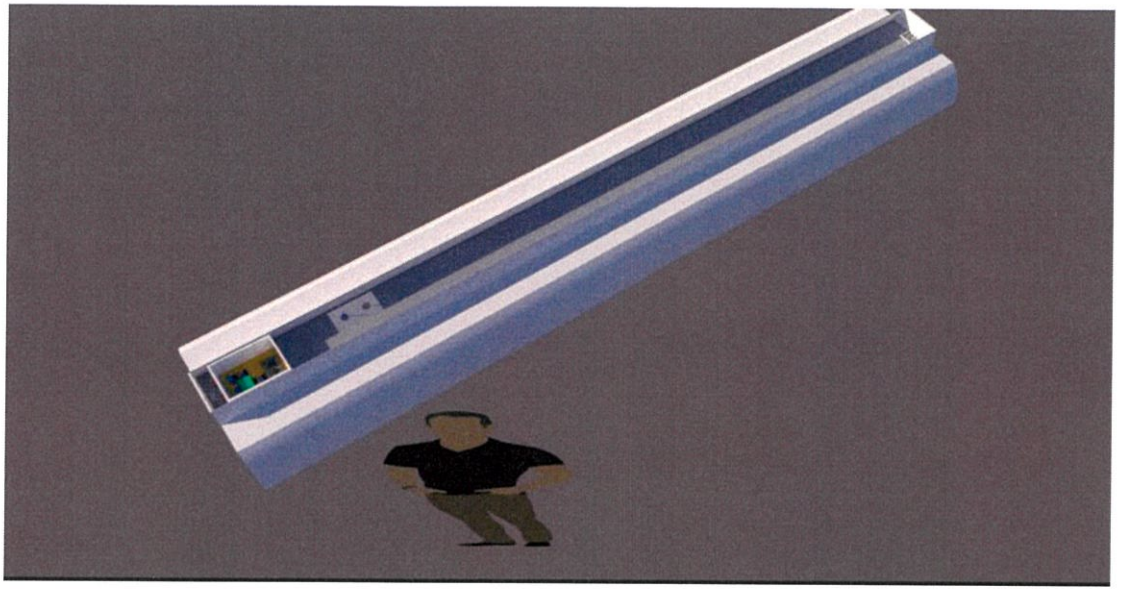


(ก) ด้านหน้าของชุดหลอดไฟโคมตะแกรง

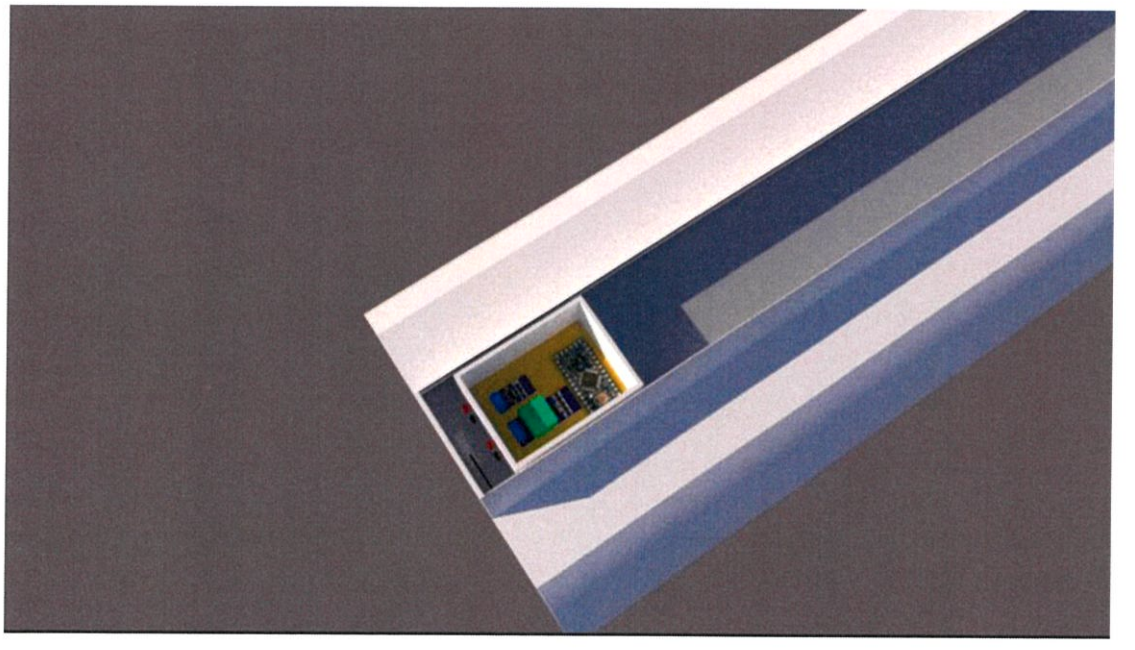


(ข) ด้านบนของชุดหลอดไฟโคมตะแกรง

รูปที่ 3.21 ชุดหลอดไฟโคมตะแกรง



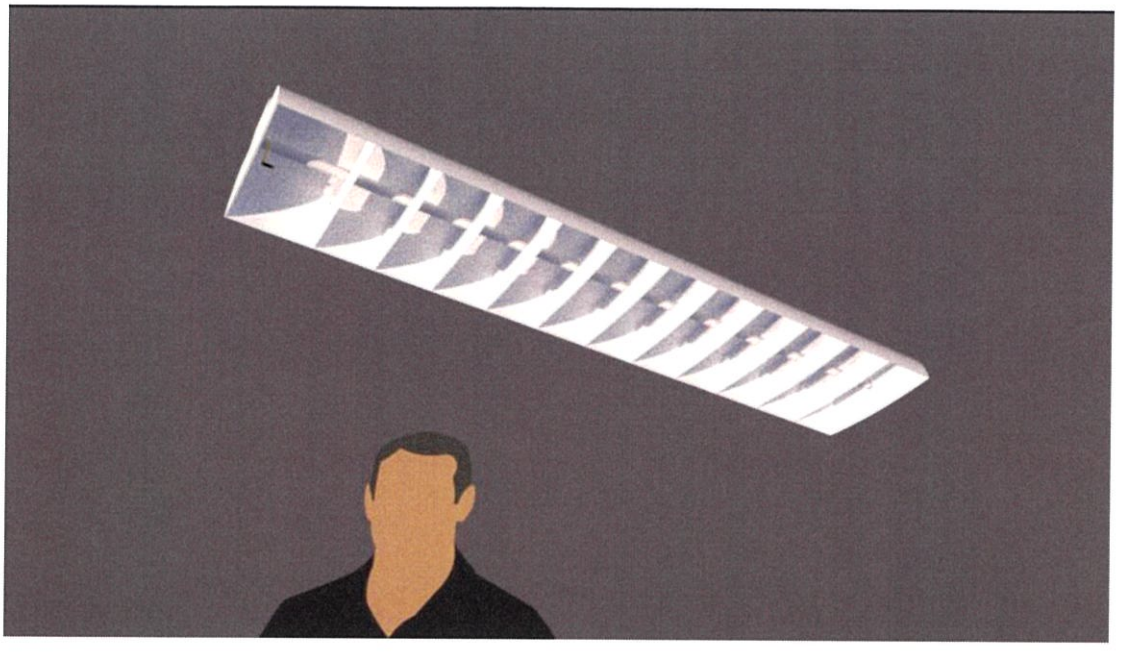
(ก) กล่องชุดทดสอบที่ติดตั้งอยู่ด้านบนของชุดหลอดไฟโคมตะแกรง



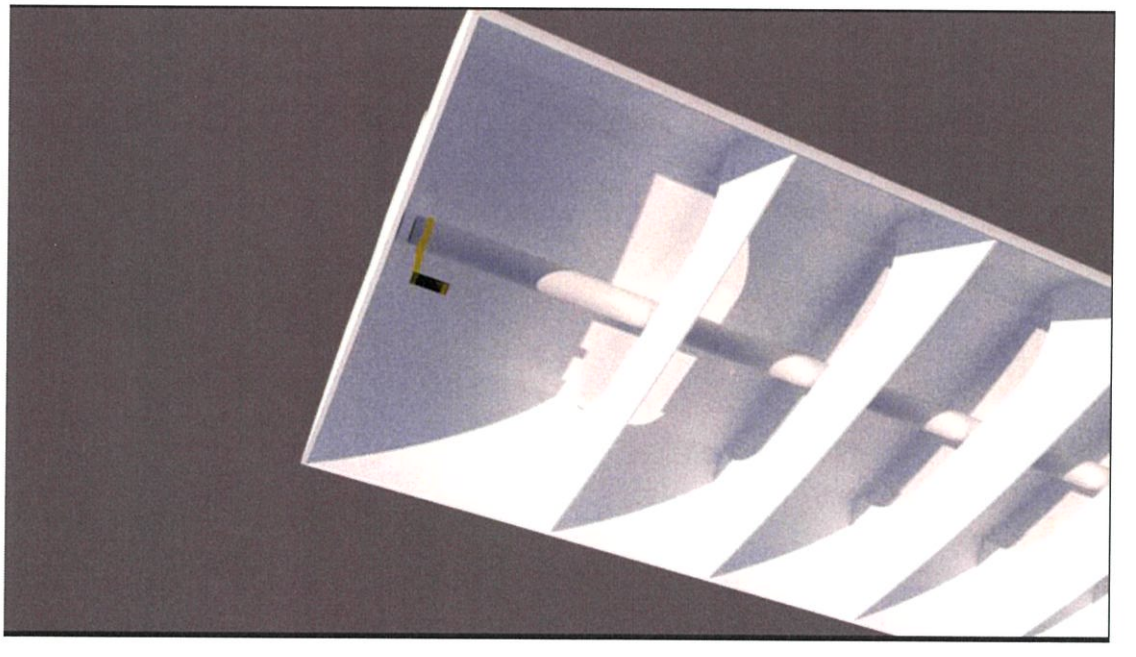
(ข) กล่องชุดทดสอบที่ติดตั้งอยู่ด้านบนของชุดหลอดไฟโคมตะแกรง

รูปที่ 3.22 กล่องชุดทดสอบที่ติดตั้งอยู่ด้านบนของชุดหลอดไฟโคมตะแกรง

กล่องชุดทดสอบถูกติดตั้งอยู่ภายด้านบนของชุดหลอดไฟที่ใช้โคมตะแกรงโดยเมื่อติดตั้งจะต้องนำสายไฟ 2 สายที่มาจากแหล่งจ่ายไฟมาเข้าทางด้านรับไฟเข้าของกล่องทดสอบ จากนั้นต่อสายไฟ 2 เส้นจากด้านไฟออกของกล่องทดสอบไปยังชุดหลอดไฟและกล่องทดสอบจะถูกยึดติดกับโคมตะแกรง



(ก) เซนเซอร์วัดแสงที่ติดตั้งอยู่ที่ขั้วของชุดหลอดไฟโคมตะแกรง



(ข) เซนเซอร์วัดแสงที่ติดตั้งอยู่ที่ขั้วของชุดหลอดไฟโคมตะแกรง

รูปที่ 3.23 เซนเซอร์วัดแสงที่ติดตั้งอยู่ที่ขั้วของชุดหลอดไฟโคมตะแกรง

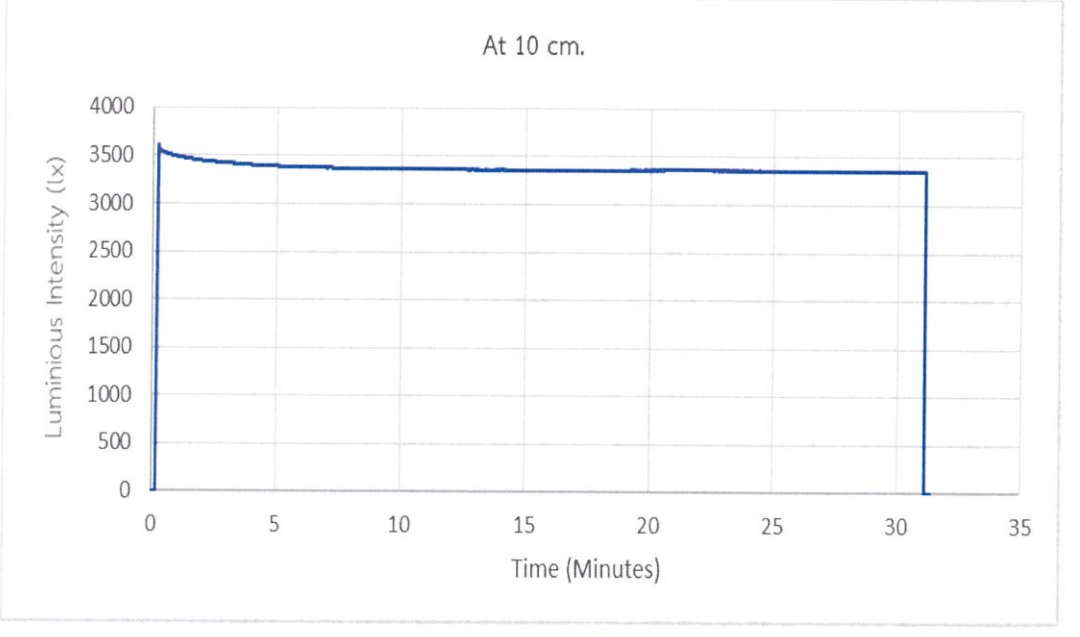
เซนเซอร์วัดแสงถูกติดตั้งไว้ที่ขั้วของชุดหลอดไฟในลักษณะของการแคล้มที่ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณแสงจากหลอดไฟโดยตรง โดยเซนเซอร์จะถูกโยงสายมาจากกล่องทดสอบผ่านการเจาะทะลุของโคมไฟเป็นรูขนาดที่พอให้สายสัญญาณผ่านได้จากกล่องทดสอบที่อยู่ทางด้านบนของชุดหลอดไฟมายังขั้วของชุดหลอดไฟ

บทที่4
การทดลองและผลการทดลอง

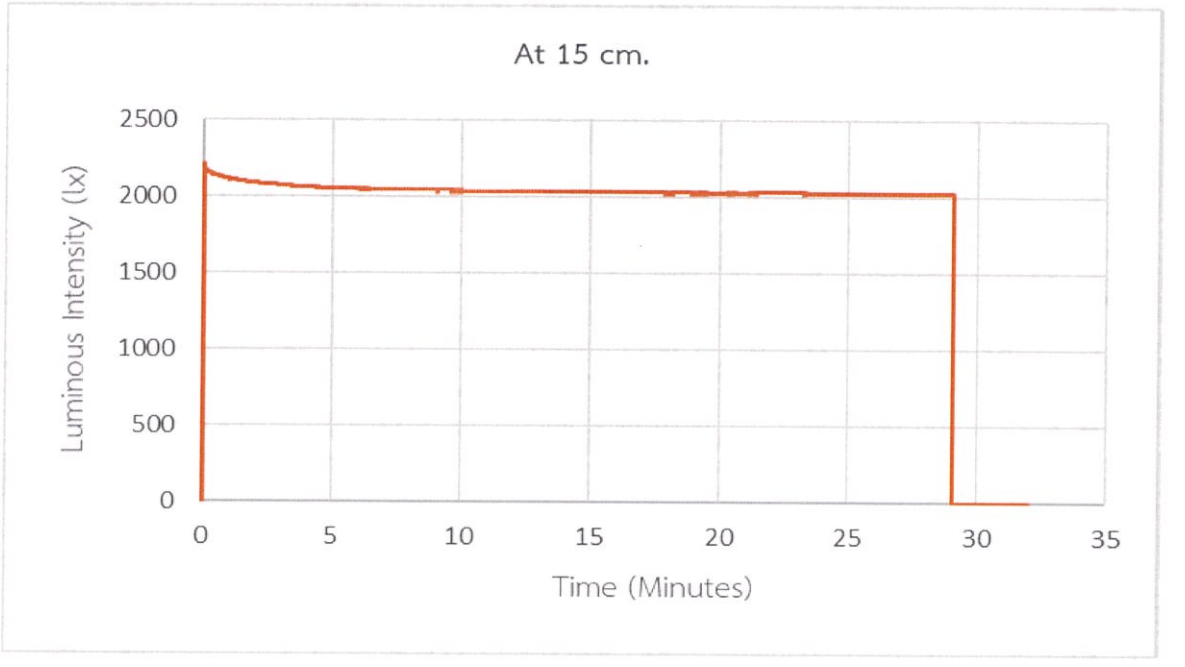
ปริญญานิพนธ์ในบทนี้ เป็นการทดลองการใช้งานชุดทดสอบเพื่อหาระยะการติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดของเซนเซอร์แสงที่ยึดติดกับหลอดไฟและเพื่อวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องขณะใช้งานหลอดไฟได้แก่ ค่าความเข้มแสง (lux), กำลังไฟฟ้า (W) และความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้า (lx/W) ซึ่งในการทดลองได้ทดลองกับหลอดไฟที่มีการใช้งานเป็นเวลาหนึ่งแล้ว (หลอดเก่า) และหลอดไฟที่ยังไม่ผ่านการใช้งานใด ๆ (หลอดใหม่) โดยได้ทำการทดลองทั้งในช่วงกลางวันและกลางคืนเพื่อวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่วัดในช่วงเวลาที่ใช้งานจริง สำหรับผู้ใช้งานทั่วไป

4.1 การหาระยะการติดตั้งเซนเซอร์แสงที่เหมาะสมที่สุด

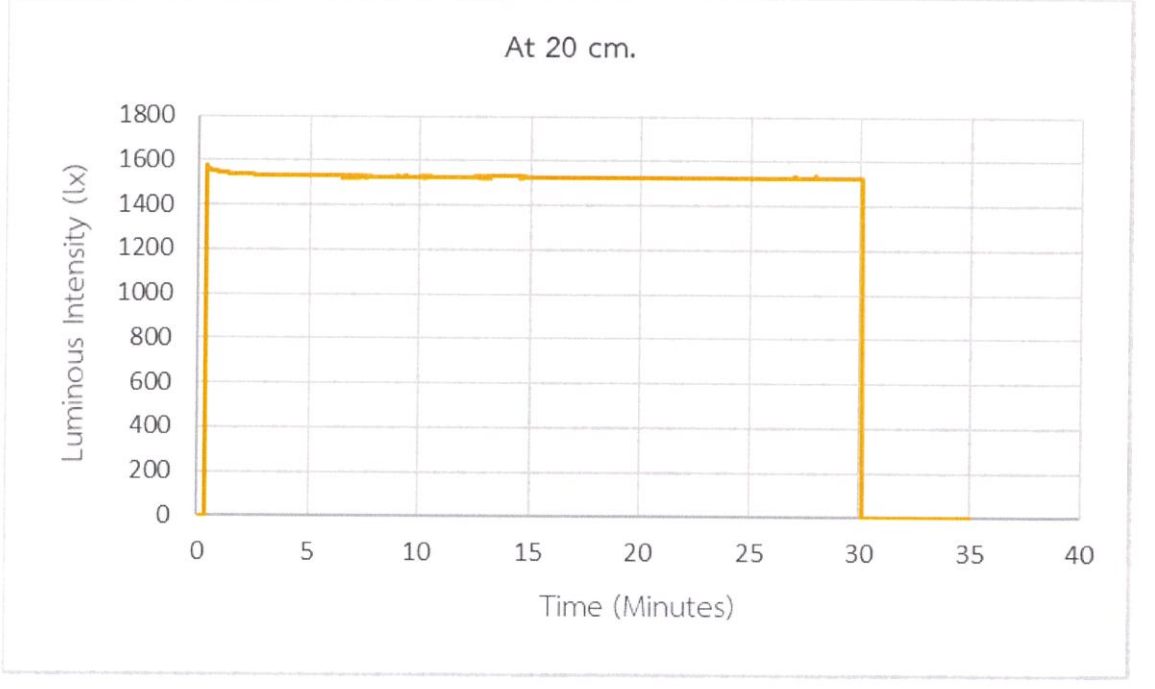
ในการทดลองนี้ได้ทำการเก็บค่าความเข้มแสง (lux) จากเซนเซอร์แสงในช่วงการใช้งานหลอดไฟ ตั้งแต่ไม่มีการเปิดหลอดไฟ เปิดหลอดไฟ และปิดหลอดไฟตามลำดับเป็นเวลารวม 30 นาทีโดยตำแหน่งของเซนเซอร์อยู่ที่ C=0° (Horizon) และ $\gamma = 0^o$ (Vertical) ตามระบบพิกัดมุมของชุดหลอดไฟที่ระยะ 10 , 15 , 20 , 25 และ 30 เซนติเมตร (cm) โดยใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุนยี่ห้อ LUMAX รุ่น ELED/1S-9LED/OT/865 ใช้โคมตะแกรง จำนวน 1 หลอด ภายในตู้ปิดทึบ



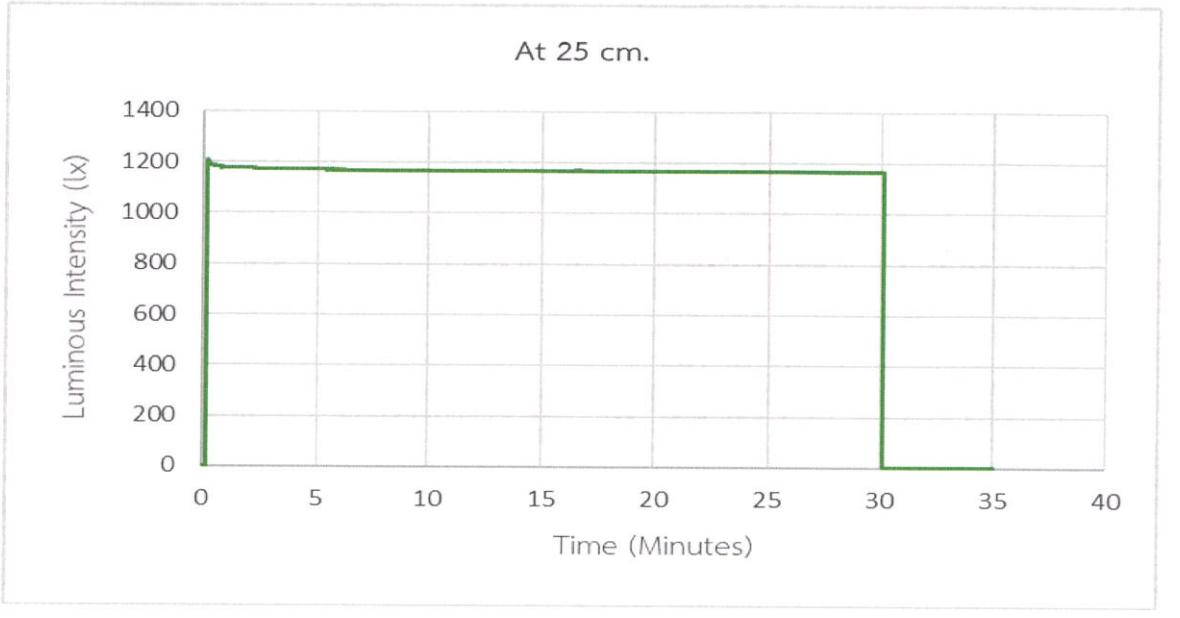
(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟเป็นเวลา 30 นาทีที่ระยะ 10 เซนติเมตร



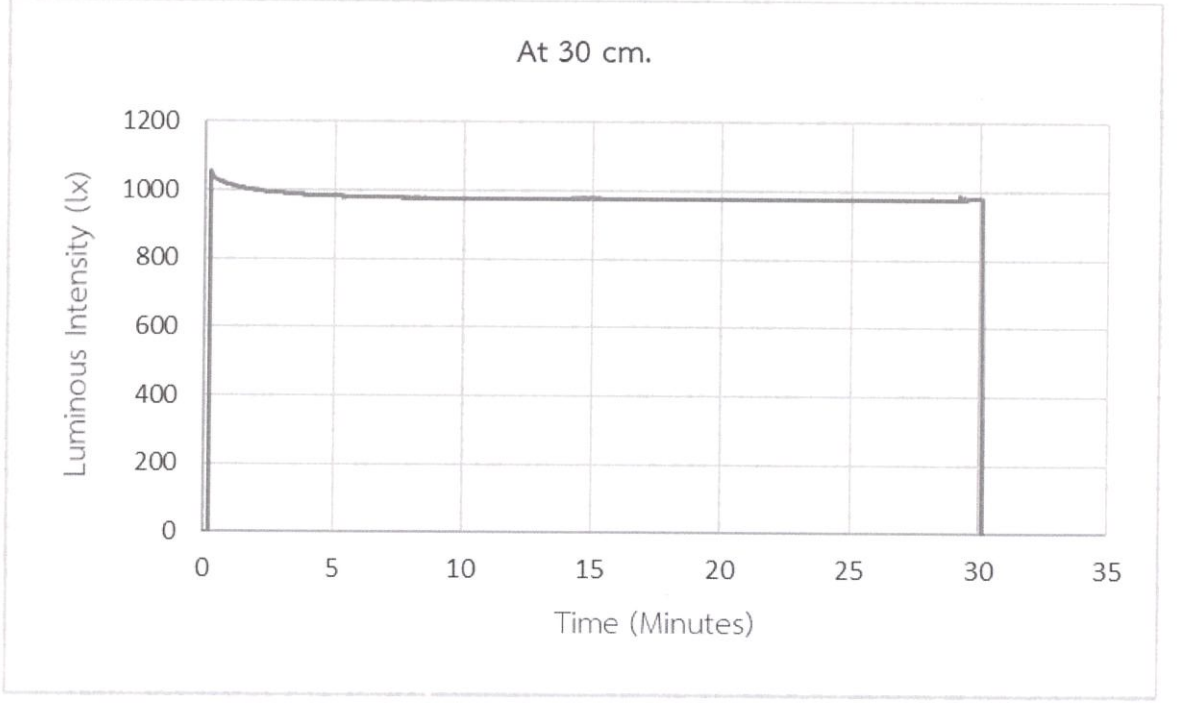
(ข) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟเป็นเวลา 30 นาทีที่ระยะ 15 เซนติเมตร



(ค) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟเป็นเวลา 30 นาทีที่ระยะ 20 เซนติเมตร



(ง) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟเป็นเวลา 30 นาทีที่ระยะ 25 เซนติเมตร



(จ) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟเป็นเวลา 30 นาทีที่ระยะ 30 เซนติเมตร

รูปที่ 4.1 ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟเป็นเวลา 30 นาที

จากรูปที่ 4.1 พบว่าในช่วงเวลาแรกๆ ค่าความเข้มแสงไม่คงที่เนื่องจากผลกระทบของความร้อนของหลอดไฟที่มีต่อการกระจายแสง และเมื่อผ่านไปในระยะเวลาหนึ่งค่าความเข้มแสงที่ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกันและมีค่าคงที่มากขึ้น

ตารางที่ 4.1 ค่าต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ยของความเข้มแสงที่ระยะต่าง ๆ

ระยะเซนเซอร์ (cm)	ค่าต่ำสุด (lx)	ค่าสูงสุด (lx)	ค่าเฉลี่ย (lx)	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด (lx)
10	3355	3617	3376	262
15	2039	2275	2044	236
20	1523	1579	1528	56
25	1160	1210	1168	50
30	984	1032	997	48

จากตารางที่ 4.1 แสดงการทดลองเมื่อติดตั้งตำแหน่งเซนเซอร์ที่ระยะต่าง ๆ โดยที่ระยะ 10 เซนติเมตรมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 3376 ลักซ์ ซึ่งเป็นระยะที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดและที่ระยะ 30 เซนติเมตรมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 997 ลักซ์ ซึ่งเป็นระยะที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะยิ่งมากขึ้น ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยจะน้อยลงเรื่อย ๆ ซึ่งแปลผกผันกับระยะของเซนเซอร์กับหลอดไฟ และเมื่อหาค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุดในทุกระยะ ที่ระยะ 30 เซนติเมตรมีค่าน้อยสุด

ในการเลือกระยะตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์ที่เหมาะสมต้องพิจารณาถึงระยะที่มีค่าของความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดในการวัดที่น้อยที่สุดและความเหมาะสมในการติดตั้งใช้งานจริง จากตารางที่ 4.1 ที่ระยะ 30 เซนติเมตรมีความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดที่น้อยที่สุด แต่ในการติดตั้งใช้งานจริงที่ระยะ 30 เซนติเมตร เป็นระยะที่มีความห่างเกินไป ดังนั้นระยะที่เหมาะสมที่สุดเป็นระยะ 20 เซนติเมตรเพราะมีความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดที่น้อยซึ่งยอมรับได้และมีระยะห่างที่เหมาะสมกว่าระยะ 30 เซนติเมตร

4.2 การทดลองวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ขณะใช้งานหลอดไฟ

ในการทดลองนี้ได้ทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ ความเข้มแสง (lux), กำลังไฟฟ้า (W) และความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้า (lx/W) ที่วัดได้จากหลอดไฟ ซึ่งได้ทำการทดลองกับหลอดไฟ 4 ยี่ห้อที่มีคุณสมบัติเบื้องต้นดังนี้

1. หลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุน (LED T8)
2. ขนาดเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซ้นต์ 18 วัตต์
3. หลอดสีขาว (Daylight)
4. หาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด

โดยในแต่ละยี่ห้อได้ทำการแบ่งเป็น 2 ชนิดหลอด ได้แก่ หลอดชนิดเก่าและหลอดชนิดใหม่ โดยแบ่งการวัดเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่ กลางวันและกลางคืน เพื่อศึกษาพารามิเตอร์ที่ทำการวัดและหลอดไฟทุกยี่ห้อได้ถูกติดตั้งกับโคมไฟประเภทตะแกรงจำนวน 1 หลอด นอกจากนี้เซนเซอร์แสงจะถูกติดตั้งอยู่ที่ C=0° (Horizon) และ $\gamma = 0^o$ (Vertical) ตามระบบพิกัดมุมของชุดหลอดไฟในระยะ 15 เซนติเมตร

4.2.1 หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุน (LED T8) ที่มีความยาวของหลอด 60 เซนติเมตรหรือมีความยาวเท่ากับหลอดฟลูออเรสเซ้นต์ขนาด 18 วัตต์ เป็นหลอดที่มีเฉดหลอดสีขาว (Daylight) ซึ่งในการทดลองได้ทดลองกับหลอด 4 ยี่ห้อซึ่งมีคุณสมบัติเบื้องต้นดังนี้

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติเบื้องต้นของหลอดไฟทั้ง 4 ยี่ห้อ

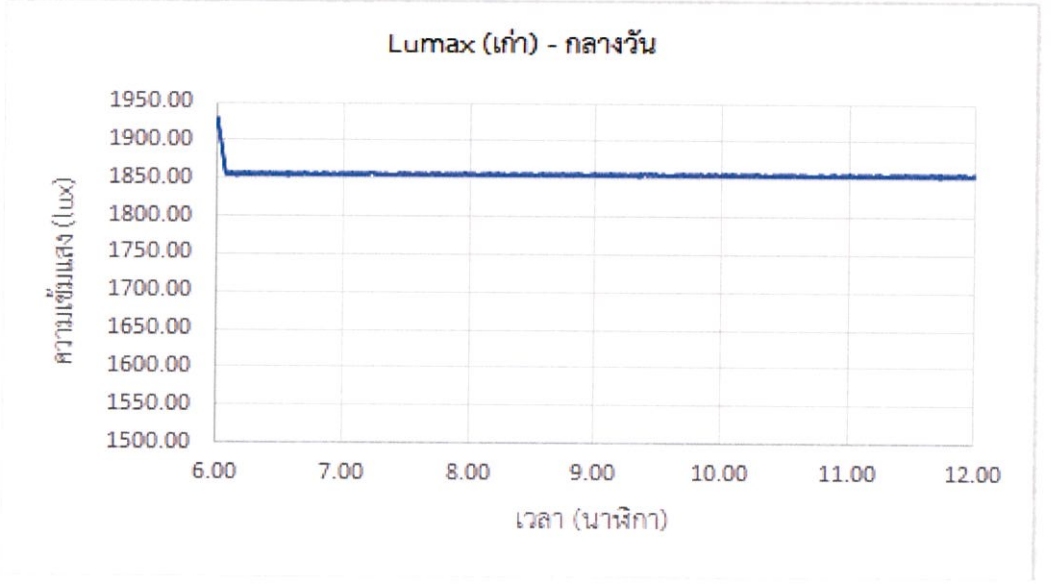
ยี่ห้อ	ลูเมน (lm)	กำลังไฟฟ้า (W)	ชนิดของหลอด	เฉดของหลอด
Lumax (ELED/1S-9LED/OT/865)	900	9	T8	หลอดสีขาว (Daylight)
Philips (EcofitLedtube 8W)	800	8	T8	หลอดสีขาว (Daylight)
TFC (LED Tube T8 360 9W)	900	9	T8	หลอดสีขาว (Daylight)
NAGAS (Tube Glass T8 9W)	780	9	T8	หลอดสีขาว (Daylight)

หลอดไฟทั้ง 4 ยี่ห้อมีฟลักซ์ส่องสว่าง (ลูเมน) กระจายออกมาที่มีค่าใกล้เคียงกันตั้งแต่ 780 – 900 ลูเมน มีการใช้กำลังไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกันตั้งแต่ 8 – 9 วัตต์ มีชนิดของหลอด 8 หุนและเฉดของหลอดที่เป็นหลอดสีขาว (Daylight) ที่เหมือนกัน แสดงให้เห็นว่าหลอดทั้ง 4 ยี่ห้อมีคุณสมบัติเบื้องต้นที่ใกล้เคียงกันเพื่อที่จะนำมาทดลองต่อไป

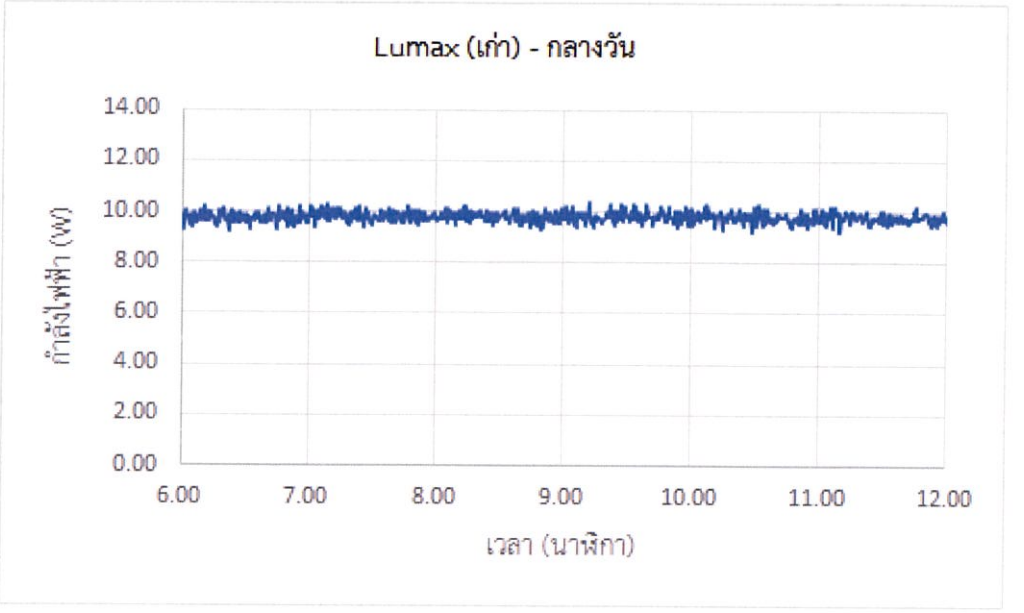
4.2.2 การทดลองของหลอดเก่าในช่วงกลางวัน

ในการทดลองนี้เป็นการวัดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า ได้แก่ ค่าความเข้มแสง กำลังไฟฟ้า และค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้า โดยได้ทำการทดลองกับหลอดไฟฟ้าทั้ง 4 ยี่ห้อที่เป็นหลอดเก่าและทำการทดลองในช่วงกลางวัน ตั้งแต่เวลา 06.00 – 12.00 น.

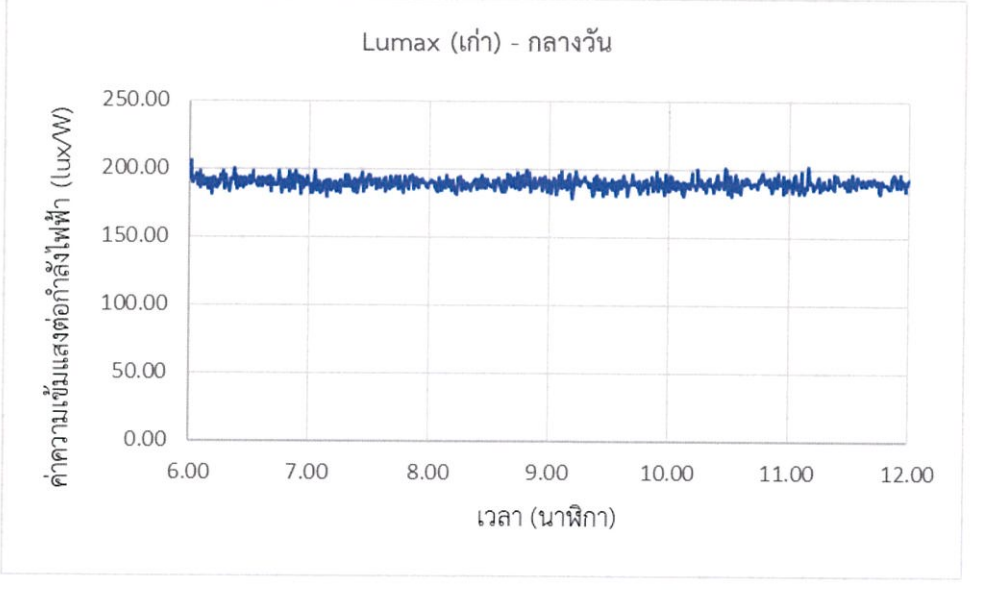
➢ Lumax (ELED/1S-9LED/OT/865)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดเก่า



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดเก่า

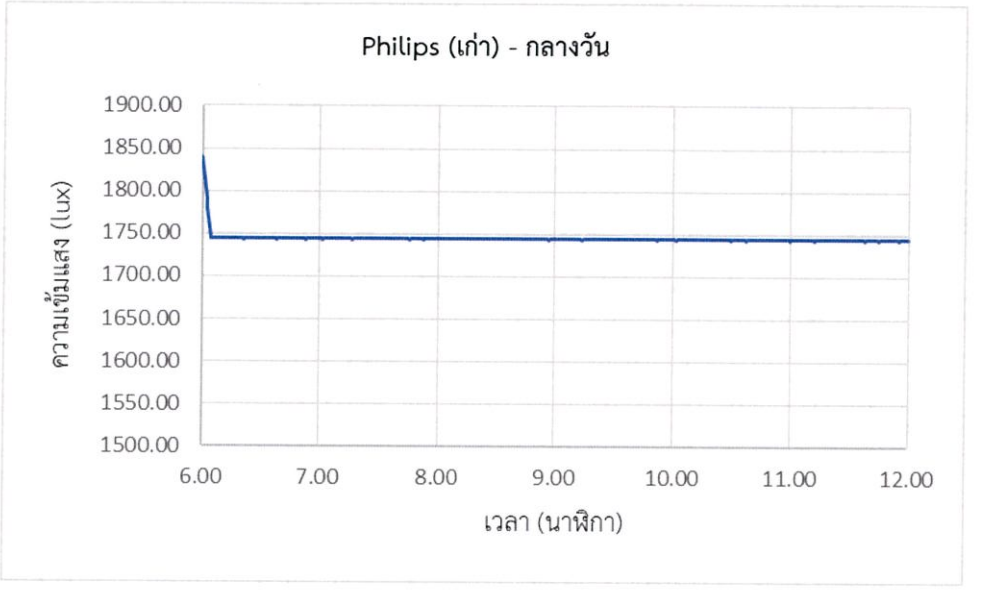


(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวัน
ของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดเก่า

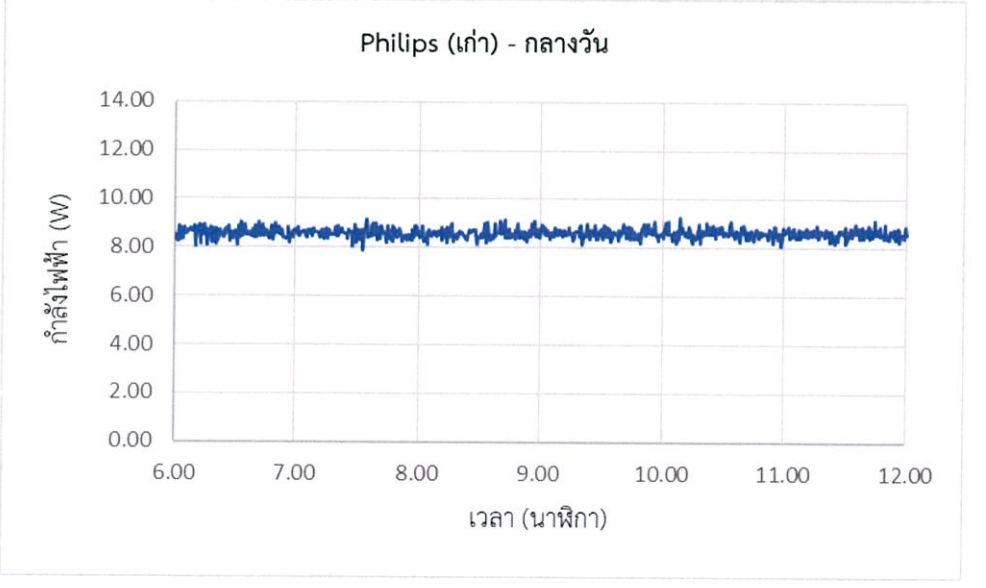
รูปที่ 4.2 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางวัน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Lumax เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1856 ลักซ์กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.8 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเป็น 189.39 ลักซ์ต่อวัตต์

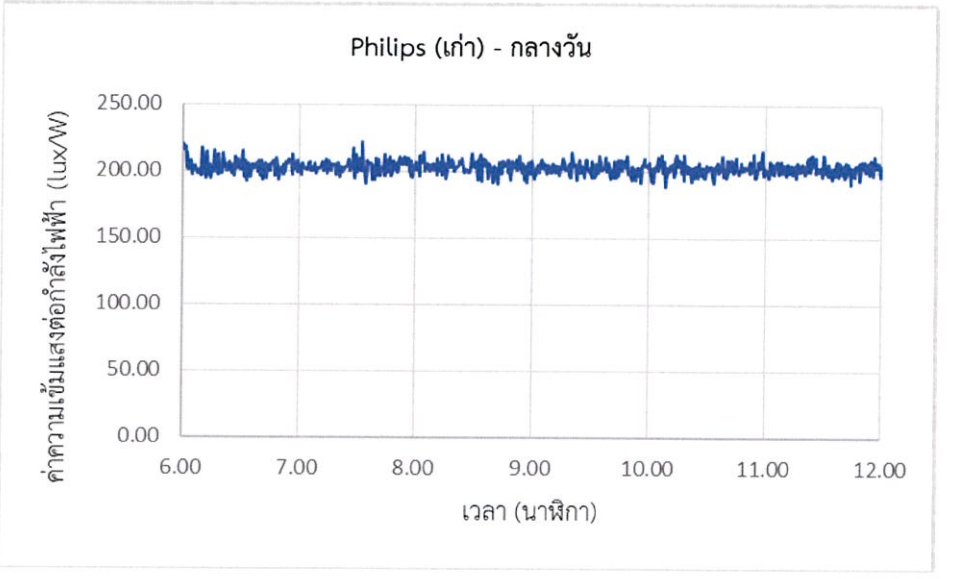
- Philips (EcofitLedtube 8W)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดเก่า



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดเก่า

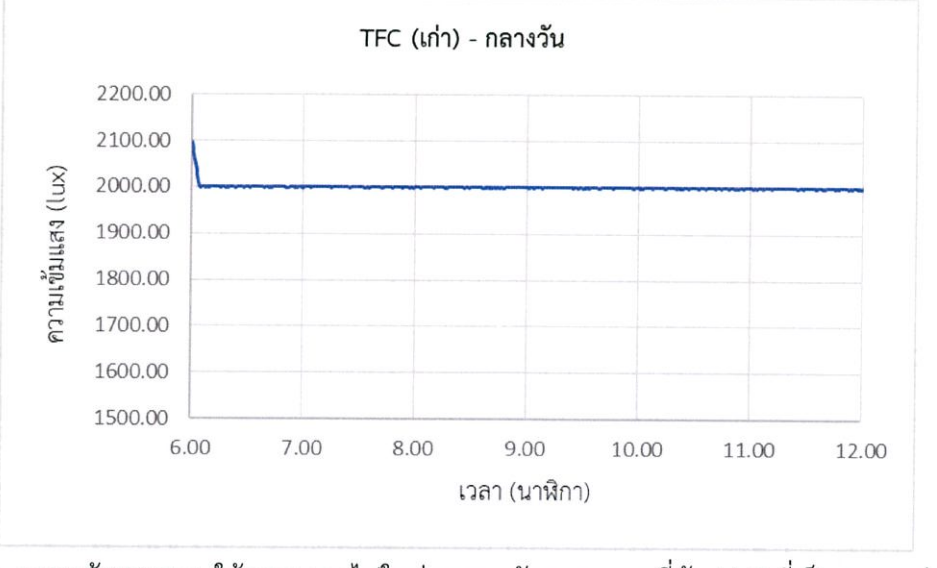


(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวัน
ของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดเก่า

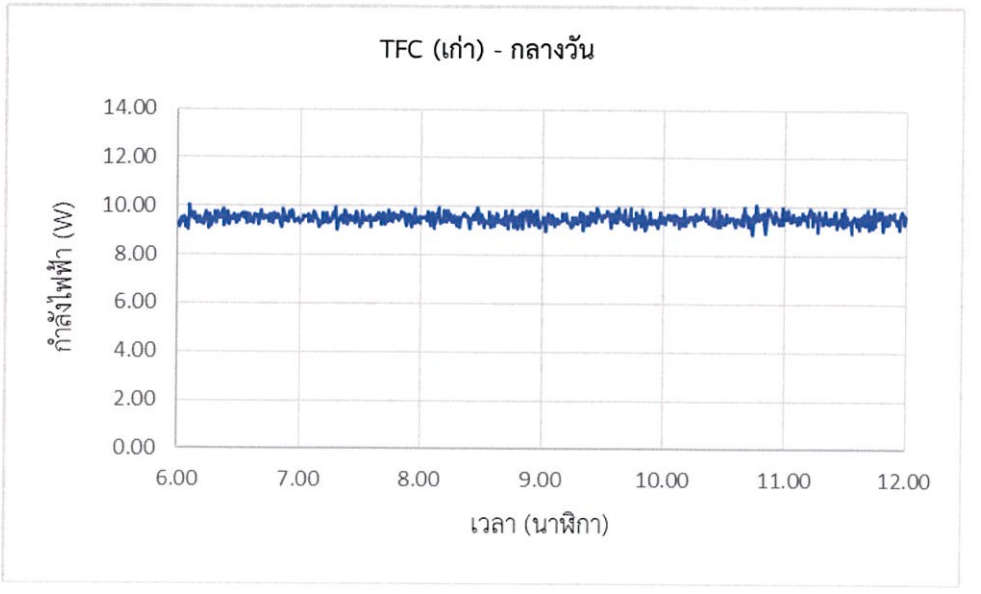
รูปที่ 4.3 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางวัน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Philips เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1744 ลักซ์กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 8.6 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเป็น 202.79 ลักซ์ต่อวัตต์

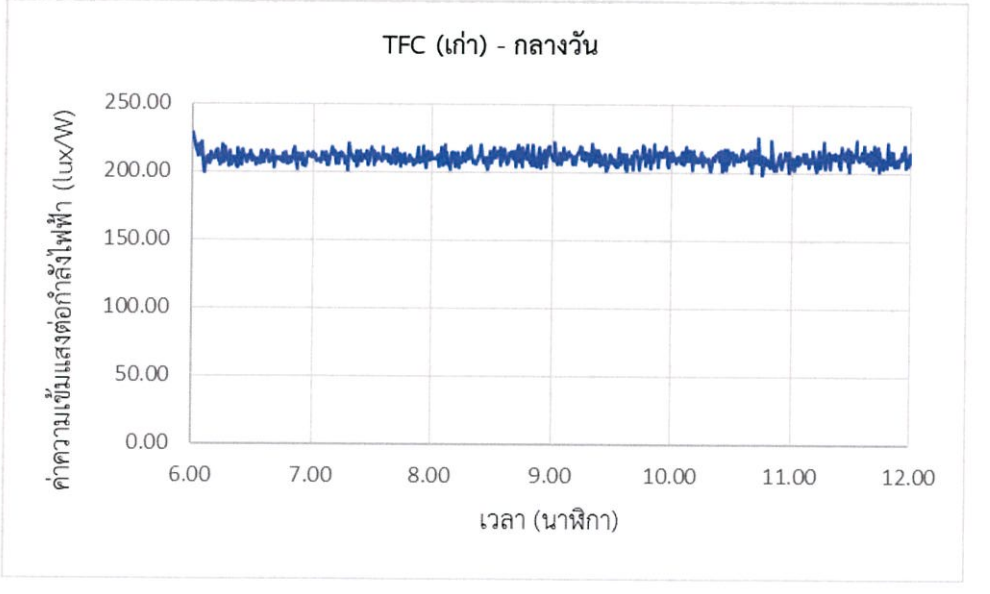
➢ TFC (LED Tube T8 360 9W)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดเก่า



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดเก่า

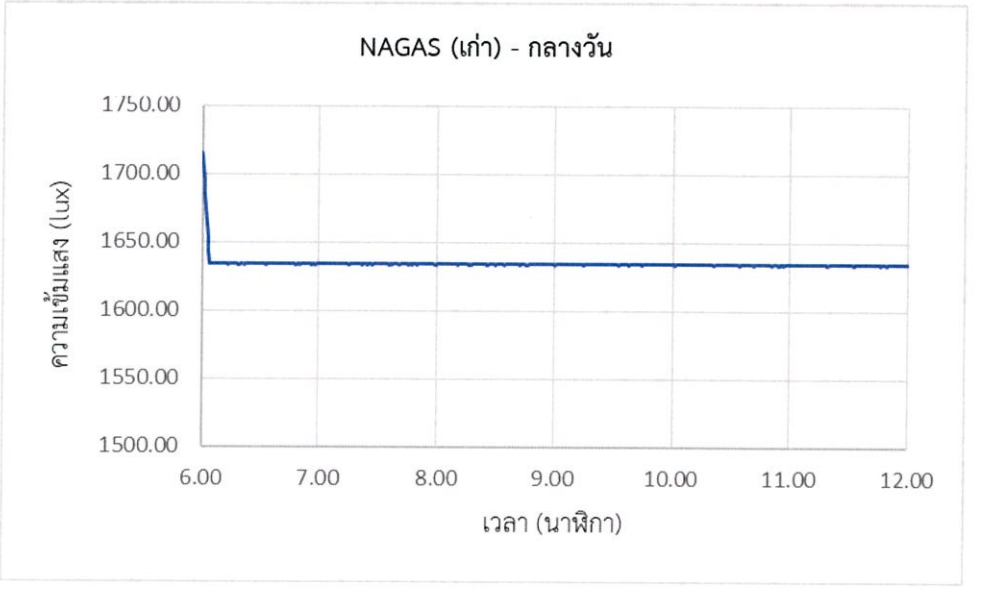


(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวัน
ของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดเก่า

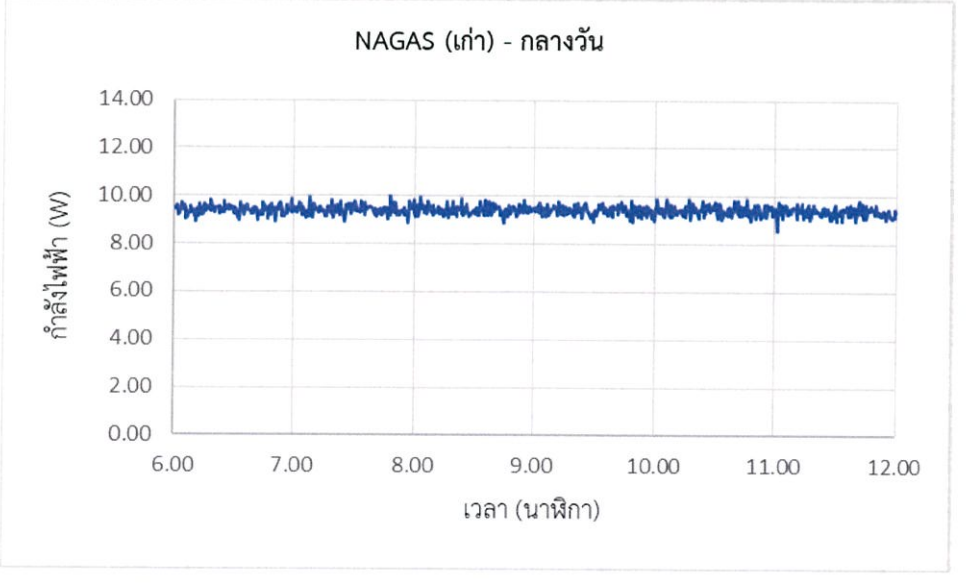
รูปที่ 4.4 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางวัน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ TFC เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 2000 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.5 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 210.53 ลักซ์ต่อวัตต์

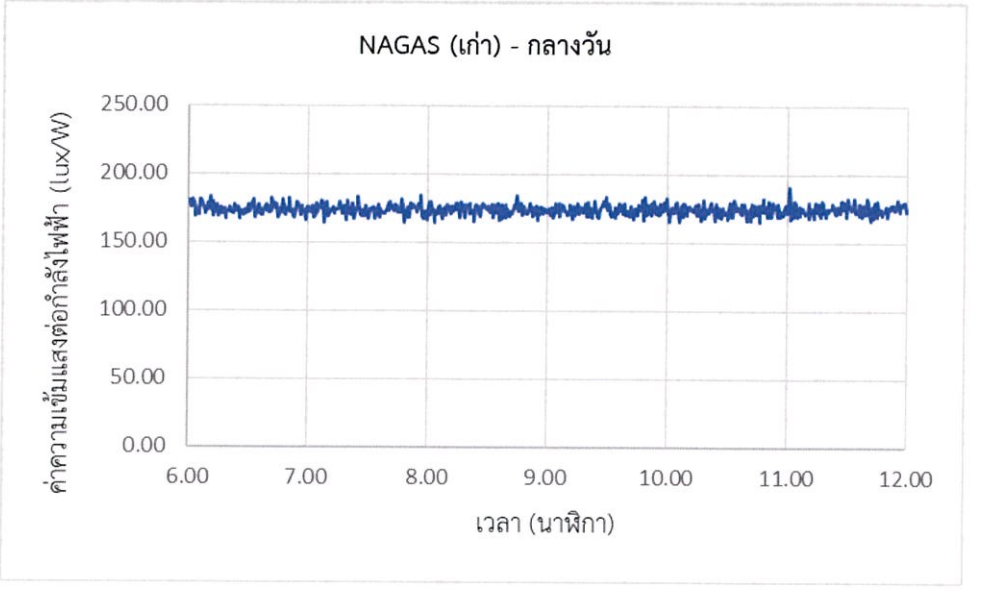
➢ NAGAS (Tube Glass T8 9W)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดเก่า



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดเก่า



(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวัน
ของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดเก่า

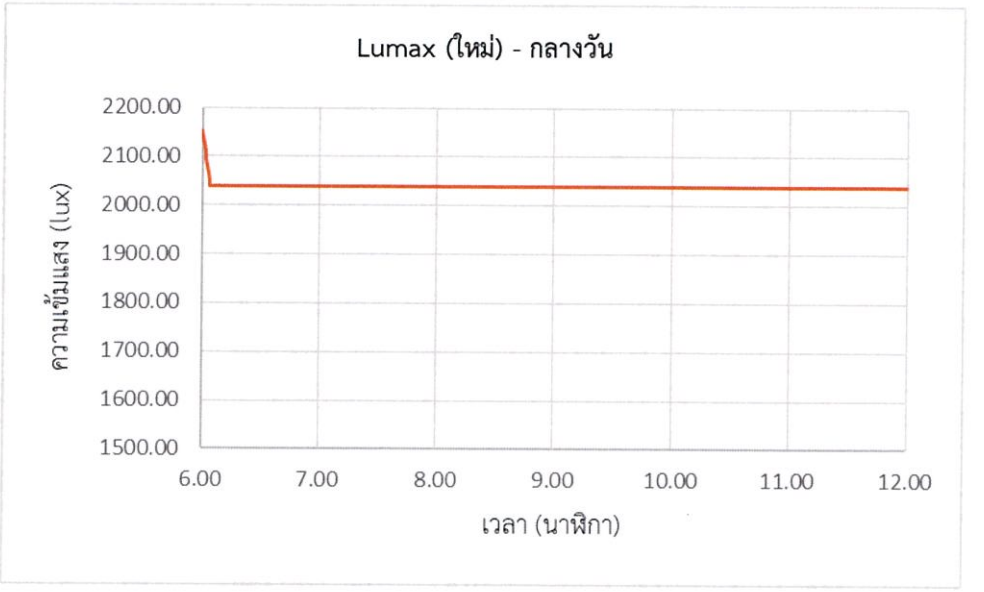
รูปที่ 4.5 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางวัน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ NAGAS เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ NAGASที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1634 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.4 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 173.83 ลักซ์ต่อวัตต์

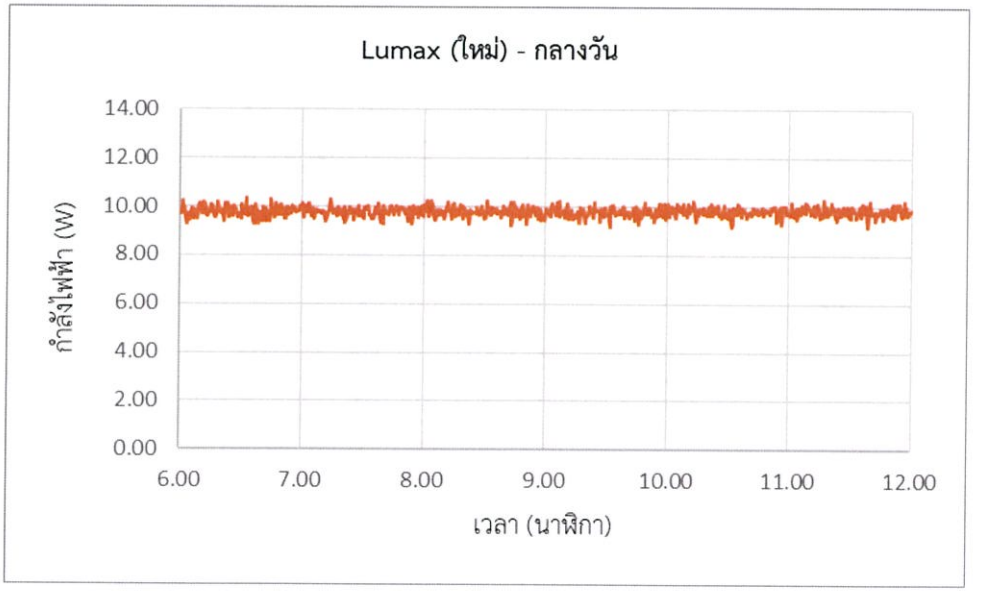
4.2.3 การทดลองของหลอดใหม่ในช่วงกลางวัน

ในการทดลองนี้เป็นการวัดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า ได้แก่ ค่าความเข้มแสง กำลังไฟฟ้า และค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้า โดยได้ทำการทลองกับหลอดไฟฟ้าทั้ง 4 ยี่ห้อที่เป็นหลอดใหม่และทำการทดลองในช่วงกลางวัน ตั้งแต่เวลา 06.00 – 12.00 น.

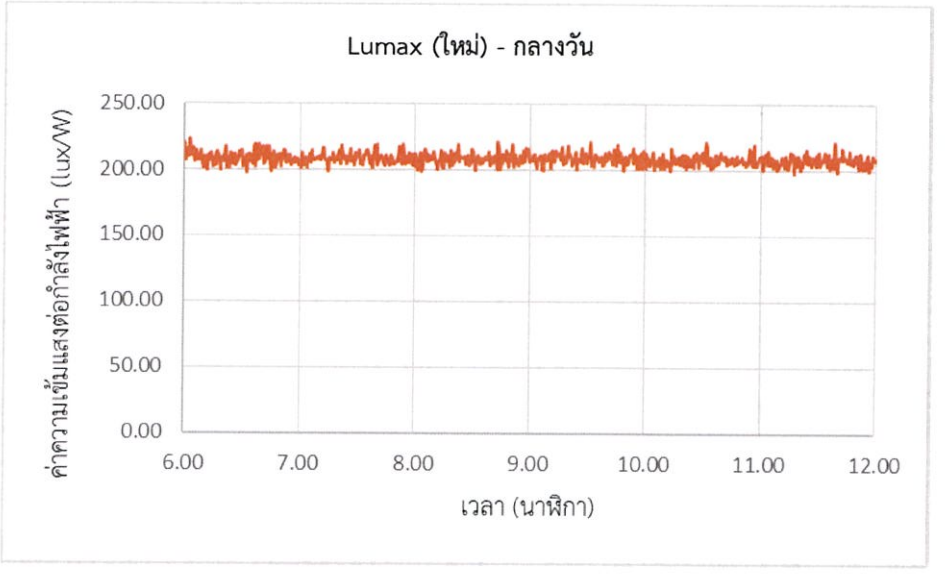
➢ Lumax (ELED/1S-9LED/OT/865)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดใหม่



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดใหม่

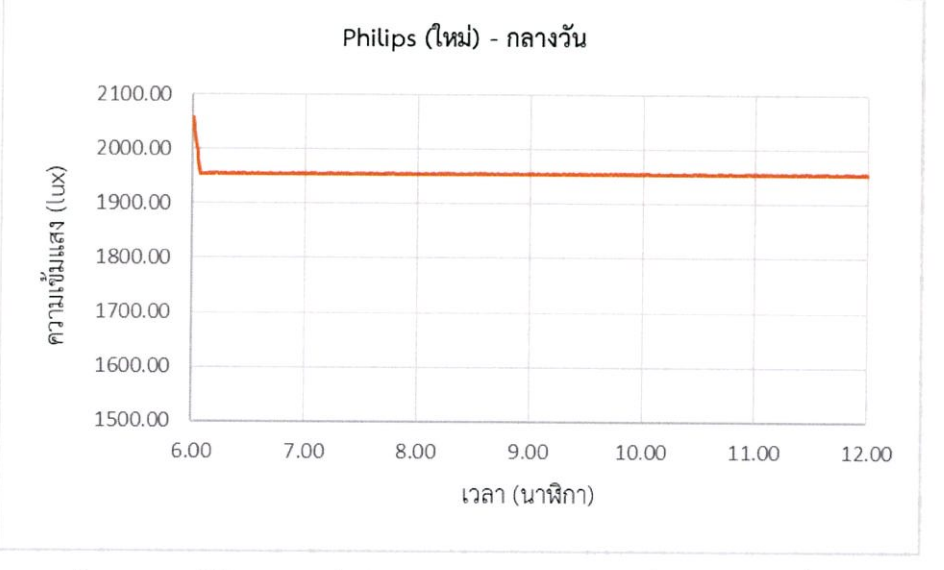


(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวัน
ของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดใหม่

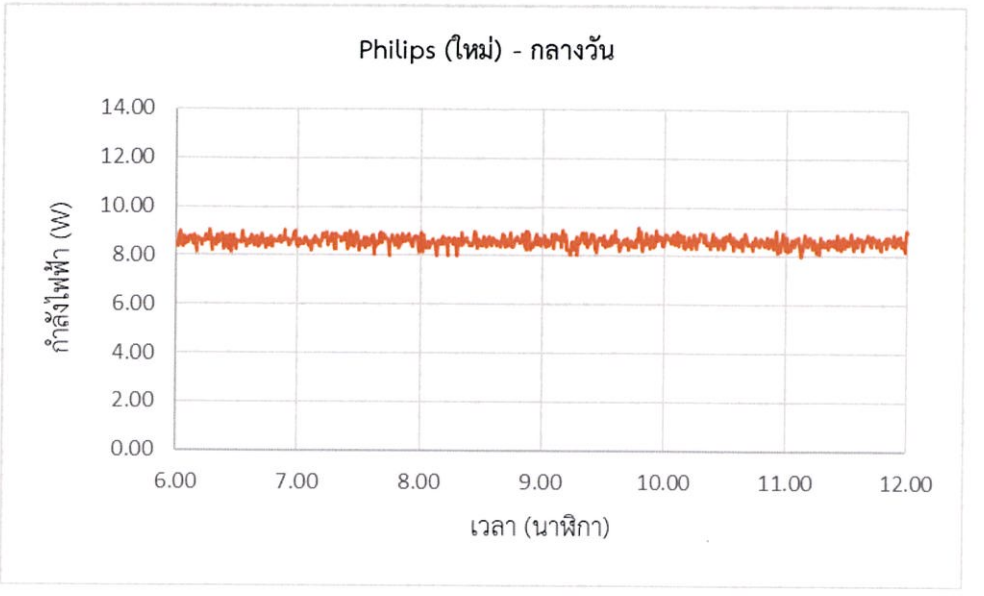
รูปที่ 4.6 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางวัน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Lumax เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 2039 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.9 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 205.96 ลักซ์ต่อวัตต์

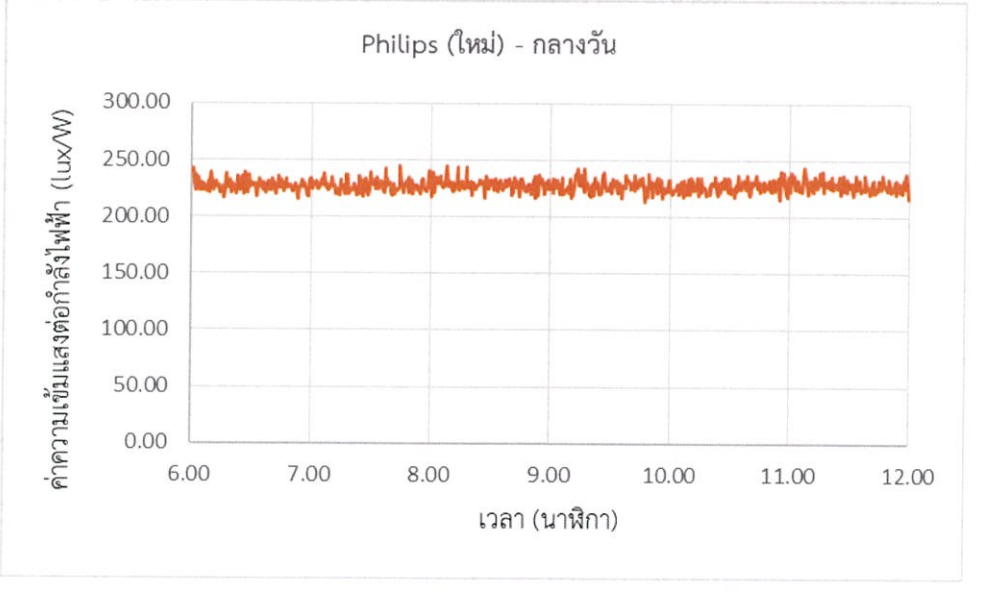
- Philips (EcofitLedtube 8W)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดใหม่



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดใหม่

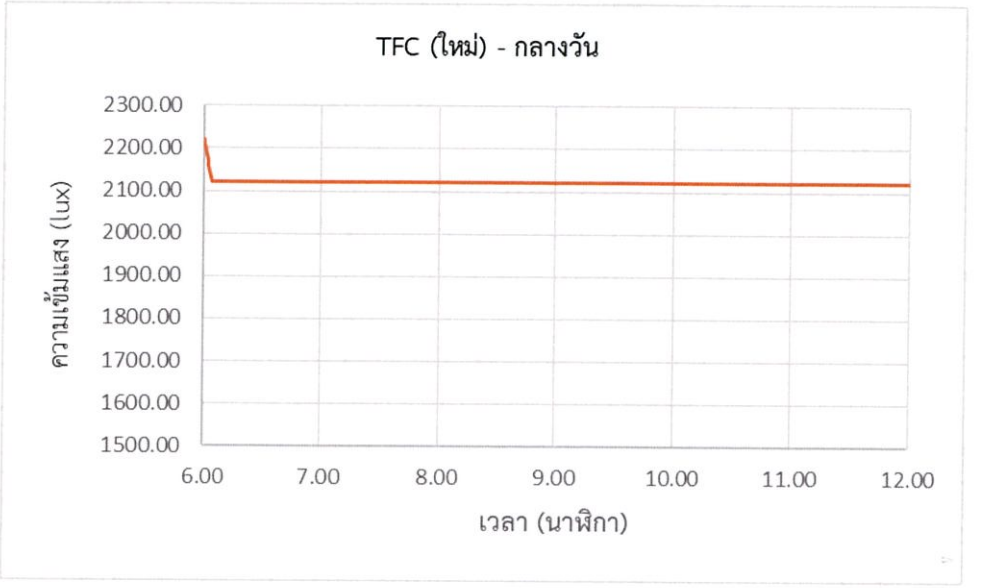


(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวัน
ของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดใหม่

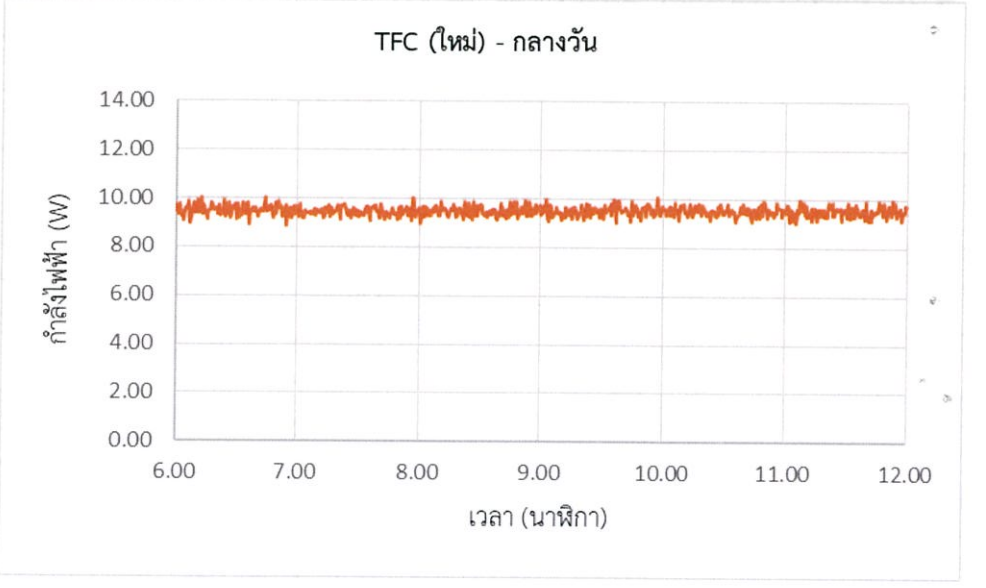
รูปที่ 4.7 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางวัน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Philipsเมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1955 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 8.6 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 227.33 ลักซ์ต่อวัตต์

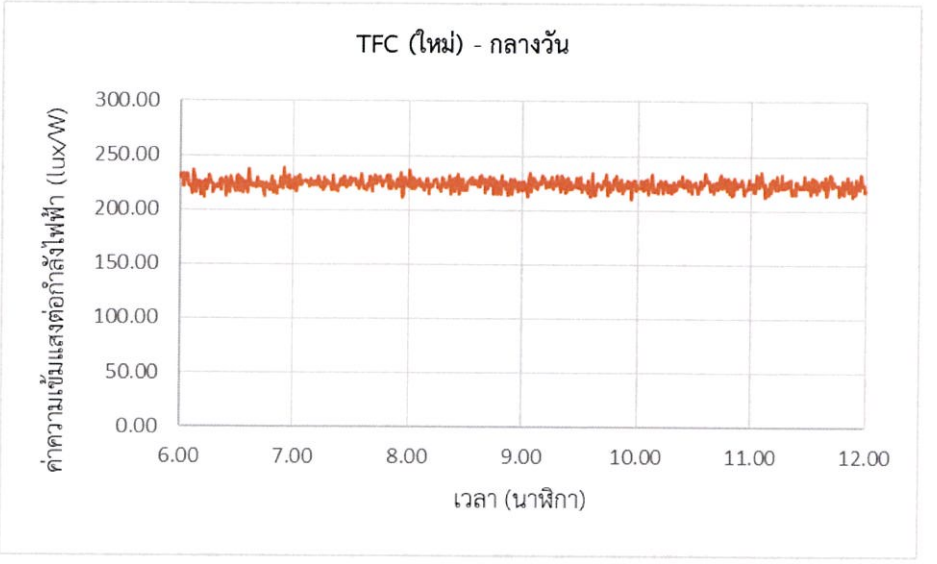
➢ TFC (LED Tube T8 360 9W)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดใหม่



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดใหม่

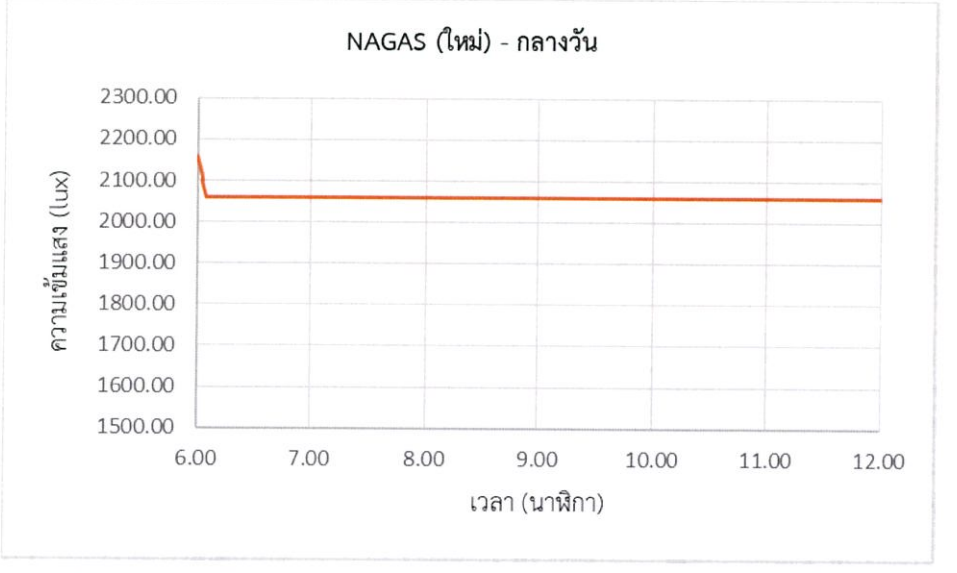


(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวัน
ของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดใหม่

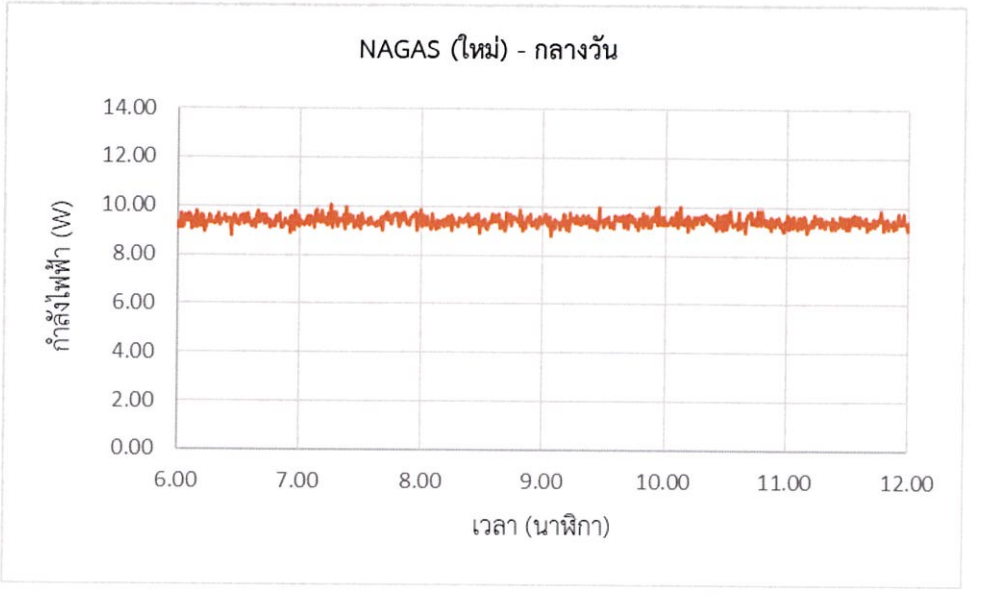
รูปที่ 4.8 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางวัน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ TFC เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 2122 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.6 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 221.04 ลักซ์ต่อวัตต์

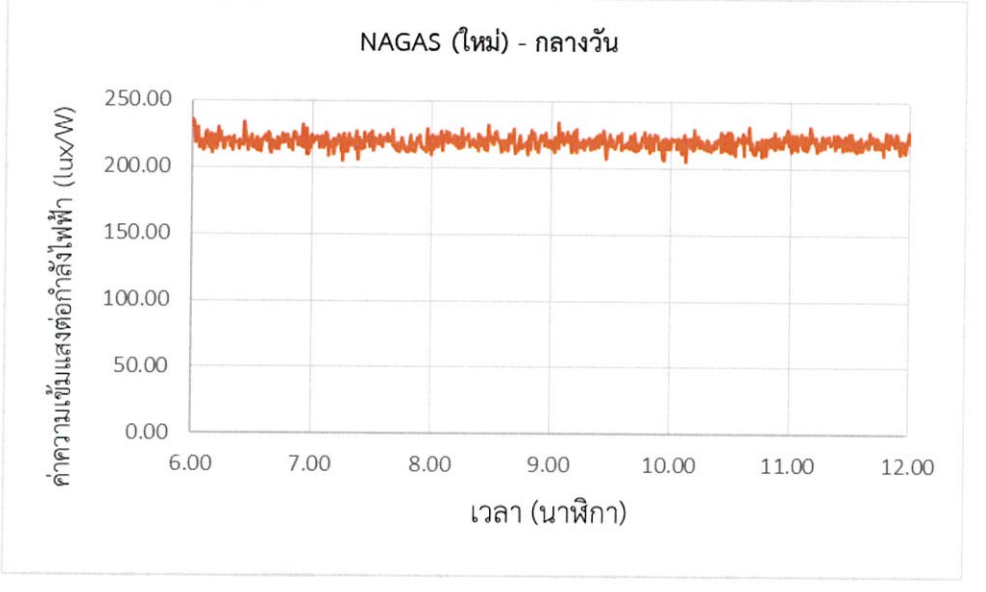
- NAGAS (Tube Glass T8 9W)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดใหม่



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวันของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดใหม่



(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางวัน
ของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดใหม่

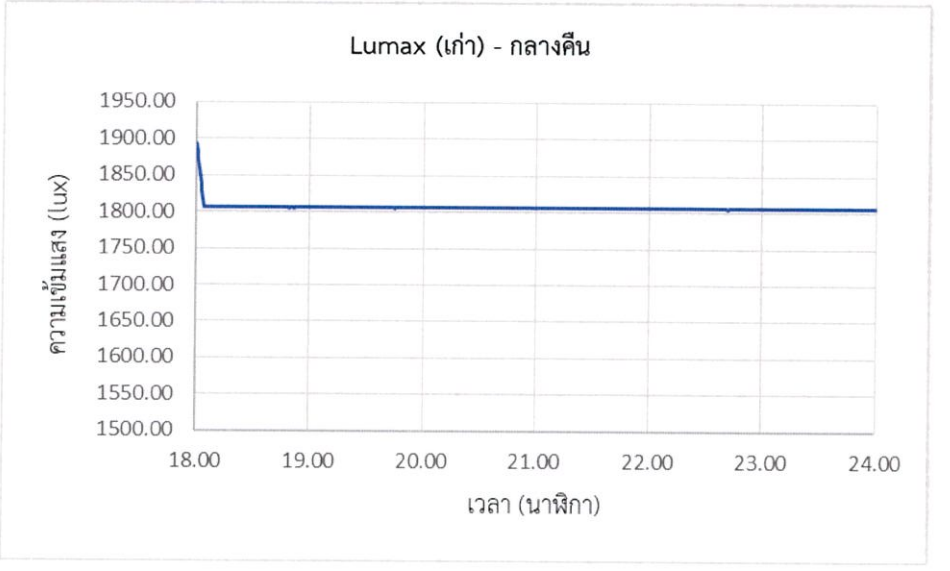
รูปที่ 4.9 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางวัน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ NAGAS เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 2060 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.4 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 219.15 ลักซ์ต่อวัตต์

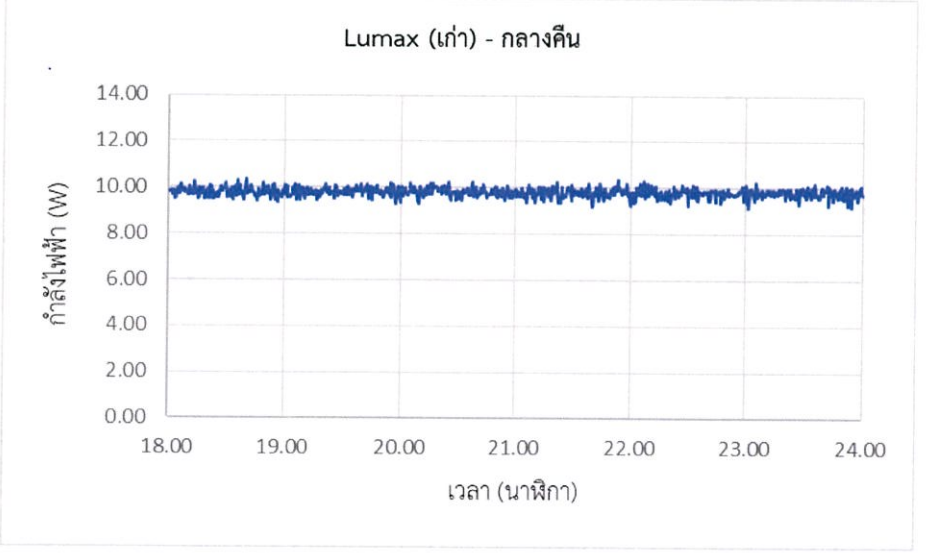
4.2.4 การทดลองของหลอดเก่าในช่วงกลางคืน

ในการทดลองนี้เป็นการวัดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า ได้แก่ ค่าความเข้มแสง กำลังไฟฟ้า และค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้า โดยได้ทำการทลองกับหลอดไฟฟ้าทั้ง 4 ยี่ห้อที่เป็นหลอดเก่าและทำการทดลองในช่วงกลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 –24.00 น.

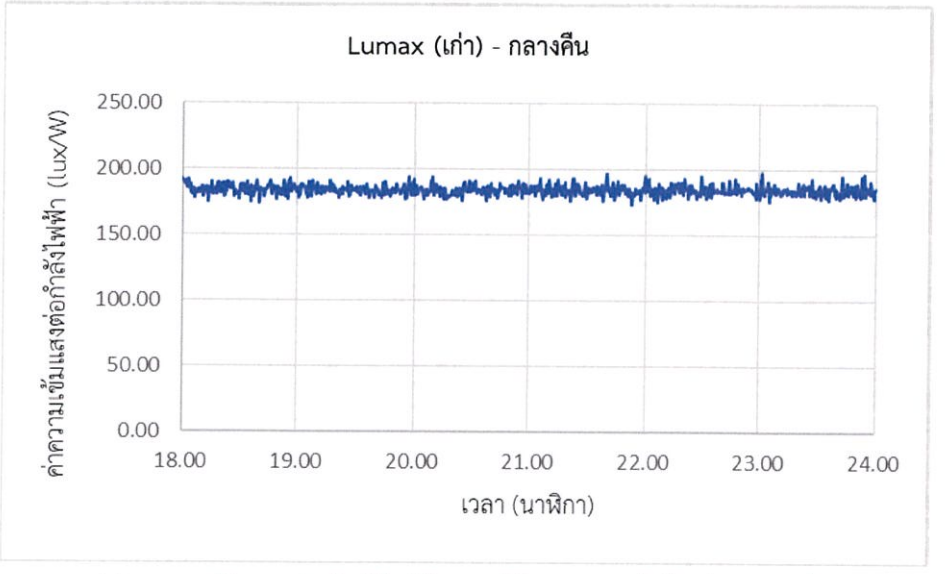
➢ Lumax (ELED/1S-9LED/OT/865)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดเก่า



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดเก่า

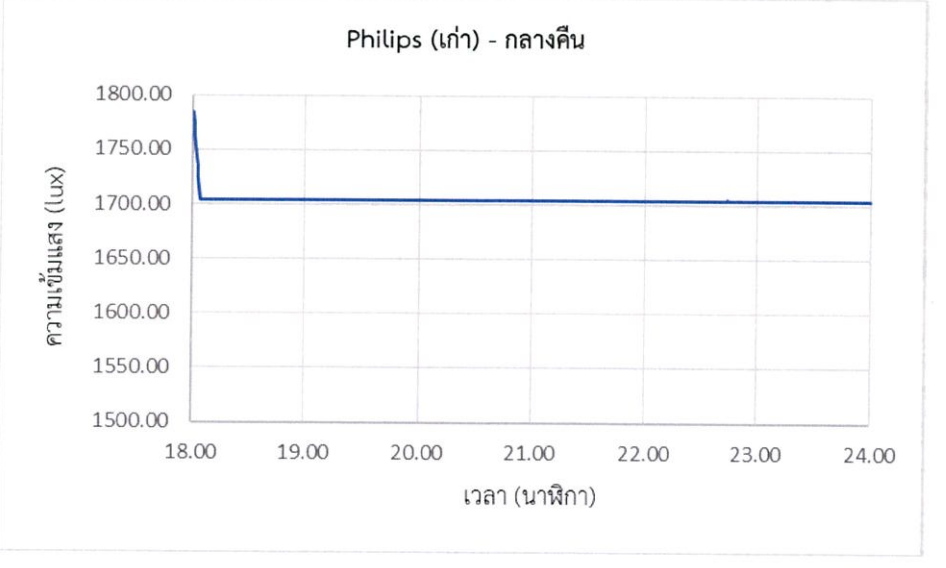


(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืน
ของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดเก่า

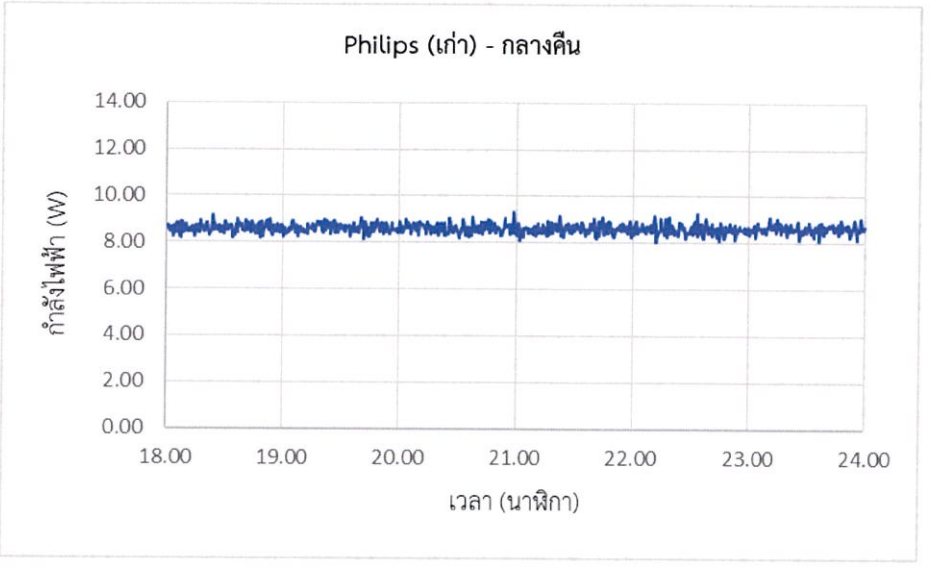
รูปที่ 4.10 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางคืน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Lumax เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1806 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.8 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 184.29 ลักซ์ต่อวัตต์

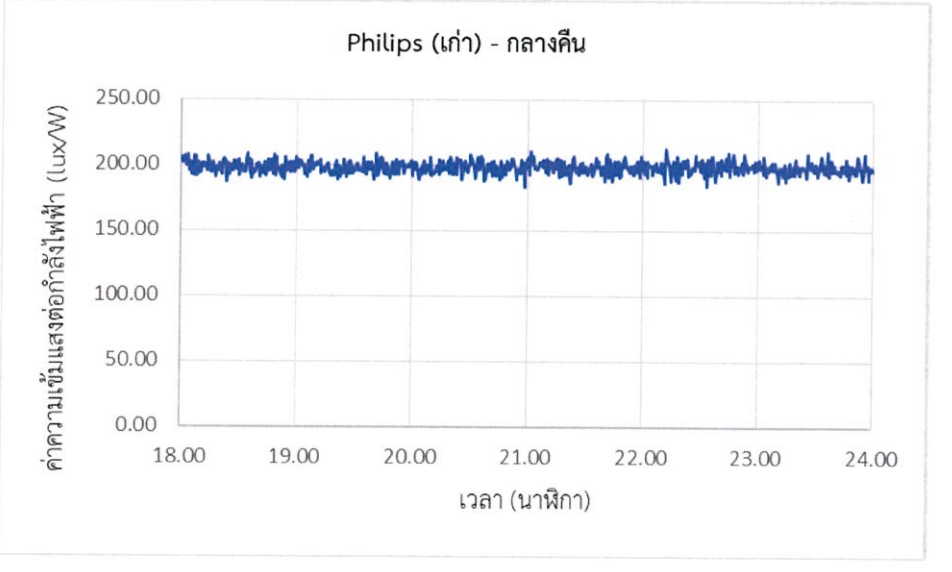
- Philips (EcofitLedtube 8W)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดเก่า



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดเก่า

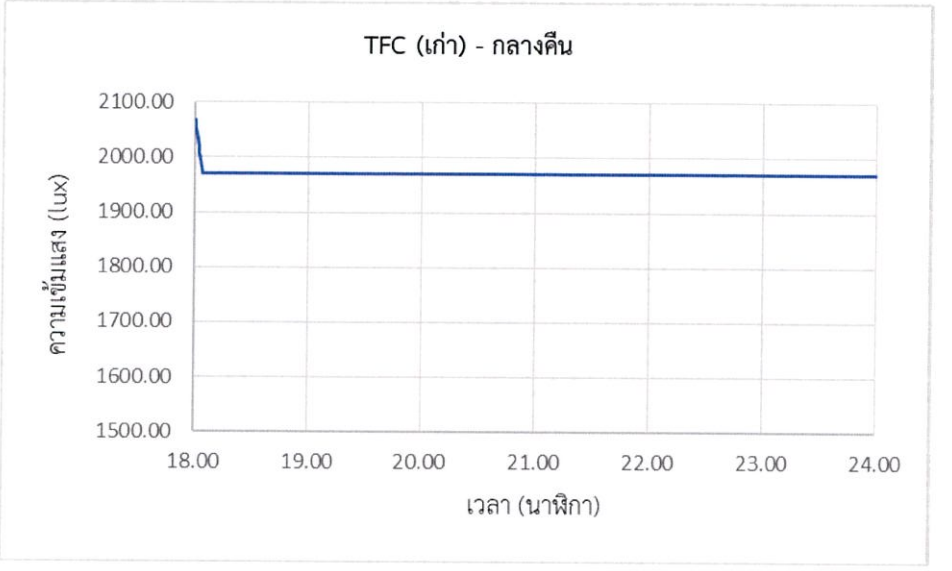


(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืน
ของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดเก่า

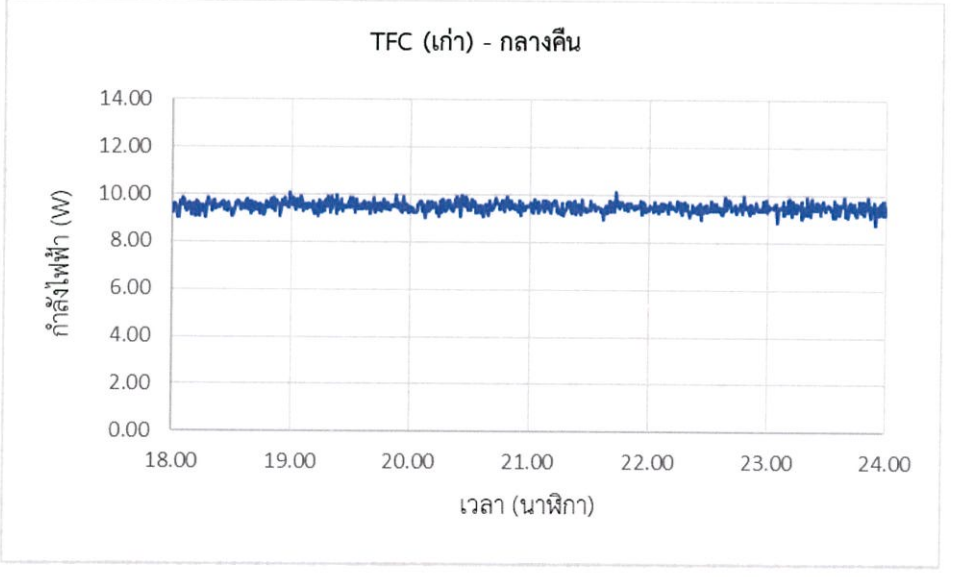
รูปที่ 4.11 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางคืน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Philips เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1704 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 8.6 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 198.14 ลักซ์ต่อวัตต์

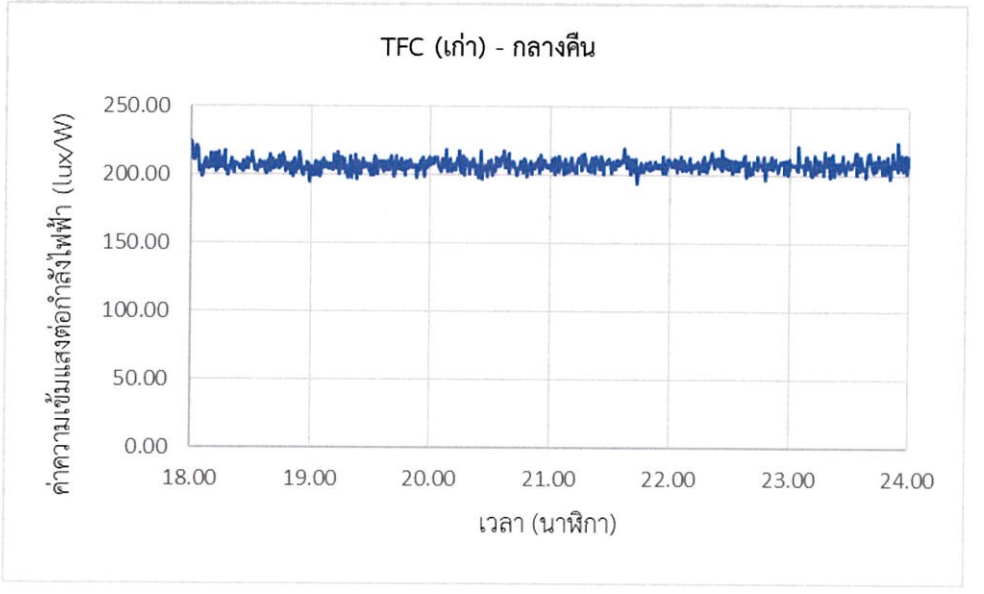
➢ TFC (LED Tube T8 360 9W)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดเก่า



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดเก่า

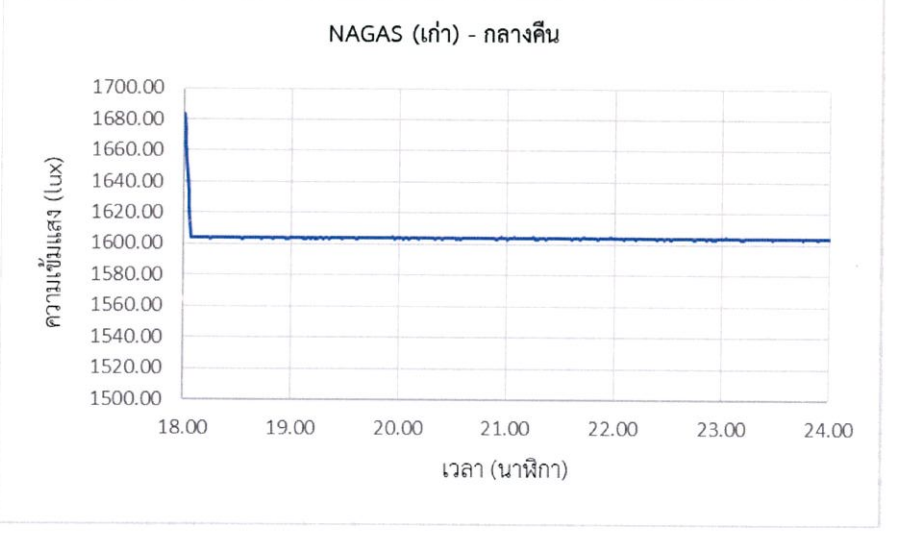


(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืน
ของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดเก่า

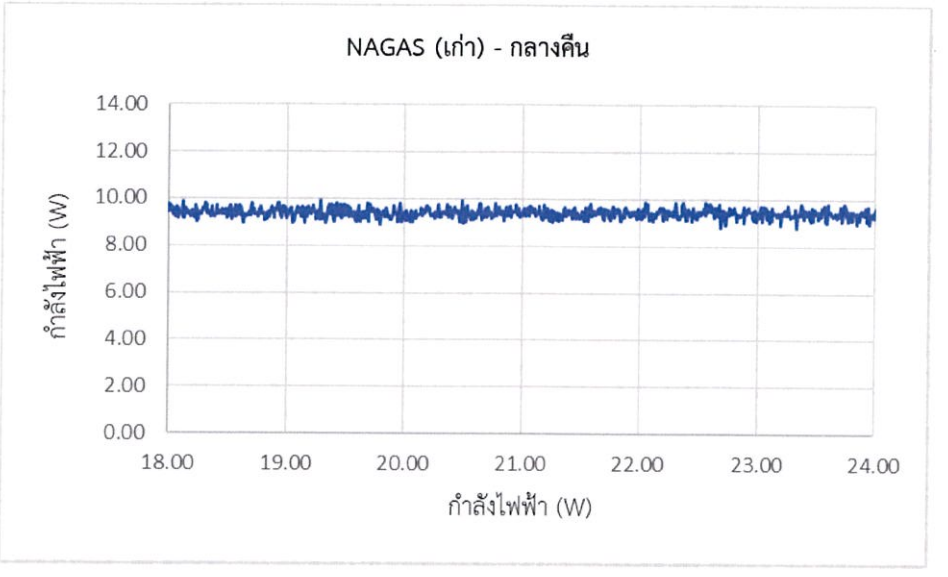
รูปที่ 4.12 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางคืน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ TFC เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1970 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.5 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 207.37 ลักซ์ต่อวัตต์

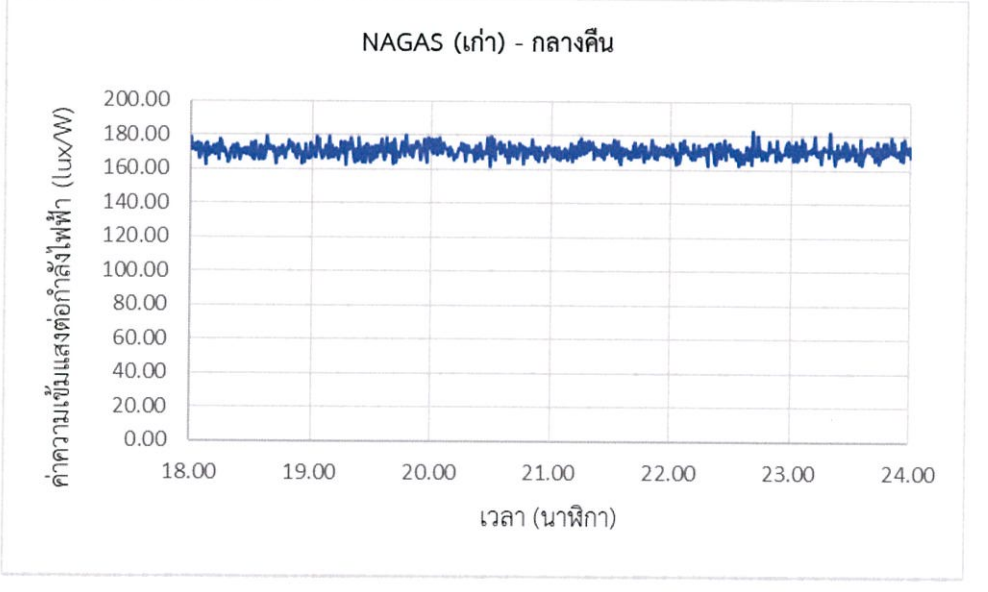
- NAGAS (Tube Glass T8 9W)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดเก่า



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดเก่า



(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืน
ของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดเก่า

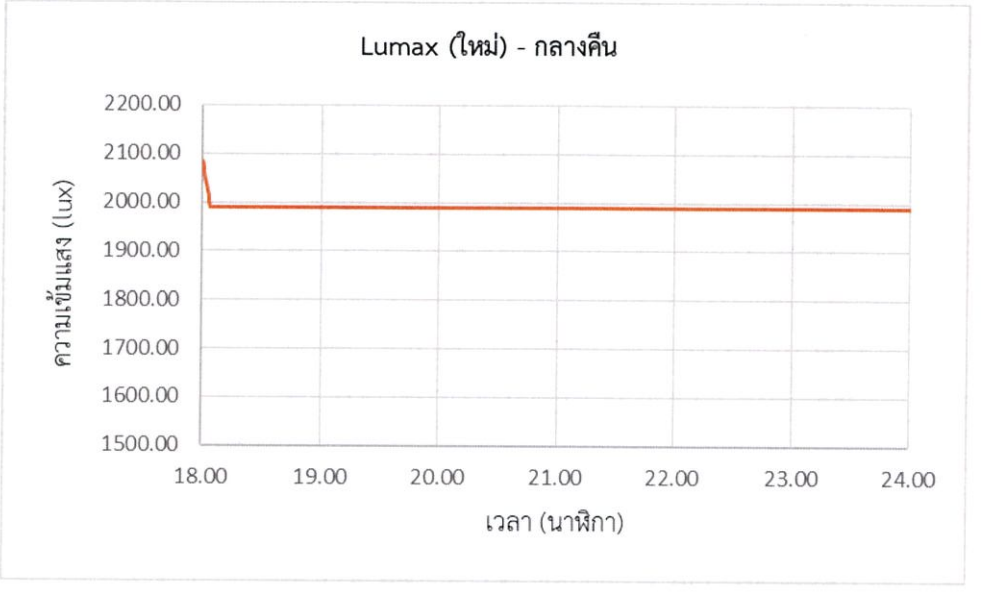
รูปที่ 4.13 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดเก่าในช่วงกลางคืน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ NAGAS เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1604 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.4 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 170.64 ลักซ์ต่อวัตต์

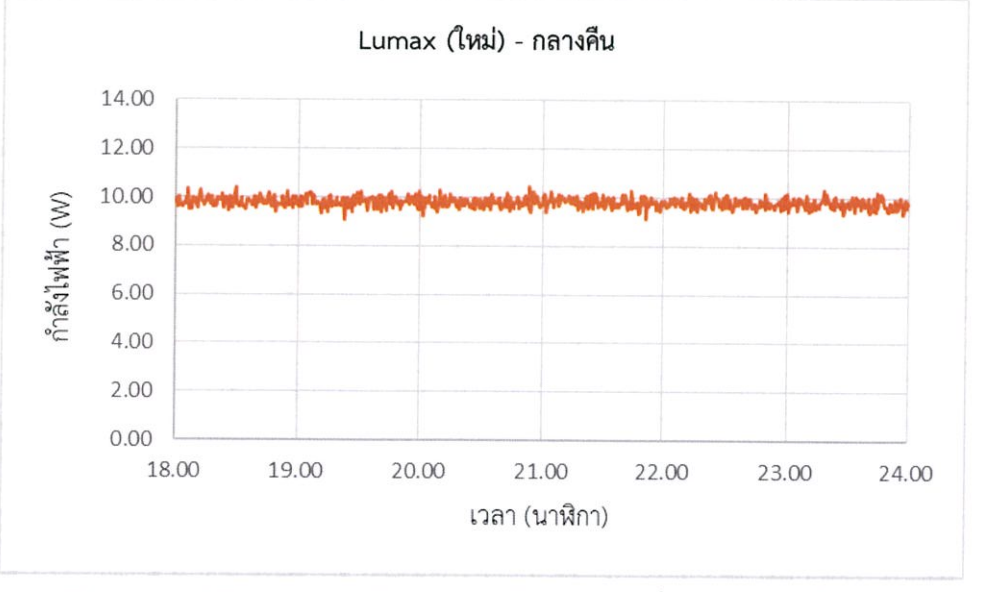
4.2.5 การทดลองของหลอดใหม่ในช่วงกลางคืน

ในการทดลองนี้เป็นการวัดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า ได้แก่ ค่าความเข้มแสง กำลังไฟฟ้า และค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้า โดยได้ทำการทดลองกับหลอดไฟฟ้าทั้ง 4 ยี่ห้อที่เป็นหลอดใหม่และทำการทดลองในช่วงกลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 24.00 น.

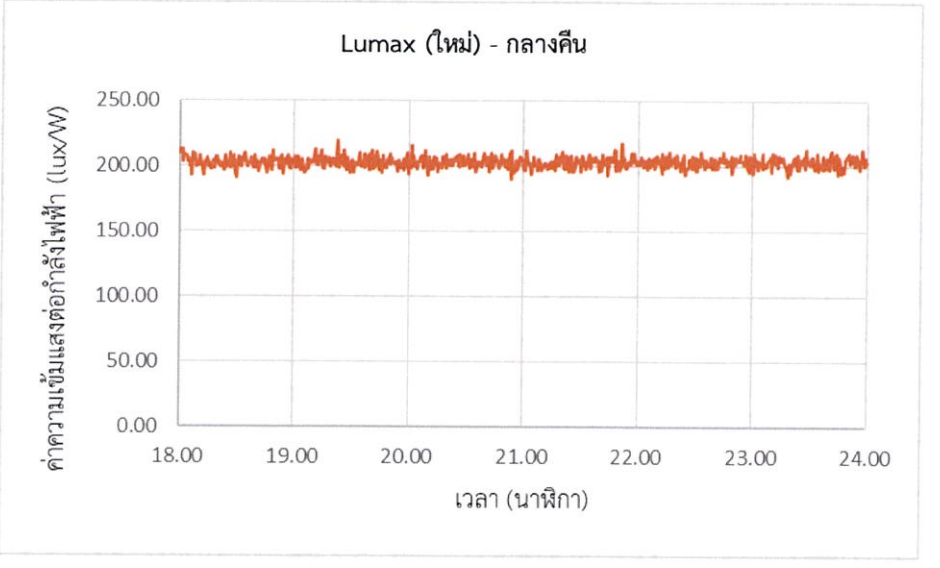
➢ Lumax (ELED/1S-9LED/OT/865)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดใหม่



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดใหม่



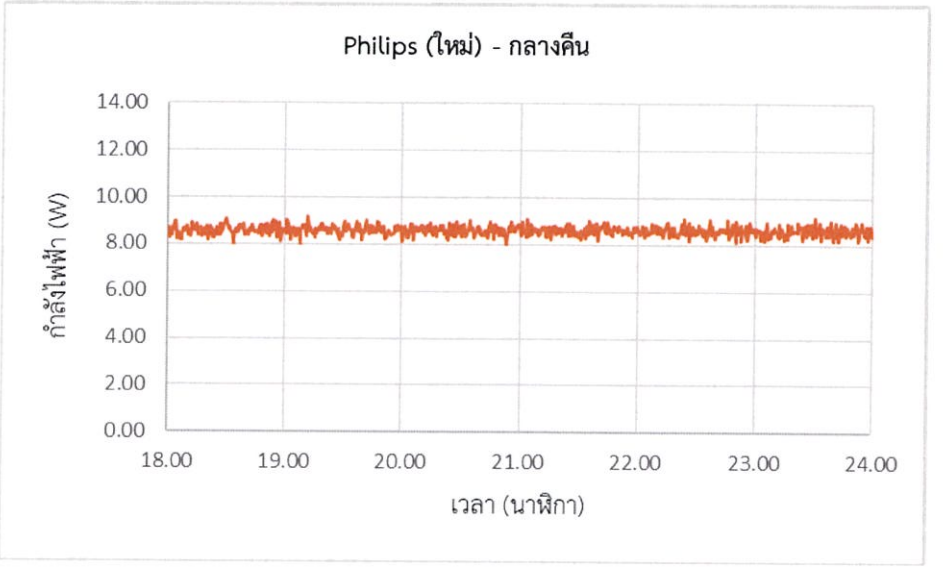
(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดใหม่

รูปที่ 4.14 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางคืน

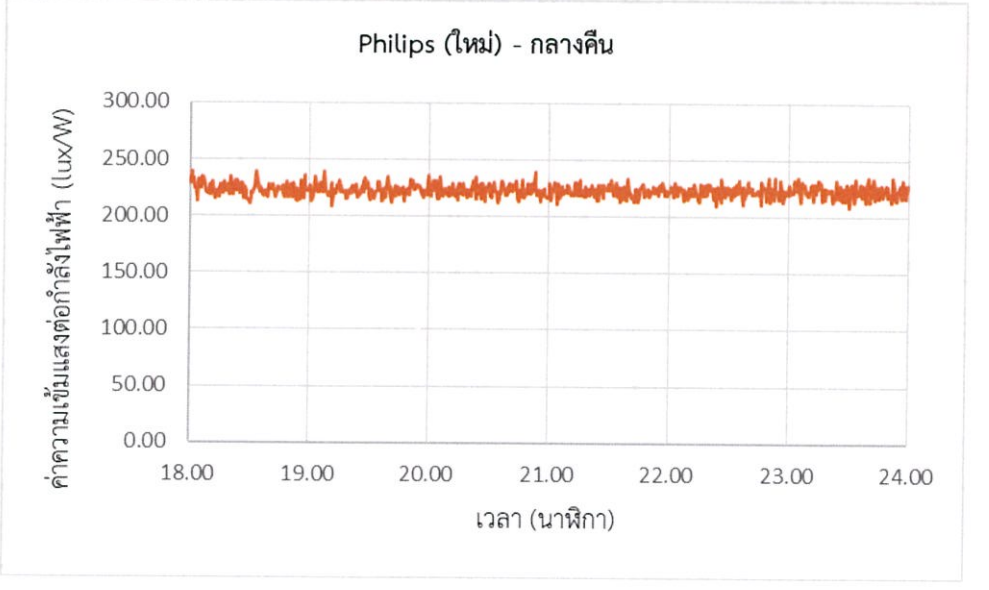
ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Lumax เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1989 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.9 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 200.91 ลักซ์ต่อวัตต์

- Philips (EcofitLedtube 8W)

(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดใหม่



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดใหม่

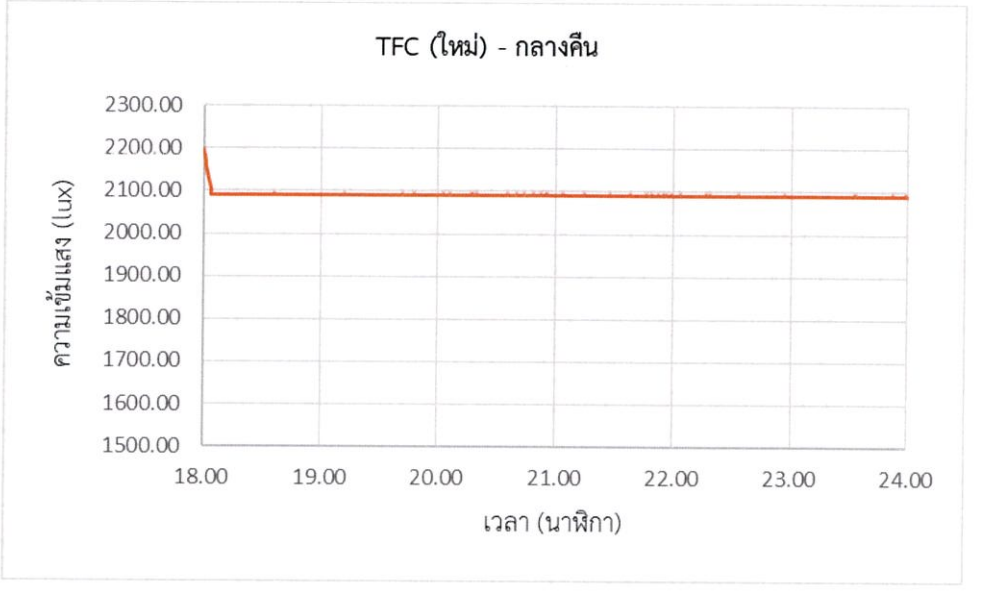


(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืน
ของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดใหม่

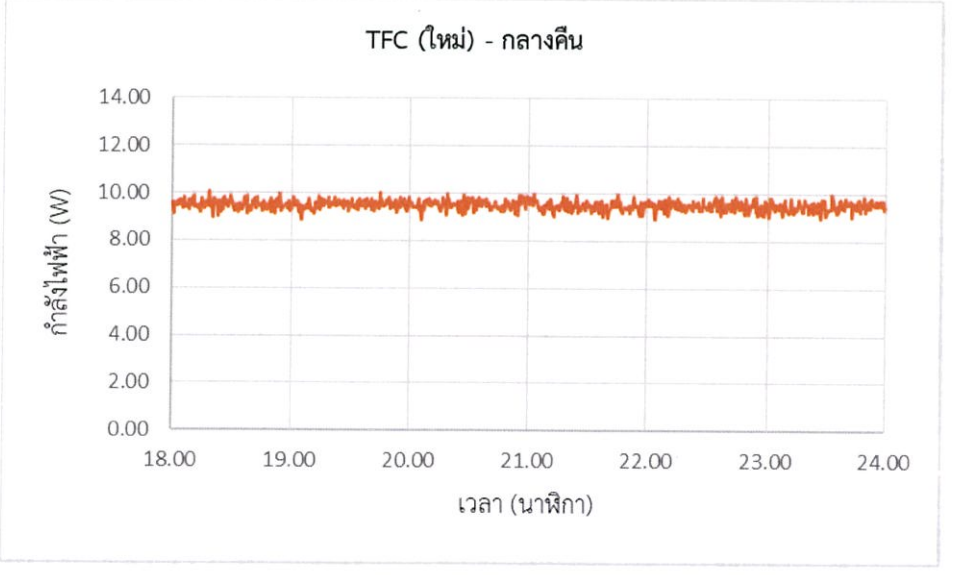
รูปที่ 4.15 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางคืน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Philips เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1915 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 8.6 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 222.67 ลักซ์ต่อวัตต์

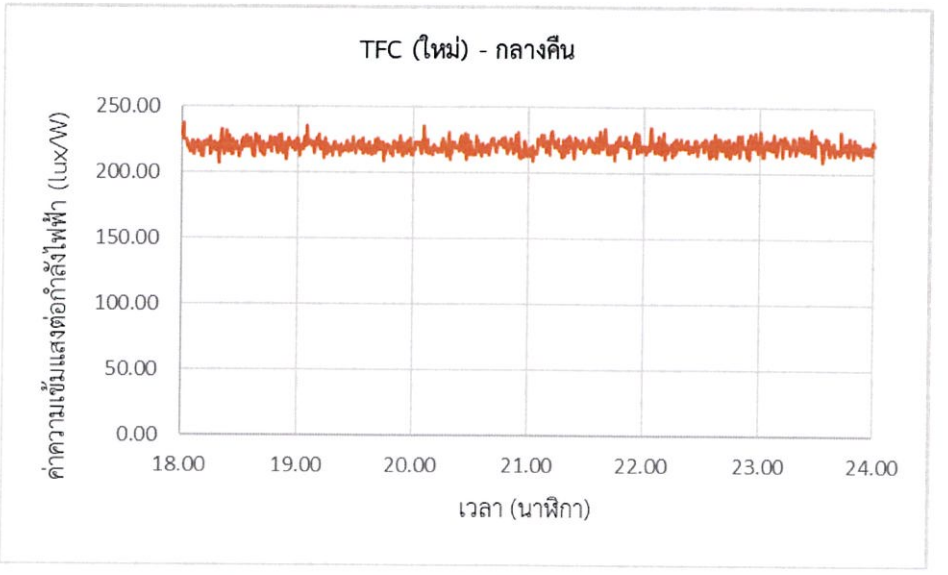
- TFC (LED Tube T8 360 9W)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดใหม่



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดใหม่

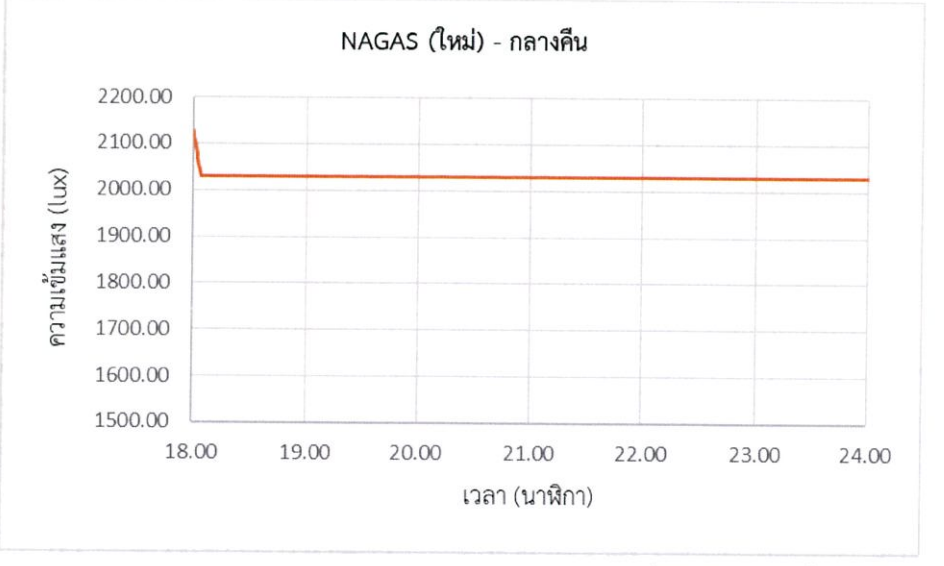


(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืน
ของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดใหม่

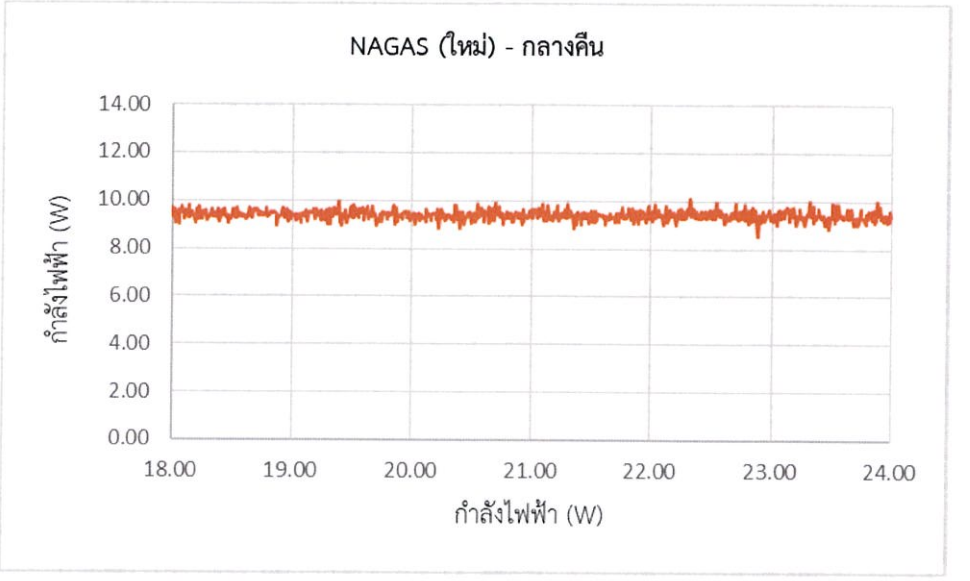
รูปที่ 4.16 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางคืน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ TFC เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 2092 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.6 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 217.92 ลักซ์ต่อวัตต์

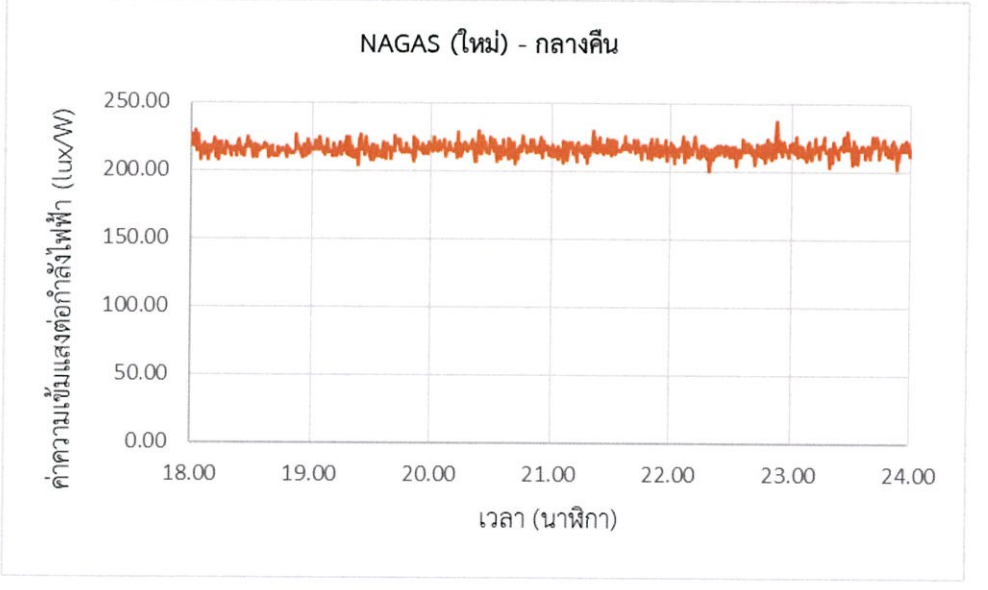
- NAGAS (Tube Glass T8 9W)



(ก) ความเข้มแสงขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดใหม่



(ข) กำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืนของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดใหม่



(ค) ความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานหลอดไฟในช่วงกลางคืน
ของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดใหม่

รูปที่ 4.17 พารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของหลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดใหม่ในช่วงกลางคืน

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ NAGAS เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 2030 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.4 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 215.96 ลักซ์ต่อวัตต์

ตารางที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของหลอดไฟทั้ง 4 ยี่ห้อ

ยี่ห้อ (รุ่น)		ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย (ลักซ์)		กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (วัตต์)		ค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (ลักซ์ต่อวัตต์)	
		กลางวัน	กลางคืน	กลางวัน	กลางคืน	กลางวัน	กลางคืน
Lumax (ELED/1S-9LED/OT/865)	หลอดเก่า	1856	1806	9.8	9.8	189.39	184.29
	หลอดใหม่	2039	1989	9.9	9.9	205.96	200.91
Philips (EcofitLedtube 8W)	หลอดเก่า	1744	1704	8.6	8.6	202.79	198.14
	หลอดใหม่	1955	1915	8.6	8.6	227.33	222.67
TFC (LED Tube T8 360 9W)	หลอดเก่า	2000	1970	9.5	9.5	210.53	207.37
	หลอดใหม่	2122	2092	9.6	9.6	221.04	217.92
NAGAS (Tube Glass T8 9W)	หลอดเก่า	1634	1604	9.4	9.4	173.83	170.64
	หลอดใหม่	2060	2030	9.4	9.4	219.15	215.96

หลอดไฟที่ผ่านการใช้งานมาแล้วมีค่าความเข้มแสงที่ลดลงน้อยกว่าหลอดไฟที่ยังไม่ได้มีการใช้งานใด ๆ เนื่องจากประสิทธิภาพในการส่องสว่างของหลอดไฟ ถ้ามีอายุการใช้งานมากประสิทธิภาพการส่องสว่างก็จะลดลงมากโดยจะแปรผันตามกัน นอกจากนี้เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวันและกลางคืน ปรากฏว่าค่าความเข้มแสงเฉลี่ยของหลอดไฟทุกยี่ห้อในช่วงกลางวันจะมากกว่ากลางคืน เนื่องจากผลกระทบของแสงธรรมชาติในช่วงกลางวันที่ส่องมาที่เซนเซอร์แสง เช่น แสงจากดวงอาทิตย์ เป็นต้น ในขณะที่ช่วงกลางคืนจะไม่มีแสงธรรมชาติมากระทบ

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดทุกยี่ห้อมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากคุณสมบัติพื้นฐานของหลอดไฟทุกยี่ห้อมีอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าหลอดเก่าจะมีอายุการใช้งานไปเวลาหนึ่งแล้ว กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดเก่าก็มีค่าใกล้เคียงกับหลอดใหม่นอกจากนี้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วงกลางวันและกลางคืนของหลอดทุกยี่ห้อให้ค่าที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เนื่องจากช่วงเวลากลางวันและกลางคืนไม่ส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดไฟ

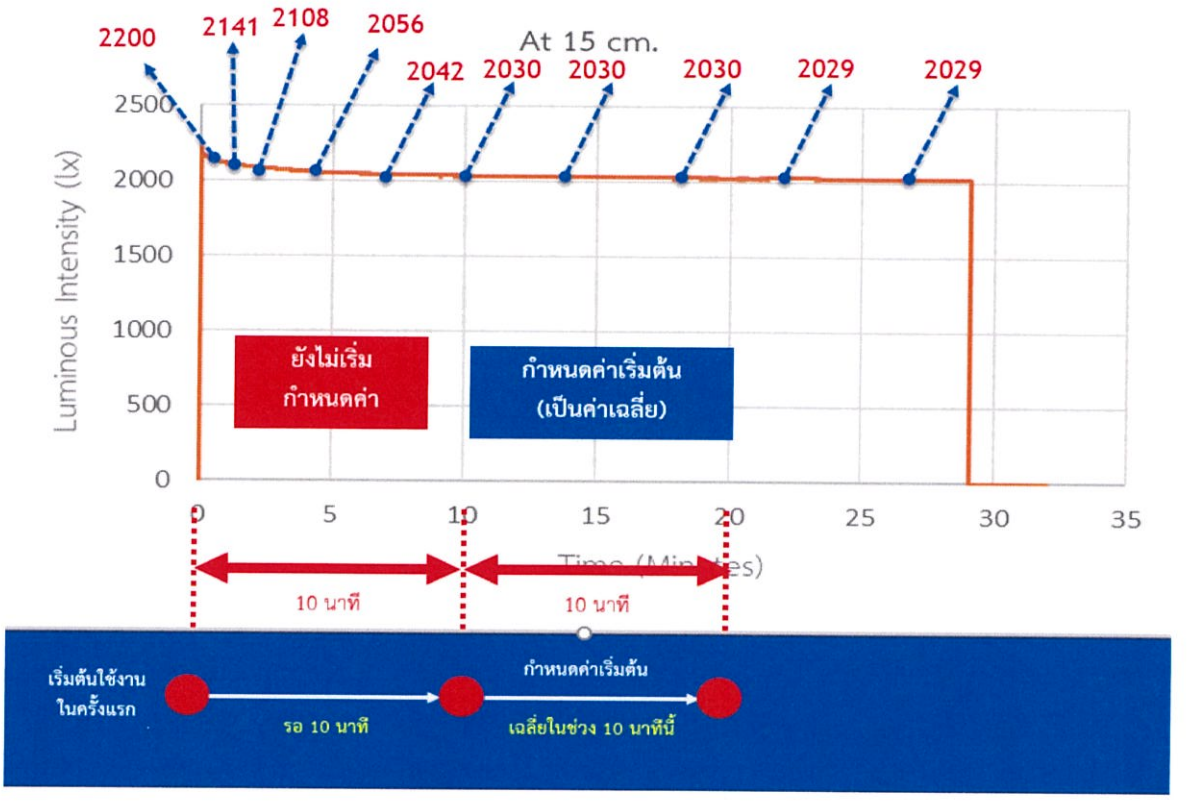
ค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดเก่ามีค่าน้อยกว่าค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดใหม่ เนื่องจากการลดลงของประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดไฟที่มาการใช้งานไปแล้ว แต่กำลังไฟฟ้ายังมีอัตราการใช้พลังงานใกล้เคียงหรือเท่าเดิม ถึงแม้ว่าหลอดไฟมีการใช้งานไปเป็นเวลาหนึ่งแล้ว จึงกล่าวได้ว่าเมื่อหลอดไฟใช้งานไปเป็นเวลาหนึ่ง ประสิทธิภาพของหลอดไฟลดลงโดยแปรผันตามประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดไฟ นอกจากนี้ค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดไฟทุกยี่ห้อที่ทดลองใยช่วงกลางวันมีค่าสูงกว่าในช่วงกลางคืน เนื่องจากผลกระทบของแสงธรรมชาติ

4.3 การปรับปรุงสภาวะการใช้งานเพิ่มเติม

สภาวะการใช้งานของเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟโดยมีสภาวะการทำงานอยู่ 3 สภาวะได้แก่ สภาวะวัดค่าเริ่มต้น สภาวะตรวจวัดการทำงานปกติ และสภาวะการปิดใช้หลอดไฟ

4.3.1 สภาวะวัดค่าเริ่มต้น (Initial Mode)

จากการทดลองในหัวข้อ 4.1 พบว่าเมื่อทำการเริ่มต้นเปิดหลอดไฟค่าความเข้มแสง (lx) มีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่องจนมีค่าคงที่เมื่อเวลาผ่านไปเวลาหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการที่หลอดไฟมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เกิดการกระจายแสงออกมาน้อยลง จนเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงค่าหนึ่งทำให้หลอดไฟมีการกระจายแสงที่ค่อนข้างคงที่

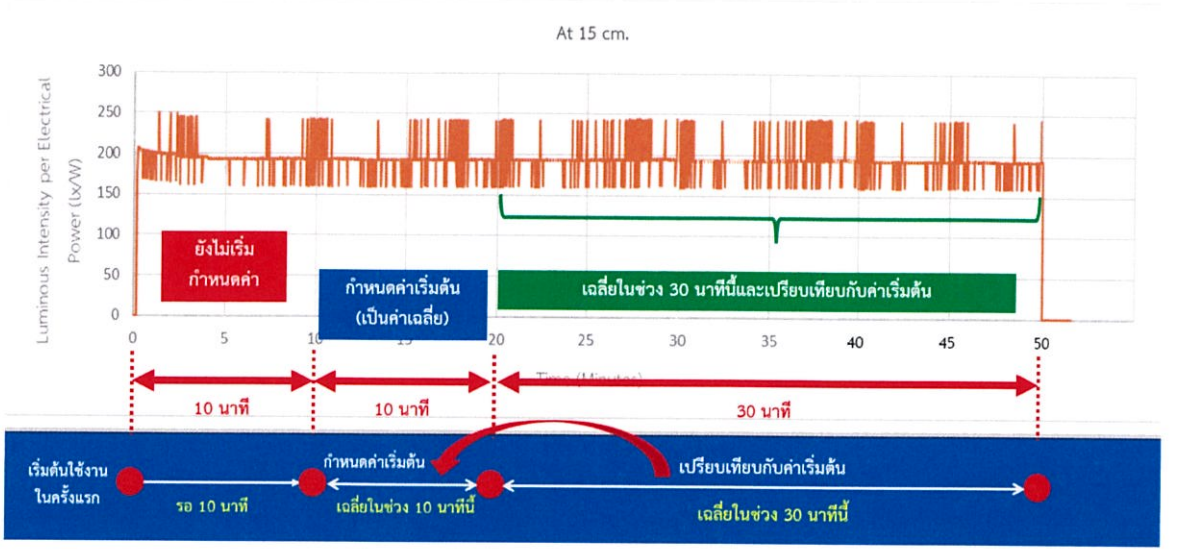


รูปที่ 4.18 การกำหนดค่าเริ่มต้นการใช้งานของหลอดไฟในสภาวะวัดค่าเริ่มต้น (Initial Mode)

การกำหนดประสิทธิภาพเริ่มต้นของหลอดไฟในการใช้งานแรกทำการกำหนดเมื่อหลอดไฟมีการเปิดใช้งานอย่างต่อเนื่องไปแล้ว 10 นาทีโดยค่าเริ่มต้นของหลอดไฟในการใช้งานครั้งแรกใช้ค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา 10 นาทีแรกหลังจากหลอดไฟผ่านการใช้งานครั้งแรกไปแล้ว 10 นาที

4.3.2 สภาวะตรวจวัดการทำงานปกติ (Normal Mode)

สภาวะตรวจวัดการทำงานปกติทำงานเมื่อหลอดไฟมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าอยู่ในช่วง 20% - 70% ของค่าเริ่มต้นการใช้งานทำการแจ้งเตือนผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสงสีแดงเพื่อแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบถึงการเสื่อมประสิทธิภาพของหลอดไฟ



รูปที่ 4.19 การเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าทุก ๆ 30 นาที ในสภาวะตรวจวัดการทำงานปกติ (Normal Mode)

เนื่องจากในหัวข้อ 4.2 พบว่าค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้ามีค่าไม่คงที่ มีการแกว่งของค่าที่วัดจึงได้กำหนดให้เซนเซอร์ทำการวัดค่าทุก ๆ 30 นาที โดยทำการเก็บค่าเป็นค่าเฉลี่ย จากนั้นนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นการใช้งานครั้งแรก ทำอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ ทุก ๆ 30 นาที ถ้าค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 20% - 70% เซนเซอร์ทำการแจ้งเตือน

4.3.3 สภาวะการปิดใช้หลอดไฟ (Sleep Mode)

สภาวะการปิดใช้หลอดไฟเป็นสภาวะที่หลอดไฟไม่มีการใช้งาน ดังนั้นเซนเซอร์จึงวัดค่าได้ต่ำกว่า 70 % ของค่าเริ่มต้นใช้งาน ซึ่งได้แสดงถึงการเสื่อมประสิทธิภาพของหลอดไฟ จึงได้กำหนดช่วงค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้า 0% - 20% ให้เป็นค่าสำหรับสภาวะปิดใช้หลอดไฟ และไม่แจ้งเตือนถึงการเสื่อมประสิทธิภาพของหลอดไฟ

รูปที่ 4.20 การทำงานในสภาวะการปิดใช้หลอดไฟ (Sleep Mode)

ชุดเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟเป็นชุดเซนเซอร์ที่ประกอบไปด้วยเซนเซอร์ทางไฟฟ้าและเซนเซอร์แสง มีระยะการติดตั้งของเซนเซอร์แสงที่เหมาะสมที่สุดคือ 15 เซนติเมตร ห่างจากตัวหลอดและมีตำแหน่งของเซนเซอร์อยู่ที่ C=0° (Horizon) และ $\gamma = 0^o$ (Vertical) ตามระบบพิกัดมุมของชุดหลอดไฟ โดยมีสภาวะการทำงานที่แตกต่างกัน 3 สภาวะ ได้แก่ สภาวะวัดค่าเริ่มต้น (Initial Mode) สภาวะตรวจวัดการทำงานปกติ (Normal Mode) และสภาวะการปิดใช้หลอดไฟ (Sleep Mode) นอกจากนี้การใช้ชุดเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งเกิดจากแสงธรรมชาติที่เป็นปัจจัยภายนอก

บทที่ 5
ข้อสรุป ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

5.1 สรุปผลการทดลอง

ปัจจุบันอาคารประหยัดพลังงานเป็นจุดมุ่งหมายสำคัญของรัฐบาลและองค์กรหลายแห่ง การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอาคารมีความสำคัญต่อความยั่งยืนของโลก โดยแสงจากหลอดไฟฟ้ามีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงเป็นลำดับต้น ๆ เมื่อเทียบกับอุปกรณ์ชนิดอื่น ๆ เนื่องจากมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิต

การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงมีประโยชน์ในการตรวจสอบว่าหลอดไฟฟ้าที่ใช้นั้นมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการใช้งานในพื้นที่ใช้งานหรือไม่ ซึ่งจากการทดลองเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงสามารถตรวจสอบและแจ้งเตือนถึงการเสื่อมประสิทธิภาพของหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุนได้ โดยมีสภาวะการทำงาน 3 สภาวะ ได้แก่ สภาวะวัดค่าเริ่มต้น สภาวะตรวจวัดการทำงานปกติ และสภาวะการปิดใช้หลอดไฟ ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะและปัญหาที่พบ

เนื่องจากชุดเซนเซอร์ตรวจวัดประสิทธิภาพของหลอด 8 หุน ยังมีข้อบกพร่องที่สามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาได้ในอนาคต มีรายละเอียดดังนี้

1. ชุดเซนเซอร์ตรวจวัดประสิทธิภาพของหลอด 8 หุน มีขนาดที่ใหญ่เกินพื้นที่ใช้สอยไม่กะทัดรัด และมีต้นทุนสูง ในทางเศรษฐศาสตร์ทำให้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน จึงยังไม่เหมาะแก่การติดตั้งในพื้นที่ใช้งานจริง

2. ชุดเซนเซอร์ตรวจวัดประสิทธิภาพของหลอดมีความจำเพาะ ตั้งค่ามาเพื่อหลอดที่ต้องการตรวจสอบประสิทธิภาพนั้น ๆ หากต้องการนำไปติดตั้งที่หลอดไฟชนิดอื่น ต้องทำการตั้งค่าตัวอุปกรณ์ชุดเซนเซอร์ใหม่ก่อนนำไปติดตั้ง

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. การพัฒนาต่อยอด ต้องมีการปรับปรุงชุดเซนเซอร์ให้มีขนาดเล็กลง หากสามารถใช้อุปกรณ์อิเล็กโทรนิกส์ที่มีขนาดเล็กลงได้ จะทำให้สะดวกในการติดตั้งในพื้นที่ใช้งานจริงได้ดีขึ้น

2. การพัฒนาต่อยอดสามารถเขียนโปรแกรมให้ใช้งานกับหลอดไฟฟ้าได้หลายชนิดมากขึ้น เพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) **"กฎหมายอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงานและอาคารควบคุม, "** 2005, พิมพ์ครั้งที่2, กรุงเทพมหานครฯ, กระทรวงพลังงาน, อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ, หน้า 6-7 .

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)**"การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, "** 2005 , พิมพ์ครั้งที่2, กรุงเทพมหานครฯ, กระทรวงพลังงาน, อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ หน้า 7 .

[3] R. Fatchurrahman, H. Putra, I. Joyokusumo, M. H. Habib, I. Imawati and S. P. Hadi, **"Light sensor selection of Wi-MoLS (wireless modern light sensor) based on analytic hierarchy process (AHP) , "** *2016 2nd International Conference of Industrial, Mechanical, Electrical, and Chemical Engineering (ICIMECE)* , Yogyakarta, 2016, pp. 152-155.

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, **"หลักในการเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าส่องสว่าง, "** 2016, กรุงเทพมหานครฯ, สมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

[5] กลุ่มวิชาการและมาตรฐาน สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน, **"โครงการส่งเสริมและเผยแพร่เทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน และบ้านประหยัดพลังงาน, "** 2010, กรุงเทพมหานคร , สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน .

[6] การไฟฟ้านครหลวง, **"แสงสว่าง กับการใช้งานที่เหมาะสม"**, 2015, โครงการส่งเสริมการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร, (ออนไลน์), แหล่งที่มา: http://meaenergysavingbuilding.net/index.php/menu-article-leftmenu/273

[7] กลุ่มงานวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, **"หลอดไฟ LED (Light Emitting Diode)",** 2554, (ออนไลน์), แหล่งที่มา: http://library.cmu.ac.th/energy/content

[8] กองความปลอดภัยแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, **"การออกแบบระบบแสงสว่าง"**, Sept.06.2018, (ออนไลน์), แหล่งที่มา: http://www.oshthai.org/index .php?option=com_content&view=article&id=150,

[9] PHILIPS, **"อายุการใช้งานของหลอดไฟ ",** 2018, ผลิตภัณฑ์เพื่อผู้บริโภค (ออนไลน์), แหล่งที่มา: https://www.philips.co.th/c-m-li/advice-on-lighting-ideas/light-bulb-lifespan

[10] สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, **"คู่มือการเลือกหลอด LED สำหรับผู้บริโภค"**, 2017, (ออนไลน์), แหล่งที่มา: http://library.cmu.ac.th/energy/content

[11] Noppadon B., **"หลอดLED เปรียบเทียบกับ หลอดฮาโลเจน, หลอดฟลูออเรสเซนต์, หลอดแสงจันทร์, หลอดโซเดียม และ หลอดเมทัลฮาไลด์ แล้วดีกว่าจริงหรือ?"**, 2015, (ออนไลน์), แหล่งที่มา: http://www.klcbright.com/ledlampcompareothers.php

[12] Tarun Agarwal, **"Optical Sensor Basics and Applications"**, 2006, (online), Source: https://www.elprocus.com/optical-sensors-types-basics-and-applications/

[13] การวัดและเครื่องมือวัด ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร (นวภัทรา และ ทวีพล), **"optical sensor / เซนเซอร์ชนิดใช้แสง"**, 2555, (ออนไลน์), แหล่งที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/7235

[14] R. Fatchurrahman, H. Putra, I. Joyokusumo, M. H. Habib, I. Imawati and S. P. Hadi, **"Light sensor selection of Wi-MoLS (wireless modern light sensor) based on analytic hierarchy process (AHP),"** *2016 2nd International Conference of Industrial, Mechanical, Electrical, and Chemical Engineering (ICIMECE)*, Yogyakarta, 2016, pp. 152-155.

[15] D. Caicedo and A. Pandharipande, **"Sensor-Driven Lighting Control With Illumination and Dimming Constraints,"** in *IEEE Sensors Journal*, vol. 15, no. 9, pp. 5169-5176, Sept. 2015.

[16] A. Pandharipande and S. Li, **"Light-Harvesting Wireless Sensors for Indoor Lighting Control, "** in *IEEE Sensors Journal*, vol. 13, no. 12, pp. 4599-4606, Dec. 2013.

[17] S. P. Lau, G. V. Merrett and N. M. White, **"Energy-efficient street lighting through embedded adaptive intelligence,"** *2013 International Conference on Advanced Logistics and Transport*, Sousse, 2013, pp.53-58.

[18] T. Leikanger, C. Schuss and J. Häkkinen, **"Calibration of smartphone light sensors with a near field communication enabled reference,"** *2016 IEEE SENSORS*, Orlando, FL, 2016, pp. 1-3.

[19] H. C. Cheng, K. C. Liu, C. Y. Hsieh and C. T. Chan, **"Smartphone-based Pedestrian localization algorithm using inertial and light sensors,"** *2017*

International Conference on Applied System Innovation (ICASI), Sapporo, 2017, pp. 319-322

[20] ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจและธุรกิจ(อีไอซี) ธนาคารไทยพาณิชย์, **"ปรับกลยุทธ์บุกชิงตลาดแอลอีดี"**, 2016, (ออนไลน์), แหล่งที่มา: http://www.thansettakij.com/content/55594

[21] V. M. Ionescu, **"Exploiting the ambient light sensor to track user environment information, "** *2016 15th RoEduNet Conference: Networking in Education and Research*, Bucharest, 2016, pp. 1-6.

[22] S. P. Lau, G. V. Merrett and N. M. White, **"Energy-efficient street lighting through embedded adaptive intelligence, "** *2013 International Conference on Advanced Logistics and Transport*, Sousse, 2013, pp. 53-58.

[23] A. M. Johnson, K. R. Shailesh and M. Mathew, **"Energy efficient lighting design for a food processing industry located at composite climate of India, "** *2017 International Conference on Circuit ,Power and Computing Technologies (ICCPCT)*, Kollam, 2017, pp. 1-5.

[24] M. M. U. Rehman, M. A. Pasha and N. U. Hassan, **"Clean consumer energy technologies in developing countries: A case study of energy efficient lights in Pakistan, "** *2015 International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies (ICSGCE)*, Offenburg, 2015, pp. 85-89.

[25] J. Bauer, B. Siegmann, T. Jarmer and N. Aschenbruck, **"Smart flair: A smartphone application for fast LAI retrieval using Ambient Light Sensors, "** *2016 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*, Catania, 2016, pp. 1-6.

[26] S. Kittipanyangam, W. Do and K. Eguchi, **"Color light sensor device for light absorbance measurement device, "** *2017 14th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, Phuket, 2017, pp. 318-321.

[27] ไชยะ แช่มช้อย, บทนำ, **"พื้นฐานวิศวกรรมการส่องสว่าง"**, 2544, กรุงเทพฯ : เอ็นแอนด์อี, หน้า 1-20

[28] ไชยะ แช่มช้อย, การกระจายแสงของดวงโคม, **"พื้นฐานวิศวกรรมการส่องสว่าง"**, 2544, กรุงเทพฯ : เอ็นแอนด์อี, หน้า 42-44

[29] Lighting & Equipment, **"โคมไฟฟลูออเรสเซนต์ติดลอย"**, (ออนไลน์), แหล่งที่มา,

http://www.lighting.co.th/download_file.php?torken=99-00011_CS.PDF

[30] Arduino, "**Module/Sensor**", (ออนไลน์), แหล่งที่มา, http://www.myarduino.net/product/726/single-phase-voltage-sensor-zmpt101b

[31] Thai Easy Elec, "**ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Current Sensor (เซ็นเซอร์วัดกระแส)**", (ออนไลน์), แหล่งที่มา, http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ-current-sensor-เซ็นเซอร์วัดกระแส.html

[32] Arduino, "**Module/Sensor**", (ออนไลน์), แหล่งที่มา, https://inex.co.th/shop/bh1750.html

[33] Arduino Board, "**Arduino Promini 328 - 5V/16MHz**", (ออนไลน์), แหล่งที่มา, http://www.myarduino.net/product/393/arduino-pro-mini-328-5v-16mhz-%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1-pin-header-arduino-pro-mini

ภาคผนวก ก

บทความวิชาการ

การพัฒนาเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุน
DEVELOPMENT LUMINOUS EFFICACY SENSOR FOR INDOOR LED T8 LAMP

นายเจติวรรษ วงศ์ธรรม , นายฏฐพงศ์ สุบิน , นางสาวฐิติพร แสงดาว และนาย นายณภัทร พรรณวรรณ
รศ.ดร.อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกลาเจาคุณทหารลาดกระบัง 1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท 02-329-8331

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีเป้าหมายในการพัฒนาชุดเซนเซอร์เพื่อใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุน โดยชุดเซนเซอร์นี้ประกอบด้วยเซนเซอร์ 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 คือ เซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้าและเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าเพื่อที่จะวัดค่าทางไฟฟ้า เช่น ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ฯลฯ ประเภทที่ 2 คือเซนเซอร์วัดแสงซึ่งวัดค่าความสว่าง (Lux) เมื่อชุดเซนเซอร์นี้ถูกนำไปติดตั้งควบคู่กับหลอดไฟที่ใช้งานจริง หากหลอดไฟมีค่าความสว่างต่อวัตต์ต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าหลอดไฟนั้นเสื่อมประสิทธิภาพ และหลอดไดโอดเปล่งแสงขนาดเล็กสีแดงจะทำการแจ้งเตือนโดยการกระพริบเพื่อเป็นสัญญาณเตือนให้เปลี่ยนหลอดไฟ ผลจากกระบวนการการทำงานของชุดเซนเซอร์ดังกล่าวจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบส่องสว่าง

ABTRACT

This project aim to develop sensors unit to perform real time luminous efficiency validation and alert user about it deteriorate in T8 Light Emitting Diode (LED) luminaire. The propose sensors unit consists of 2 types of sensors: First voltage and current sensor that measured electrical parameter such as voltage, current, and power etc. Second light sensor that measured illuminance value (lux). The proposed sensors unit is installed with an actual lamp. If the Lux per Watt (lx/W) is less than 70 percent, the small Light Emitting Diode (LED) indicator will flashing in order to alert user for luminaire replacement. The result from actual testing reveal the effective operation of proposed unit. This unit can be used to further increase energy efficiency lighting system.

1. บทนำ

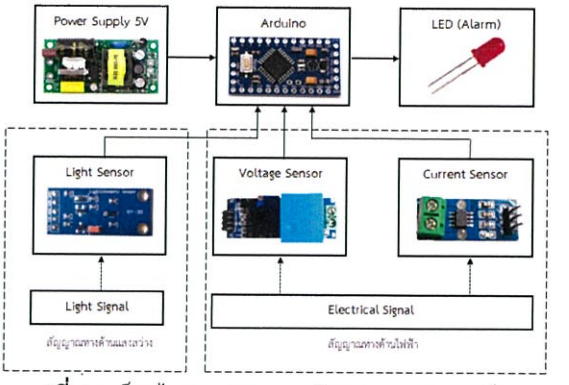
ในปัจจุบันการอนุรักษ์พลังงานและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เป็นหัวข้อสำคัญในการวิจัย โดยหนึ่งในหัวข้อการอนุรักษ์พลังงานคือการใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ ได้มีการสำรวจงานวิจัยพบว่าหลอดไฟฟ้ามีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดอื่นๆโดยเฉลี่ยประมาณ 37% ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่บริโภค จึงมีหลายหน่วยงานหันมาให้ความสำคัญกับอุปกรณ์ให้แสงสว่างอย่างหลอดไฟฟ้า การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารพาณิชย์เป็นการใช้พลังงานจากหลอดไฟฟ้า โดยการเลือกใช้หลอดไฟฟ้านอกจากปัจจัยด้านการใช้พลังงานแล้ว ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของแสงสว่างที่ได้จากหลอดไฟฟ้าด้วย

เพื่อการมองเห็นอย่างชัดเจนถูกต้อง นั้นจะต้องเกิดความสบายในขณะที่ประกอบกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ไม่ให้มีแสงสว่างมาก หรือน้อยจนเกิดผลกระทบ เพราะในพื้นที่ใช้งานมี แสงสว่างที่น้อยเกินไป จะมีผลเสียต่อสายตา ทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไปจากการเพ่งมอง ทำให้เกิดการเมื่อยล้าปวดตา มึนศีรษะ รวมถึงประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ในทางกลับกัน หากมีแสงสว่างที่มากเกินไป จะทำให้ผู้ทำงานเกิดความไม่สบายสายตา ปวด แสบตา มึนศีรษะ วิงเวียน และอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ จากการศึกษาอุปกรณ์วัดปริมาณของแสงที่มองเห็น (ลักซ์มิเตอร์) เป็นทางเลือกที่ดีเหมาะสำหรับการนำมาใช้แก้ปัญหาอุปกรณ์ส่องสว่างไม่มีประสิทธิภาพในครัวเรือน แต่เนื่องด้วยอุปกรณ์มีราคาค่อนข้างสูง การนำเซนเซอร์วัดแสงมาประยุกต์ใช้แทนลักซ์มิเตอร์จึงเป็นทางเลือกที่ดีอีกทางหนึ่ง ผู้วิจัยเล็งเห็นปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่มีประสิทธิภาพของภาคครัวเรือน ผู้วิจัยจึงมีความต้องการต้องการสร้างการใช้พลังงานอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพให้แก่ภาคครัวเรือน เพื่อช่วยให้สามารถใช้พลังงานให้คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพที่สุด งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องมือตรวจสอบคุณภาพแสงจากหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ

2. การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

2.1 โครงสร้างการทำงานของเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไฟฟ้า

เซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไฟฟ้ารับไฟเลี้ยงมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 2.7 - 5.5 โวลต์ ซึ่งในที่นี้ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์จากวงจรเรียงกระแส (Rectifier) ซึ่งเพียงพอต่อเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงของหลอดไฟฟ้า โดยรับค่าสัญญาณมาจากเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว นำข้อมูลจากเซนเซอร์เข้าสู่ชุดประมวลผล แล้วแสดงผลการประมวลผลผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED)



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดอายุการใช้งานของหลอดไฟฟ้า

โครงสร้างการทำงานของชุดทดลองประกอบด้วยส่วนสำคัญหลัก ๆ 3 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนรับสัญญาณ ได้แก่ เซนเซอร์วัดแสง (Light Sensor), เซนเซอร์วัดแรงดัน (Voltage Sensor), เซนเซอร์วัดกระแส (Current Sensor)
2. ส่วนประมวลผลข้อมูล ได้แก่ อาดูโน่ (Arduino)
3. ส่วนแสดงผลและแจ้งเตือน ได้แก่ หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED)

2.2 การออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์

ชุดการทดสอบประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ เซนเซอร์และหน่วยประมวลผล ซึ่งต้องมีคุณสมบัติของการนำมาใช้งานที่เพียงพอต่อจุดประสงค์ของผู้ออกแบบและออกแบบระบบการทำงานของชุดทดสอบต้องมีกระบวนการการทำงานที่กระชับและง่ายต่อการทำงานเพื่อให้ผู้ใช้งานมีความเข้าใจและรับรู้ถึงสถานะการทำงานของชุดทดสอบ

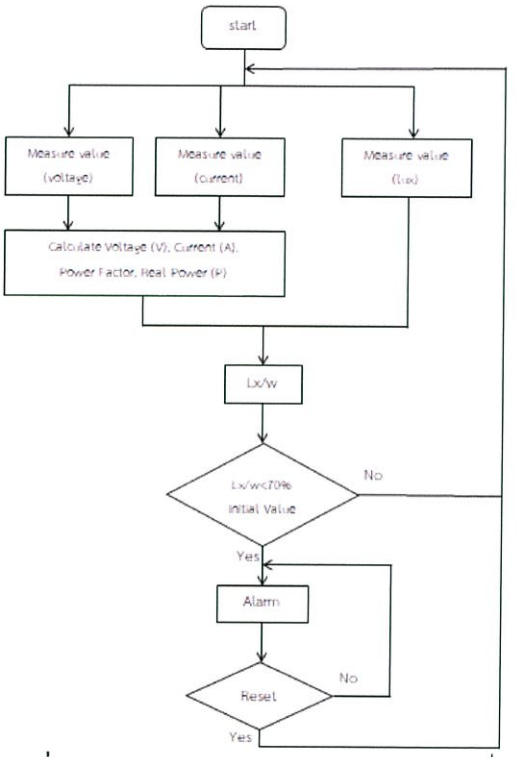
2.2.2 การออกแบบชุดทดสอบ

ระบบการทำงานของชุดทดสอบต้องมีความสามารถในการทำงานที่ถูกต้องและสามารถเข้าใจได้ง่ายเพื่อตอบสนองต่อผู้ใช้งานทั่วไป จึงต้องมีการออกแบบระบบการทำงานของชุดทดสอบให้เหมาะสม

กับความต้องการ นอกจากนี้ต้องมีการออกแบบวงจรชุดทดสอบด้วย

2.2.2.1 การออกแบบชุดคำสั่ง

การออกแบบชุดคำสั่งสำหรับหน่วยประมวลผลคำนึงถึงความแม่นยำ ความเที่ยงตรงและความถูกต้องเป็นหลัก เพื่อให้ได้ค่าที่มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลสูงสุด โดยใช้โปรแกรม Arduino ซึ่งมีภาษาซีเป็นพื้นฐานในการเขียนชุดคำสั่ง



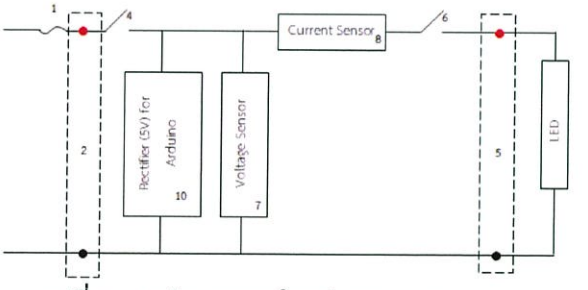
รูปที่ 2 แผนผังกระบวนการประมวลผลของชุดคำสั่ง

โดยการทำงานของชุดคำสั่งเริ่มจากการรับค่าการวัดสัญญาณจากเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัวมาเพื่อคำนวณเป็นค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความเข้มแสงของชุดหลอดไฟฟ้า โดยสัญญาณทางด้านไฟฟ้านำมาหาค่ากำลังไฟฟ้าจริงและค่าตัวประกอบกำลังทางไฟฟ้า ส่วนสัญญาณทางด้าน แสงสว่างนำมาหาค่าความเข้มแสง เมื่อได้ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและค่าความเข้มแสง (lx/W) นำมาเทียบกับค่า ลักซ์/วัตต์ (lx/W) เริ่มต้นของชุดหลอดไฟ เมื่อมีค่าน้อยกว่า 70 % ของค่าเริ่มต้น เซนเซอร์ทำการแจ้งเตือนผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสง

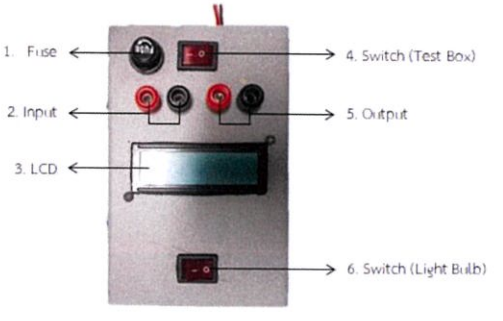
เนื่องจากบางเวลาภายในอาคารมีสภาวะผิดปกติทางไฟฟ้า เช่น แรงดันตก ไฟฟ้าดับเป็นต้น ซึ่งส่งผลให้ค่าฟลักซ์ส่องสว่างลดลง ซึ่งอาจเป็นผลทำให้เซนเซอร์มีการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดได้ เมื่อใช้การเปรียบเทียบข้อมูลในหน่วย ลักซ์ (lx) อย่างเดียว ด้วยเหตุผลนี้จึงใช้การเปรียบเทียบในหน่วย ลักซ์/วัตต์ (lx/W) เพื่อรองรับปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ทางไฟฟ้าที่อาจส่งผลต่อการทำงานของเซนเซอร์ได้

2.2.2.2 การออกแบบวงจรชุดตรวจสอบประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้า

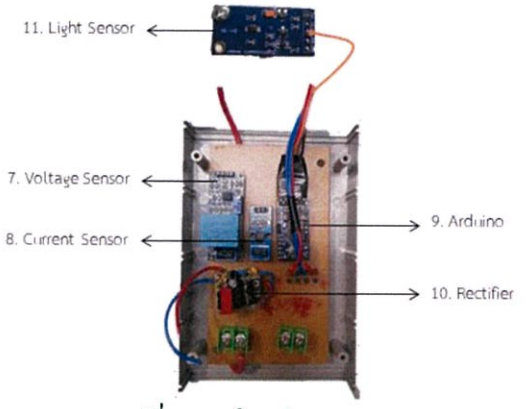
ในชุดทดสอบได้ทำการรวมเซนเซอร์ในการวัดสัญญาณทางไฟฟ้า หน่วยประมวลผล จอแสดงค่าและสวิตช์ต่าง ๆ ไว้ด้วยกันภายในกล่องเดียวและมีการต่อสายสัญญาณออกมาจากตัวกล่องสำหรับเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดแสงที่ต้องต่อพ่วงไปยังตำแหน่งขั้วหลอดของชุดหลอดไฟโดยมีแผงผังของวงจรภายในกล่องของชุดทดสอบดังนี้



รูปที่ 3 แผนผังวงจรภายในกล่องชุดทดสอบ



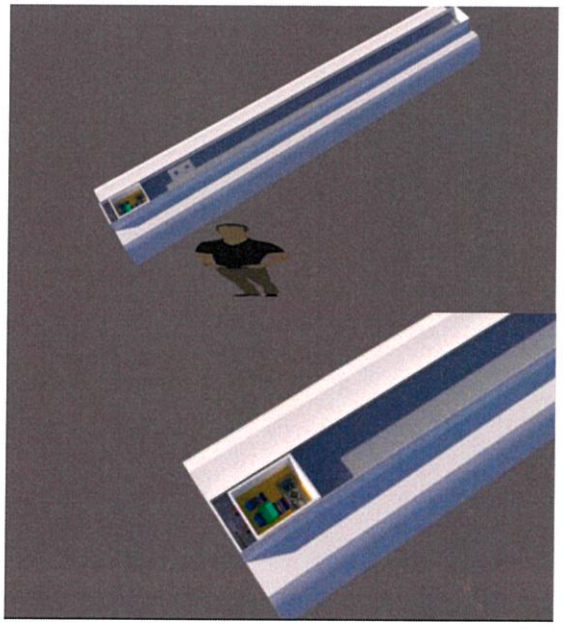
รูปที่ 4 ด้านหน้ากล่องทดสอบ



รูปที่ 5 ภายในกล่องทดสอบ

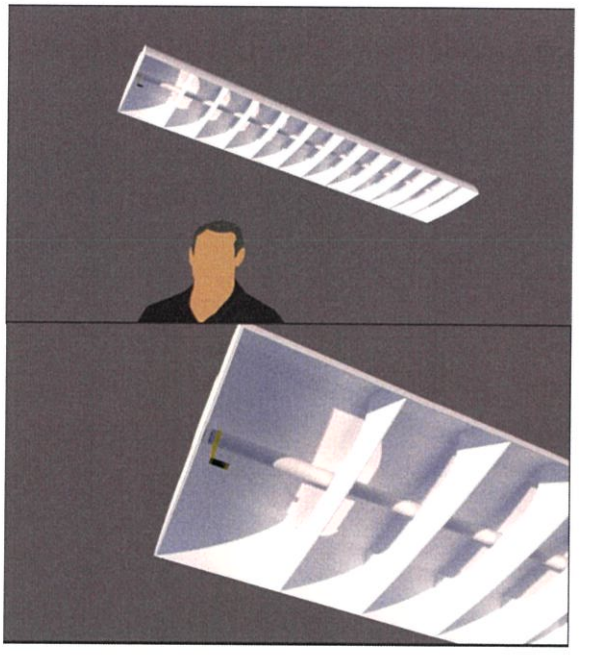
3 การติดตั้งชุดทดสอบ

กล่องชุดทดสอบถูกติดตั้งอยู่ภายด้านบนของชุดหลอดไฟที่ใช้โคมตะแกรงโดยเมื่อติดตั้งจะต้องนำสายไฟ 2 สายที่มาจากแหล่งจ่ายไฟมาเข้าทางด้านรับไฟเข้าของกล่องทดสอบ จากนั้นต่อสายไฟ 2 เส้นจากด้านไฟออกของกล่องทดสอบไปยังชุดหลอดไฟและกล่องทดสอบจะถูกยึดติดกับโคม



รูปที่ 6 กล่องชุดทดสอบที่ติดตั้งอยู่ด้านบนของชุดหลอดไฟโคมตะแกรง

เซนเซอร์วัดแสงถูกติดตั้งไว้ที่ขั้วของชุดหลอดไฟในลักษณะของการแคล้มที่ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณแสงจากหลอดไฟโดยตรง โดยเซนเซอร์จะถูกโยงสายมาจากกล่องทดสอบผ่านการเจาะทะลุของโคมไฟเป็นรูขนาดที่พอให้สายสัญญาณผ่านได้จากกล่องทดสอบที่อยู่ทางด้านบนของชุดหลอดไฟมายังขั้วของชุดหลอดไฟ



รูปที่ 7 เซนเซอร์วัดแสงที่ติดตั้งอยู่ที่ขั้วของชุดหลอดไฟโคมตะแกรง

4. ผลการทดลอง

เป็นการทดลองการใช้งานชุดทดสอบเพื่อหาระยะการติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดของเซนเซอร์แสงที่ยึดติดกับหลอดไฟและเพื่อวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ขณะใช้งานหลอดไฟ ได้แก่ ค่าความเข้มแสง (lux), กำลังไฟฟ้า (W)

4.1 การหาระยะการติดตั้งเซนเซอร์แสงที่เหมาะสมที่สุด

ในการทดลองนี้ได้ทำการเก็บค่าความเข้มแสง (lux) จากเซนเซอร์แสงในช่วงการใช้งานหลอดไฟตั้งแต่ไม่มีการเปิดหลอดไฟ เปิดหลอดไฟ และปิด

หลอดไฟตามลำดับ เป็นเวลารวม 30 นาที โดยตำแหน่งของเซนเซอร์อยู่ที่ C=0° (Horizon) และ $\gamma = 0^o$ (Vertical) ตามระบบพิกัดมุมของชุดหลอดไฟที่ระยะ 10 , 15 , 20 , 25 และ 30 เซนติเมตร (cm) โดยใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุน ยี่ห้อ LUMAX รุ่น ELED/1S-9LED/OT/865 ใช้โคมตะแกรงจำนวน 1 หลอด ภายในตู้ปิดทึบ

ตารางที่ 1 ค่าต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ยของความเข้มแสงที่ระยะต่าง ๆ

ระยะเซนเซอร์ (cm)	ค่าต่ำสุด (lx)	ค่าสูงสุด (lx)	ค่าเฉลี่ย (lx)	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด (lx)
10	3355	3617	3376	262
15	2039	2275	2044	236
20	1523	1579	1528	56
25	1160	1210	1168	50
30	984	1032	997	48

จากตารางที่ 1 แสดงการทดลองเมื่อติดตั้งตำแหน่งเซนเซอร์ที่ระยะต่าง ๆ โดยที่ ระยะ 10 เซนติเมตรมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 3376 ลักซ์ ซึ่งเป็นระยะที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดและที่ระยะ 30 เซนติเมตรมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 997 ลักซ์ ซึ่งเป็นระยะที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะยิ่งมากขึ้น ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยจะน้อยลงเรื่อย ๆ ซึ่งแปลผกผันกับระยะของเซนเซอร์กับหลอดไฟและเมื่อหาค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุดในทุกระยะ ที่ระยะ 30 เซนติเมตรมีค่าน้อยสุด

4.2 การทดลองวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ขณะใช้งานหลอดไฟ

ในการทดลองนี้ได้ทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ ความเข้มแสง (lux), กำลังไฟฟ้า (W) และความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้า (lx/W) ที่วัดได้จากหลอดไฟ ซึ่งได้ทำการทดลองกับหลอดไฟ 4 ยี่ห้อ

โดยในแต่ละยี่ห้อได้ทำการแบ่งเป็น 2 ชนิดหลอด ได้แก่ หลอดชนิดเก่าและหลอดชนิดใหม่ โดยแบ่งการวัดเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่ กลางวันและกลางคืน เพื่อศึกษาพารามิเตอร์ที่ทำการวัดและหลอดไฟทุกยี่ห้อได้ถูกติดตั้งกับโคมไฟประเภทตะแกรงจำนวน 1 หลอด นอกจากนี้เซนเซอร์แสงจะถูกติดตั้งอยู่ที่ C=0° (Horizon) และ $\gamma = 0^o$ (Vertical) ตามระบบพิกัดมุมของชุดหลอดไฟในระยะ 15 เซนติเมตร

4.2.1 หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 2 คุณสมบัติเบื้องต้นของหลอดไฟทั้ง 4 ยี่ห้อ

ยี่ห้อ	ลูเมน (lm)	กำลังไฟฟ้า (W)	ชนิดของหลอด	เฉดของหลอด
Lumax (ELED/1S-9LED/OT/865)	900	9	T8	หลอดสีขาว (Daylight)
Philips (Ecofit Ledtube 8W)	800	8	T8	หลอดสีขาว (Daylight)
TFC (LED Tube T8 360 9W)	900	9	T8	หลอดสีขาว (Daylight)
NAGAS (Tube Glass T8 9W)	780	9	T8	หลอดสีขาว (Daylight)

4.2.2 การทดลองของหลอดเก่าในช่วงกลางวัน

ในการทดลองนี้เป็นการวัดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า ได้แก่ ค่าความเข้มแสง กำลังไฟฟ้า และค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้า โดยได้ทำการทลองกับหลอดไฟฟ้าทั้ง 4 ยี่ห้อที่เป็นหลอดเก่าและทำการทดลองในช่วงกลางวัน ตั้งแต่เวลา 06.00 – 12.00 น.

- Lumax (ELED/1S-9LED/OT/865)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Lumax เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1856 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.8 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเป็น 189.39 ลักซ์ต่อวัตต์

- Philips (Ecofit Ledtube 8W)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Philips เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1744 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 8.6 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเป็น 202.79 ลักซ์ต่อวัตต์

- TFC (LED Tube T8 360 9W)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ TFC เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 2000 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.5 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 210.53 ลักซ์ต่อวัตต์

- NAGAS (Tube Glass T8 9W)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ NAGAS เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1634 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.4 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 173.83 ลักซ์ต่อวัตต์

4.2.3 การทดลองของหลอดใหม่ในช่วงกลางวัน

ในการทดลองนี้เป็นการวัดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า ได้แก่ ค่าความเข้มแสง กำลังไฟฟ้า และค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้า โดยได้ทำการทลองกับหลอดไฟฟ้าทั้ง 4 ยี่ห้อที่เป็นหลอดใหม่และทำการทดลองในช่วงกลางวัน ตั้งแต่เวลา 06.00 – 12.00 น.

- Lumax (ELED/1S-9LED/OT/865)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Lumax เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 2039 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.9 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 205.96 ลักซ์ต่อวัตต์

- Philips (Ecofit Ledtube 8W)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Philips เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1955 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 8.6 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 227.33 ลักซ์ต่อวัตต์

- TFC (LED Tube T8 360 9W)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ TFC เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 2122 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.6 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 221.04 ลักซ์ต่อวัตต์

- NAGAS (Tube Glass T8 9W)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ NAGAS เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวัน หลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 2060 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.4 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 219.15 ลักซ์ต่อวัตต์

4.2.4 การทดลองของหลอดเก่าในช่วงกลางคืน

ในการทดลองนี้เป็นการวัดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า ได้แก่ ค่าความเข้มแสง กำลังไฟฟ้า และค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้า โดยได้ทำการทลองกับหลอดไฟฟ้าทั้ง 4 ยี่ห้อที่เป็นหลอดเก่าและทำการทดลองในช่วงกลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 24.00 น.

- Lumax (ELED/1S-9LED/OT/865)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Lumax เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1806 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.8 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 184.29 ลักซ์ต่อวัตต์

- Philips (Ecofit Ledtube 8W)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Philips เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1704 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 8.6 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 198.14 ลักซ์ต่อวัตต์

- TFC (LED Tube T8 360 9W)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ TFC เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1970 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.5 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 207.37 ลักซ์ต่อวัตต์

- NAGAS (Tube Glass T8 9W)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ NAGAS เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดเก่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1604 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.4 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 170.64 ลักซ์ต่อวัตต์

4.2.5 การทดลองของหลอดใหม่ในช่วงกลางคืน

ในการทดลองนี้เป็นการวัดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า ได้แก่ ค่าความเข้มแสง กำลังไฟฟ้า และค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้า โดยได้ทำการทดลองกับหลอดไฟฟ้าทั้ง 4 ยี่ห้อที่เป็นหลอดใหม่และทำการทดลองในช่วงกลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 24.00 น.

- Lumax (ELED/1S-9LED/OT/865)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Lumax เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ Lumax ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1989 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.9 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 200.91 ลักซ์ต่อวัตต์

- Philips (Ecofit Ledtube 8W)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ Philips เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ Philips ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 1915 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 8.6 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 222.67 ลักซ์ต่อวัตต์

- TFC (LED Tube T8 360 9W)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ TFC เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ TFC ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 2092 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.6 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 217.92 ลักซ์ต่อวัตต์

- NAGAS (Tube Glass T8 9W)

ความเข้มแสงของหลอดยี่ห้อ NAGAS เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางคืน หลอดยี่ห้อ NAGAS ที่เป็นหลอดใหม่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 2030 ลักซ์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9.4 วัตต์ และมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเป็น 215.96 ลักซ์ต่อวัตต์

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของหลอดทั้ง 4 ยี่ห้อในช่วงกลางวัน

ยี่ห้อ		ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย (ลักซ์)	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (วัตต์)	ค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย(ลักซ์ต่อวัตต์)
Lumax (ELED/1S-9LED/OT/865)	หลอดเก่า	1856	9.8	189.39
	หลอดใหม่	2039	9.9	205.96
Philips (Ecofit Ledtube 8W)	หลอดเก่า	1744	8.6	202.79
	หลอดใหม่	1955	8.6	227.33
TFC (LED Tube T8 360 9W)	หลอดเก่า	2000	9.5	210.53
	หลอดใหม่	2122	9.6	221.04
NAGAS (Tube Glass T8 9W)	หลอดเก่า	1634	9.4	173.83
	หลอดใหม่	2060	9.4	219.15

ตารางที่ 4 ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของหลอดทั้ง 4 ยี่ห้อในช่วงกลางคืน

ยี่ห้อ		ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย (ลักซ์)	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (วัตต์)	ค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย(ลักซ์ต่อวัตต์)
Lumax (ELED/1S-9LED/OT/865)	หลอดเก่า	1806	9.8	184.29
	หลอดใหม่	1989	9.9	200.91
Philips (Ecofit Ledtube 8W)	หลอดเก่า	1704	8.6	198.14
	หลอดใหม่	1915	8.6	222.67
TFC (LED Tube T8 360 9W)	หลอดเก่า	1970	9.5	207.37
	หลอดใหม่	2092	9.6	217.92
NAGAS (Tube Glass T8 9W)	หลอดเก่า	1604	9.4	170.64
	หลอดใหม่	2030	9.4	215.96

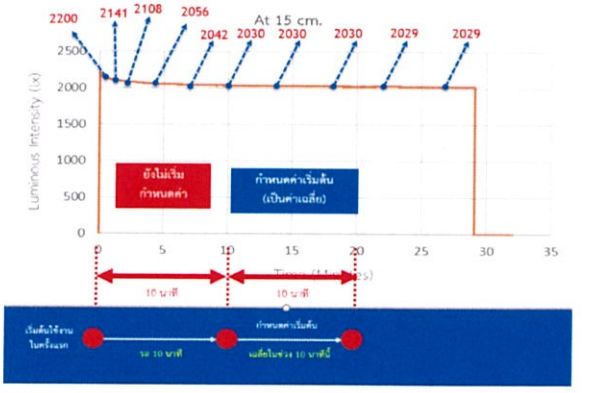
หลอดไฟที่ผ่านการใช้งานมาแล้วมีค่าความเข้มแสงที่ลดลงน้อยกว่าหลอดไฟที่ยังไม่ได้มีการใช้งานใด ๆ เนื่องจากประสิทธิภาพในการส่องสว่างของหลอดไฟ ถ้ามีอายุการใช้งานมากประสิทธิภาพการส่องสว่างก็จะลดลงมากโดยจะแปรผันตามกัน นอกจากนี้เมื่อทำการทดลองในช่วงกลางวันและกลางคืน ปรากฏว่าค่าความเข้มแสงเฉลี่ยของหลอดไฟทุกยี่ห้อในช่วงกลางวันจะมากกว่ากลางคืน เนื่องจากผลกระทบของแสงธรรมชาติในช่วงกลางวันที่ส่องมาที่เซนเซอร์แสง เช่น แสงจากดวงอาทิตย์ เป็นต้น ในขณะที่ช่วงกลางคืนจะไม่มีแสงธรรมชาติมากระทบ

ค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดเก่ามีค่าน้อยกว่าค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดใหม่ เนื่องจากการลดลงของประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดไฟที่มาการใช้งานไปแล้ว แต่กำลังไฟฟ้ายังมีอัตราการใช้พลังงานใกล้เคียงหรือเท่าเดิม ถึงแม้ว่าหลอดไฟมีการใช้งานไปเป็นเวลาหนึ่งแล้ว จึงกล่าวได้ว่าเมื่อหลอดไฟใช้งานไปเป็นเวลาหนึ่ง ประสิทธิภาพของหลอดไฟลดลงโดยแปรผันตามประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดไฟ นอกจากนี้ค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดไฟทุกยี่ห้อที่ทดลองใยช่วงกลางวันมีค่าสูงกว่าในช่วงกลางคืน เนื่องจากผลกระทบของแสงธรรมชาติ

4.3 การปรับปรุงสภาวะการใช้งานเพิ่มเติม

สภาวะการใช้งานของเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟโดยมีสภาวะการทำงานอยู่ 3 สภาวะได้แก่ สภาวะวัดค่าเริ่มต้น สภาวะตรวจวัดการทำงานปกติ และสภาวะการปิดใช้หลอดไฟ

4.3.1 สภาวะวัดค่าเริ่มต้น (Initial Mode)

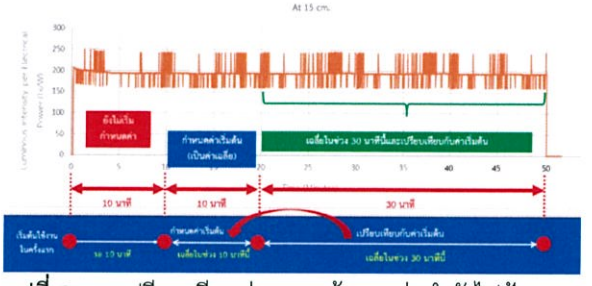


รูปที่ 8 การกำหนดค่าเริ่มต้นการใช้งานของหลอดไฟในสภาวะวัดค่าเริ่มต้น (Initial Mode)

การกำหนดประสิทธิภาพเริ่มต้นของหลอดไฟในการใช้งานแรกทำการกำหนดเมื่อหลอดไฟมีการเปิดใช้งานอย่างต่อเนื่องไปแล้ว 10 นาที โดยค่าเริ่มต้นของหลอดไฟในการใช้งานครั้งแรกใช้ค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา 10 นาทีแรกหลังจากหลอดไฟผ่านการใช้งานครั้งแรกไปแล้ว 10 นาที

4.3.2 สภาวะตรวจวัดการทำงานปกติ (Normal Mode)

สภาวะตรวจวัดการทำงานปกติทำงานเมื่อหลอดไฟมีค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าอยู่ในช่วง 20% - 70% ของค่าเริ่มต้นการใช้งานทำการแจ้งเตือนผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสงสีแดงเพื่อแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบถึงการเสื่อมประสิทธิภาพของหลอดไฟ



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้าทุก ๆ 30 นาที ในสภาวะตรวจวัดการทำงานปกติ (Normal Mode)

4.3.3 สภาวะการปิดใช้หลอดไฟ (Sleep Mode)

สภาวะการปิดใช้หลอดไฟเป็นสภาวะที่หลอดไฟไม่มีการใช้งาน ดังนั้นเซนเซอร์จึงวัดค่าได้ต่ำกว่า 70 % ของค่าเริ่มต้นใช้งาน ซึ่งได้แสดงถึงการเสื่อมประสิทธิภาพของหลอดไฟ จึงได้กำหนดช่วงค่าความเข้มแสงต่อกำลังไฟฟ้า 0% - 20% ให้เป็นค่าสำหรับสภาวะปิดใช้หลอดไฟ และไม่แจ้งเตือนถึงการเสื่อมประสิทธิภาพของหลอดไฟ

รูปที่ 10 การทำงานในสภาวะการปิดใช้หลอดไฟ (Sleep Mode)

ชุดเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟเป็นชุดเซนเซอร์ที่ประกอบไปด้วยเซนเซอร์ทางไฟฟ้าและเซนเซอร์แสง มีระยะการติดตั้งของเซนเซอร์แสงที่เหมาะสมที่สุดคือ 15 เซนติเมตรห่างจากตัวหลอดและมีตำแหน่งของเซนเซอร์อยู่ที่ C=0° (Horizon) และ $\gamma = 0^{o}$ (Vertical) ตามระบบพิกัดมุมของชุดหลอดไฟ โดยมีสภาวะการทำงานที่แตกต่างกัน 3 สภาวะ ได้แก่ สภาวะวัดค่าเริ่มต้น (Initial Mode) สภาวะตรวจวัดการทำงานปกติ (Normal Mode) และสภาวะการปิดใช้หลอดไฟ (Sleep Mode) นอกจากนี้การใช้ชุดเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งเกิดจากแสงธรรมชาติที่เป็นปัจจัยภายนอก

5. สรุป

การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงมีประโยชน์ในการตรวจสอบว่าหลอดไฟฟ้าที่ใช้นั้นมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการใช้งานในพื้นที่ใช้งานหรือไม่ ซึ่งจากการทดลองเซนเซอร์ตรวจสอบประสิทธิภาพแสงสามารถตรวจสอบและแจ้งเตือนถึงการเสื่อมประสิทธิภาพของหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดหลอด 8 หุนได้ โดยมีสภาวะการทำงาน 3 สภาวะ ได้แก่ สภาวะวัดค่าเริ่มต้น สภาวะตรวจวัดการทำงานปกติ และสภาวะการปิดใช้หลอดไฟ ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) **"กฎหมายอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงานและอาคารควบคุม,** " 2005 ,พิมพ์ครั้งที่2, กรุงเทพมหานครฯ, กระทรวงพลังงาน, อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ, หน้า 6-7 .

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) **"การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร,** " 2005, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานครฯ, กระทรวงพลังงาน , อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ หน้า 7 .

[3] R. Fatchurrahman, H. Putra, I. Joyokusumo, M. H. Habib, I. Imawati and S. P. Hadi, " **Light sensor selection of Wi-MoLS (wireless modern light sensor) based on analytic hierarchy process (AHP) ,** " *2016 2nd International Conference of Industrial, Mechanical, Electrical, and Chemical Engineering (ICIMECE)*, Yogyakarta, 2016, pp. 152-155.

ประวัติผู้เขียน

นายเจติวรรษ วงศ์ธรรม

เกิดวันที่ 10 สิงหาคม 2538

ที่อยู่ 309/33 ถ.ทุ่งศรีเมือง ต.กาฬสินธุ์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ 46000

โทรศัพท์ 096-803-4040 Email : Chetiwat.best@gmail.com

นายฏฐพงศ์ สุบิน

เกิดวันที่ 11 ธันวาคม 2538

ที่อยู่ 136 ถ.ระพีพัฒน์ฝั่งขวา ต.หนองแค อ.หนองแค จ.สระบุรี 18140

โทรศัพท์ 096-794-9630 Email : tathapong@gmail.com

นางสาวฐิติพร แสงดาว

เกิดวันที่ 11 สิงหาคม 2539

ที่อยู่ 102 ซอยลาดกระบัง52 เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

โทรศัพท์ 062-436-3555 Email : thitipron@outlook.com

นายณภัทร พรรณวรรณ

เกิดวันที่ 23 ตุลาคม 2538

ที่อยู่ 415/1 ถนน จิระ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.บุรีรัมย์

โทรศัพท์ 090-987-3344 Email : armsocos13@hotmail.com