การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่สาธารณะ กรณีศึกษาเทศบาลเมืองมหาสารคาม

วิทยานิพนธ์

ของ

สมบูรณ์ รัตนพลแสน

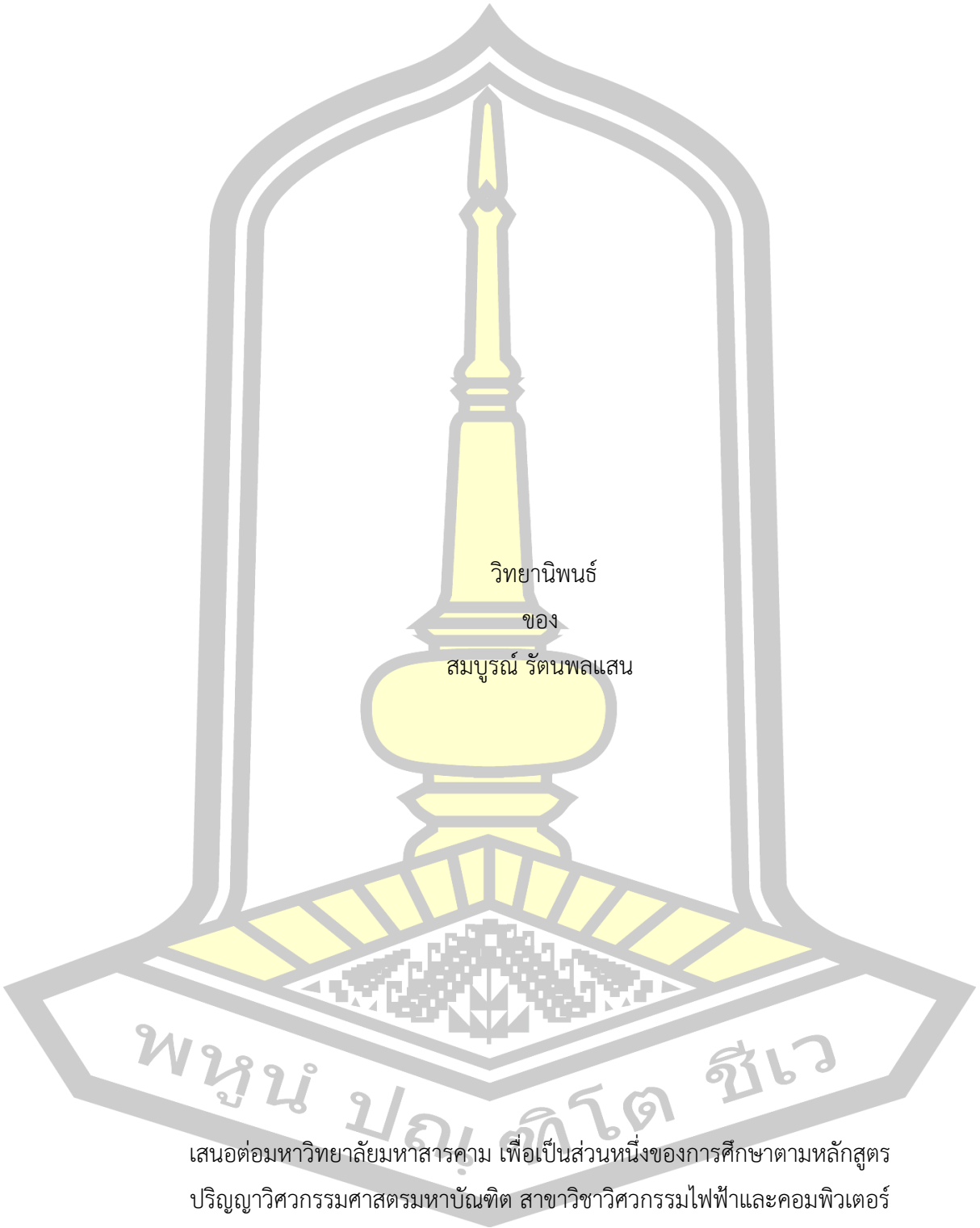
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

สิงหาคม 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่สาธารณะ กรณีศึกษาเทศบาลเมืองมหาสารคาม



วิทยานิพนธ์

ของ

สมบูรณ์ รัตนพลแสน

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

สิงหาคม 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Electric Energy Consumption Reduction in Public Area Case Study of Mueang Mahasarakham

Somboon Ruttanaponsan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Engineering (Electrical and Computer Engineering)

August 2021

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายสมบูรณ์ รัตนพลแสน แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รศ. ดร. อนันต์ เครือทรัพย์ถาวร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. ณัฐวุฒิ สุวรรณทา)

.....กรรมการ
(รศ. ดร. ชลธี โพธิ์ทอง)

.....กรรมการ
(รศ. ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่สาธารณะ กรณีศึกษาเทศบาลเมืองมหาสารคาม
ผู้วิจัย สมบูรณ์ รัตนพลแสน
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐวุฒิ สุวรรณทา
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างในพื้นที่สาธารณะ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ยกกรณีศึกษาในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองมหาสารคาม โดยมีการศึกษาผลจากการปรับเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าชนิดไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode, LED) แทนที่หลอดไฟฟ้าชนิดก๊าซคายประจุ ได้แก่ หลอดโซเดียมความดันสูง (High pressure sodium) ศึกษาการลดปริมาณการผลิตก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ในการดำเนินกิจกรรมทั้งหมด ซึ่งจากผลการศึกษาโดยการเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังปรับเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าโซเดียมความดันสูงจำนวน 874 หลอด พบว่า สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 90 % ลดค่าการผลิตก๊าซเรือนกระจกได้ 958 ตันต่อปี และมีจุดคุ้มทุน 1.38 ปี

คำสำคัญ : การลดใช้พลังงานไฟฟ้า, วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ, โคมไฟ HPS, โคมไฟ LED

TITLE Electric Energy Consumption Reduction in Public Area Case Study of Mueang Mahasarakham

AUTHOR Somboon Ruttanaponsan

ADVISORS Assistant Professor Nattawoot Suwannata , Ph.D.

DEGREE Master of Engineering **MAJOR** Electrical and Computer Engineering

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2021

ABSTRACT

The aim of this research is to study an electric energy consumption reduction of the electrical lighting systems in the public areas. The case study of this research is in the area of Mueang Maha Sarakham. The scopes of this research are to study the electrical energy usage reduction caused by replacing the gas discharged lamp such as high-pressure sodium lamp and fluorescent lamp with a ligh-emitting diode (LED) lamp, to study the reduction of greenhouse gas production, and study the economic value of all events. From the results of the study, by comparing before and after the replacing of 874 high-pressure sodium lamps, it has been found that it can reduce electricity by 958 tCO_2/year and have a breakeven point 1.38 years.

Keyword : Decreasing to Use the Electric, Analysis the Manner Compares with, lamp HPS, lamp LED

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ได้ เพราะได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐวุฒิ สุวรรณทา คอยช่วยเหลือผลักดันและสนับสนุนให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอบคุณอาจารย์ประธานและคณะกรรมการวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้ความรู้ แนวทางในการศึกษาวิจัยดีขึ้น

ขอขอบคุณห้องทดลองทางไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ดและห้องทดลองทางไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม ที่อนุเคราะห์การทดสอบชนิดหลอดไฟฟ้าต่าง ๆ

ขอขอบคุณสำนักงานองค์การก๊าซเรือนกระจกแห่งประเทศไทย (TVER) Thailand Voluntary Emission Reduction (อบก) ที่สนับสนุนการทดสอบต่างๆและช่วยลงพื้นที่การตรวจวัด ค่าการประหยัดพลังงานพร้อมที่ปรึกษาจากมหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ และหน่วยงานสนับสนุนงบประมาณการลดก๊าซเรือนกระจกได้เพื่อประหยัดพลังงานจากประเทศเยอรมัน

และขอขอบคุณผู้มีอุปการะคุณทุกๆ ท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สมบูรณ์ รัตนพลแสน

พหูน ปณฺ ฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพประกอบ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ภูมิหลัง 1

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย 4

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ปริทัศน์เอกสารข้อมูล 5

2.1 ชุดประกอบหลอดไฟฟ้าโซเดียม HPS ขนาด 250 W 9

2.2 หลอดไฟฟ้า LED 11

2.3 หลักการวัดค่าแสงสว่าง 15

2.4 หลักเกณฑ์การให้แสงสว่างไฟถนนเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม 21

2.5 แนวทางการประหยัดพลังงานไฟถนน 23

2.6 เทคโนโลยีที่เหมาะสมและยอมรับได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 24

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 28

3.1 วางแผนผังการดำเนินการติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่างสาธารณะ 28

3.2 การดำเนินการติดตั้งโคมไฟถนนและเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า 29

3.3 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก 30
3.4 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก 31
3.5 การวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงาน 33
3.6 ผลการดำเนินการและประหยัดงบประมาณประจำปี 34
บทที่ 4 ผลการทดลอง 35
4.1 การดำเนินการทดลอง 35
4.2 การทดลองทางไฟฟ้า 37
4.3 ผลการทดลองทางค่าการส่องสว่าง 38
4.3.1 คุณลักษณะทางไฟฟ้า 38
4.3.2 คุณลักษณะทางสี 38
4.3.4 เงื่อนไขการทดสอบ 38
4.3.5 เครื่องมือทดสอบ 39
4.3.6 ผลการทดสอบ 40
บทที่ 5 วิเคราะห์ผลทดลองและการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก 47
5.1 ปริมาณค่าพลังงานไฟฟ้าสาธารณะก่อนและหลังดำเนินการ 47
5.2 การลดปริมาณก๊าซคาร์บอน CO_2 ในอากาศ 50
5.2.1 วิธการคำนวณ 50
5.2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ 50
5.2.3 การเปิด/ปิด สำหรับไฟถนนสาธารณะเทศบาลเมืองมหาสารคาม 51
5.2.4 ผลสำรวจไฟถนนสาธารณะที่ใช้ในการทดสอบในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม 52
5.2.5 ผลคำนวณปริมาณที่ลดได้จากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 53
5.3 ระบบไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า และอุปกรณ์ควบคุมไฟถนน 53
5.3.1 การติดตั้งทางไฟฟ้า 54
5.3.2 หม้อแปลงไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Transformer) 58

5.3.3 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 61
5.3.4 การทดสอบหาการสูญเสียในแกนเหล็ก 61
5.3.5 การทดสอบหาการสูญเสียในลวดทองแดง 65
5.4 วิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน 70
5.4.1 การแสดงขั้นตอนการพิจารณาโครงการเพื่อจุดคุ้มทุน IRR 72
5.4.2 การคิดค่า (Loss) สูญเสียในหม้อปลงไฟฟ้า 84
5.4.3 แนวทางการเลือกใช้พิจารณาหม้อแปลงไฟฟ้าความสูญเสียต่ำ 85
5.4.4 สายไฟฟ้า (Cable) หรือสายตัวนำไฟฟ้า 89
5.5 สรุปผลการวิจัย 92
บรรณานุกรม 93
ภาคผนวก 95
ประวัติผู้เขียน 103

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 แสดงการเปรียบเทียบหลอด LED กับหลอดชนิดอื่นๆ 13

ตาราง 2.2 มาตรฐานความส่องสว่างของกรมทางหลวง 20

ตาราง 3.1 แสดงพารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล 32

ตาราง 3.2 เปรียบเทียบหลอด LED และหลอด HPS 33

ตาราง 4.1 แสดงค่าพิกัดกระแสไฟฟ้า ความถี่ พาวเวอร์แฟคเตอร์ 35

ตาราง 4.2 แสดงค่าลักษซ์การส่องสว่าง ค่าลูเมน ค่าอุณหภูมิสี 36

ตาราง 4.3 แสดงผลการทดสอบ คุณภาพหลอด T8 ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600 40

ตาราง 5.1 แสดงค่าการใช้หน่วยพลังงานไฟฟ้าส่องสว่าง 49

ตาราง 5.2 แสดงผลสำรวจที่ใช้ในการทดสอบหาค่าการลดก๊าซคาร์บอน (Co2) 52

ตาราง 5.3 การคำนวณหาค่าจุดคุ้มทุนการบำรุงรักษาหลอดไฟฟ้าเทศบาลเมืองมหาสารคาม 52

ตาราง 5.4 ราคาวัสดุไฟฟ้าตามท้องตลาดท้องถิ่น 70

ตาราง 5.5 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าสาธารณะสวนสุขภาพสมถวิลจำนวน 13 ต้น ประจำปี พ.ศ. 2561/2562 80

ตาราง 5.6 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าสาธารณะถนนสารคามวาปีปทุม กิ่งคู่ จำนวน 36 ต้น ประจำปี พ.ศ.2561/2562 81

ตาราง 5.7 แสดงพิกัดกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า 86

ตาราง 5.8 ข้อมูลจำเพาะของหม้อแปลงไฟฟ้าบางรายที่ใช้อ้างอิงในการคำนวณ 87

ตาราง 5.9 การคำนวณค่าการสูญเสียในสายไฟฟ้าขณะใช้งานจริงสวนสุขภาพสมถวิล จำนวน 13 ต้น กิ่งเดี่ยว 89

ตาราง 5.10 การคำนวณค่าการสูญเสียในสายไฟฟ้าขณะใช้งานจริงถนนสารคามวาปี จำนวน 36 ต้น กิ่งคู่ 90

ตาราง ก.1 ชนิดหลอดไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัย 98

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าสาธารณะเทศบาลเมืองมหาสารคาม 3
ภาพประกอบ 1.2 ค่าเปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าสาธารณะเทศบาลเมืองมหาสารคาม..... 3
ภาพประกอบ 2.1 บัลลาสต์ขนาด 250 W..... 9
ภาพประกอบ 2.2 อิคนิคเตอร์และคาปาซิเตอร์ 10
ภาพประกอบ 2.3 หลอดโซเดี่ยมขนาด 250 วัตต์..... 10
ภาพประกอบ 2.4 วงจรไฟฟ้าหลอดโซเดียมขนาด 250 W 11
ภาพประกอบ 2.5 การกระจายพลังงานทางสเปคตรัมหลอด HPS [4] 250 W 11
ภาพประกอบ 2.6 ลักษณะของหลอด LED 12
ภาพประกอบ 2.7 ประสิทธิภาพค่าส่องสว่างของหลอด LED..... 13
ภาพประกอบ 2.8 เปรียบเทียบแสดงค่ากำลังไฟฟ้าขณะทดสอบหลอดไฟฟ้าแต่ล่ะชนิด 14
ภาพประกอบ 2.9 เปรียบเทียบแสดงค่าส่องสว่างขณะทดสอบหลอดไฟฟ้าแต่ล่ะชนิด..... 14
ภาพประกอบ 2.10 เปรียบเทียบแสดงค่าอุณหภูมิขณะทดสอบหลอดไฟฟ้าแต่ล่ะชนิด..... 15
ภาพประกอบ 2.11 เปรียบเทียบแสดงค่า PF ขณะทดสอบหลอดไฟฟ้าแต่ล่ะชนิด 15
ภาพประกอบ 2.12 อุณหภูมิสี Color Temperature..... 18
ภาพประกอบ 2.13 ตากับการมองเห็น (สี)..... 19
ภาพประกอบ 2.14 การพัฒนาการผลิตหลอดไฟฟ้าแบบ LED ในอนาคต ที่มา: เอกสารเผยแพร่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค..... 20
ภาพประกอบ 2.15 การติดตั้งไฟถนนกิ่งเดี่ยวด้านข้าง (เดียว) ภาคสนามที่ได้มาตรฐานจากกรมทางหลวง..... 22
ภาพประกอบ 2.16 การติดตั้งไฟถนนกิ่งคู่เกาะกลางถนนภาคสนามที่ได้มาตรฐานจากกรมทางหลวง 22
ภาพประกอบ 3.1 แสดงแผนผังการเปลี่ยนหลอดไฟถนนสาธารณะเทศบาลเมืองมหาสารคาม..... 28

ภาพประกอบ 3.2 แสดงตู้คอนโทรลไฟถนนสาธารณะเทศบาลเมืองมหาสารคาม 29

ภาพประกอบ 3.3 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก 30

ภาพประกอบ 3.5 กราฟแสดงตัวอย่างการประหยัดพลังงานไฟฟ้าตามชนิดหลอด..... 32

ภาพประกอบ 3.7 ชุดหลอดไฟถนนแบบ LED ขนาด 120 W..... 32

ภาพประกอบ 3.8 ชุดหลอดไฟถนนแบบไฮเพรสเซอร์โซเดียม ขนาด 250 W..... 33

ภาพประกอบ 4.1 บล็อกไดอะแกรมที่วัดค่าต่างๆทางไฟฟ้า..... 37

ภาพประกอบ 4.2 การกระจายของแสงหลอด (T8) LED 18 W ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและ
อิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600..... 38

ภาพประกอบ 4.3 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวัด คุณภาพหลอด T8 ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและ
อิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600..... 39

ภาพประกอบ 4.4 สเปคตรัมพลังงานและความยาวคลื่นที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600..... 41

ภาพประกอบ 4.5 แสดงสเปคตรัมพลังงานและความยาวคลื่นที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600..... 41

ภาพประกอบ 4.6 สเปคตรัมพลังงานและความยาวคลื่นที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600..... 42

ภาพประกอบ 4.7 มุมกระจายแสงที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน
E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600..... 42

ภาพประกอบ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยการส่องสว่างที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน
E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600..... 43

ภาพประกอบ 4.9 แสดงระดับการส่องสว่างที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน
E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600..... 43

ภาพประกอบ 4.10 แสดงไดอะแกรมค่าส่องสว่างที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หมายเลข
รายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600..... 44

ภาพประกอบ 4.11 แสดง 3 มิติการส่องสว่างที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน
E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600..... 44

ภาพประกอบ 4.12 แสดงระดับมุมตกกระทบการส่องสว่างที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600 45

ภาพประกอบ 4.13 แสดงระดับมุมตกกระทบการส่องสว่างที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600 45

ภาพประกอบ 4.14 แสดงหลอดไฟฟ้า T8 ขนาด 18 W ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600 46

ภาพประกอบ 5.1 แผนผังจุดติดตั้งหลอดไฟถนนสาธารณะในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม 48

ภาพประกอบ 5.2 แสดงค่าไฟฟ้าประจำปี 2555 – 2563 48

ภาพประกอบ 5.3 สายไฟฟ้ามาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น 54

ภาพประกอบ 5.4 สายไฟฟ้ามาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น 55

ภาพประกอบ 5.5 ขนาดสายไฟฟ้าที่ใช้ไฟถนนมาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะกรมส่งเสริม การปกครองท้องถิ่น 55

ภาพประกอบ 5.6 การติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบไฟถนนเทศบาลเมืองมหาสารคาม มาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะ กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น 56

ภาพประกอบ 5.7 ลักษณะแรงดันไฟฟ้าในระบบไฟถนนเทศบาลเมืองมหาสารคาม มาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะ กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น 56

ภาพประกอบ 5.8 การต่อลงดินหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบไฟถนนเทศบาลเมืองมหาสารคาม มาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะ กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น 57

ภาพประกอบ 5.9 การต่อลงดินหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบไฟถนนเทศบาลเมืองมหาสารคาม มาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะ กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น 57

ภาพประกอบ 5.10 หม้อแปลงไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง 58

ภาพประกอบ 5.11 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบง่าย 59

ภาพประกอบ 5.12 เส้นแรงแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงเป็นรูปไซน์ 59

ภาพประกอบ 5.13 แสดงกระแสไหลวนในแกนเหล็ก 62

ภาพประกอบ 5.14 การต่อวงจรเปิดเพื่อหาค่าสูญเสียในแกนเหล็กโดยทดสอบด้านแรงดันต่ำ 63

ภาพประกอบ 5.15 วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าทดสอบขณะไม่มีโหลด 64

ภาพประกอบ 5.16 การทดสอบเพื่อหาค่าสูญเสียในลวดทองแดงด้วยการต่อลัดวงจร 66

ภาพประกอบ 5.17 วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าทดสอบแบบลัดวงจรคิดทางด้านขดลวดปฐมภูมิ 67

ภาพประกอบ 5.18 ขั้นตอนการพิจารณาโครงการเพื่อจุดคุ้มทุนของโครงการ 72

ภาพประกอบ 5.19 การเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าสาธารณะสวนสุขภาพสมถวิล ปี พ.ศ. 2561/2562 81

ภาพประกอบ 5.20 แสดงการเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าสาธารณะถนนสารคามวาปี ปี พ.ศ. 2561/2562 82

ภาพประกอบ 5.21 ผังบริเวณการติดตั้งระบบไฟฟ้าสาธารณะถนนสารคามวาปี จำนวน 36 ต้น 83

ภาพประกอบ 5.22 ผังบริเวณการติดตั้งระบบไฟฟ้าสาธารณะถนนสารคามวาปี จำนวน 36 ต้น 84

ภาพประกอบ 5.23 แสดงการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า 85

ภาพประกอบ ก.1 แสดงค่าประสิทธิผลส่องสว่าง 98

ภาพประกอบ ก.2 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าแต่ละชนิดหลอด 99

ภาพประกอบ ก.3 แสดงค่าลักซ์การส่องสว่าง 99

ภาพประกอบ ก.4 แสดงค่า PF (Power Factor) 100

ภาพประกอบ ก.5 แสดงค่าอุณหภูมิแต่ล่ะชนิดหลอด 100

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ภูมิหลัง

ในปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานของการดำรงชีวิต ทั้งของประเทศไทยและของโลกเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้แหล่งวัตถุดิบทางธรรมชาติที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า อาทิเช่น น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งการผลิตไฟฟ้าจากวัตถุดิบเหล่านั้น ก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมทั้งต่อธรรมชาติโดยตรงทั้งคนและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ต้องใช้เงินลงทุนในการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติจำนวนมหาศาล และสิ่งที่ส่งผลกระทบมากที่สุดคือมลพิษที่เกิดขึ้นมีส่วนประกอบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะโลกร้อนหลายประเทศทั่วโลกพยายามศึกษาและค้นหาพลังงานทดแทนในรูปแบบต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ และมีประสิทธิภาพดียิ่งกว่าพลังงานแบบเดิม เพื่อช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย ลดปัญหามลพิษและสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากสภาวะอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น และความต้องการใช้ที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้จะต้องมีค่าใช้จ่ายที่มากขึ้นด้วย ซึ่งไม่สอดคล้องกับงบประมาณที่ได้รับจากรัฐบาลที่มีอย่างจำกัด ส่งผลให้ทางหน่วยงานจำเป็นจะต้องสรรหางบประมาณเพิ่มเติม หรือปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการใช้ เพื่อลดอัตราค่าใช้จ่ายดังกล่าว หน่วยงานได้ตระหนักและเล็งเห็นถึงความสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและอนุรักษ์พลังงาน ที่จะช่วยให้เกิดการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า เพื่อนำไปสู่การประหยัดพลังงานอย่างยั่งยืน และให้เป็นไปตามนโยบายของรัฐบาล

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ไฟส่องสว่างสาธารณะ ไฟถนน (Street Lighting) มีความจำเป็นเพื่ออำนวยความสะดวกสบายให้กับชุมชนเมือง เช่น การบริการสาธารณะด้านขนส่งมวลชนในเวลากลางคืน การสัญจรในยามค่ำคืน การออกตรวจตราของเจ้าหน้าที่ตำรวจเพื่อดูแลความปลอดภัย ให้กับประชาชนในเวลากลางคืน ทำให้ประชาชนได้รับความปลอดภัยทั้งชีวิตและทรัพย์สิน เทศบาลเมืองมหาสารคาม จึงมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าส่องสว่างสาธารณะเพิ่มมากขึ้นจนเกินหน่วยไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคให้สามารถใช้ได้ฟรี หรือที่เรียกว่า ไฟสิทธิ์ คิดเป็น 10% ของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ปัจจุบันไฟฟ้าสาธารณะที่ใช้ประมาณ 3,300,000 kWh/เดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตอำเภอเมืองจังหวัดมหาสารคาม

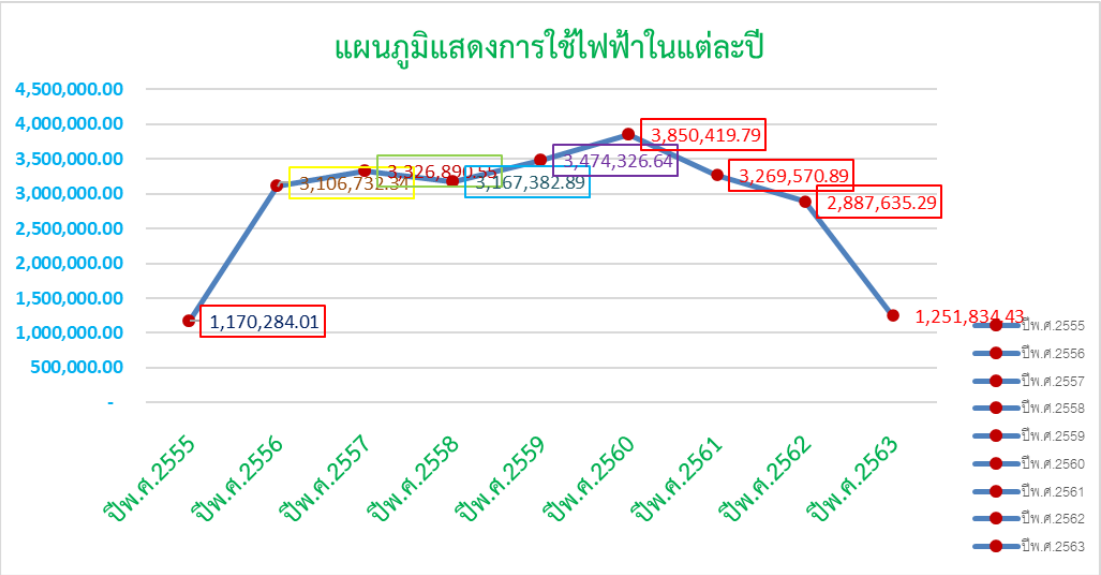
เทศบาลเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ตั้งอยู่ตอนกลางภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเขตติดต่อเชื่อมโยงหลายจังหวัด และเป็นศูนย์กลางทางการศึกษาที่มีสถาบันการศึกษาตั้งอยู่ตั้งแต่

ระดับโรงเรียน วิทยาลัยและมหาวิทยาลัย ซึ่งได้ถือว่า “ตักสิลานคร” โดยเฉพาะมหาวิทยาลัยทั้ง ๒ แห่ง ในจังหวัดมหาสารคาม ได้ทำการเปิดสอนเพิ่มเติมในวันเสาร์-อาทิตย์ ทำให้นักศึกษาจากจังหวัดใกล้เคียงเข้ามาศึกษาในเขตเทศบาลเป็นจำนวนมาก ทั้งที่พักอาศัยอยู่เป็นประจำและไป-กลับ เข้ามาทำกิจกรรมในเมือง กล่าวคือประชากร จำนวน 46,000 คน ตามทะเบียนราษฎร์และประชากรแฝงประมาณ 30,000 -50,000 คน จำนวนพื้นที่เขตเทศบาลเมืองมหาสารคามทั้งหมด คือ 24.14 ตารางกิโลเมตร ประชากรอีกจำนวนหนึ่งที่มาศึกษา หรือมาค้าขายในเขตเทศบาลฯ แบบไป-กลับ พร้อมทั้งได้มีการเจริญเติมโตขึ้นเรื่อยๆ ทางด้านโครงสร้างพื้นฐานและระบบสาธารณูปโภค ระบบไฟฟ้าส่องสว่างสาธารณะอีกทั้งมีระบบสื่อสารสนเทศต่างๆ เข้ามาทีบทบาทในชีวิตประจำวันอยู่ตลอดเวลา เมื่อมีระบบต่างๆ เข้ามามีบทบาทสำคัญที่ต้องคำนึงคือ ความปลอดภัยของประชาชนเป็นหลัก โดยการสัญจรผ่านมาไม่ว่าจะเป็นระบบการจราจร ระบบไฟฟ้าส่องสว่างสาธารณะยามค่ำคืนปัจจุบัน เทศบาลเมืองมหาสารคามได้แบ่งการปกครองออกเป็น จำนวน 3 เขตการเลือกตั้ง สมาชิกสภาเทศบาล จำนวน 18 ท่าน เขตชุมชน จำนวน ๓๐ ชุมชน โรงเรียนสังกัดเทศบาล จำนวน ๗ แห่ง ระบบสัญญาไฟจราจรทั้งหมด 10 แยกสำคัญๆ ไฟฟ้าส่องสว่างถนนสายหลัก และได้รับถ่ายโอนจากแขวงการทางมหาสารคามให้เทศบาลเมืองมหาสารคามดูแลบำรุงรักษา จำนวน 285 จุดควบคุม ไฟฟ้าส่องสว่างสาธารณะ ภายในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคามทั้งหมด 7,935 จุด ทั้งหมดล้วนใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ซึ่งถ้าเวลาใช้งานไม่กำจัดเวลายิ่งจะทำให้สิ้นเปลืองไฟฟ้าอย่างมาก

เทศบาลเมืองมหาสารคาม ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการใช้พลังงานไฟฟ้า และเพื่อลดการใช้พลังงาน จึงได้ดำเนินการโครงการประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีการเปลี่ยนโคมไฟส่องสว่างสาธารณะ(เดิม) เป็นโคมไฟฟ้าส่องสว่างสาธารณะแบบ LED ภายในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

สถิติการใช้ไฟฟ้าสาธารณะเทศบาลเมืองมหาสารคาม เริ่มจากปี พ.ศ.2555 ถึง ปี พ.ศ. 2563 นับจากเดือนที่มีการเก็บฐานข้อมูลจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมหาสารคาม เขต 2 อุบลราชธานี ดังภาพประกอบที่ 1.1 สถิติการใช้ไฟฟ้าสาธารณะประจำปี 2555 – 2563

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 1.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าสาธารณะเทศบาลเมืองมหาสารคาม

ภาพประกอบ 1.2 ค่าเปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าสาธารณะเทศบาลเมืองมหาสารคาม

ดังนั้น จากภาพประกอบที่ 1.1 พบว่า ปี พ.ศ. 2556 ใช้ไฟฟ้าส่องสว่างสาธารณะ เดือนพฤศจิกายน 334,581.78 kWh เดือนธันวาคม 371,986.73 kWh ปี พ.ศ.2557 เดือนสิงหาคม 367,551.44 kWh ธันวาคม 371,568.23 kWh ปี พ.ศ. 2558 เดือน ธันวาคม 372,500.85 kWh ตามลำดับ ส่วนที่เกินไปจำนวน 168,189.03 kWh/ปี (คิดจำนวน 6 เดือนที่เกินไฟสิทธิ) คิดเป็นเงินประมาณ 756,850.64 บาท/ปี (คิดหน่วยค่าไฟฟ้า 4.50) ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงโคมไฟฟ้าโซเดียม HPS

เป็น โคมไฟแบบ LED ก็จะสามารถลดพลังงานไฟฟ้าส่องสว่างสาธารณะลงได้เทศบาลเมืองมหาสารคามได้พยายามหามาตรการแนวทางการลดการใช้ไฟส่องสว่างสาธารณะอีกทั้งมีวิธีการประหยัดพลังงาน (Saving Energy) หลอด LED หรือย่อมาจาก Light Emitting Diode แปลตรงว่าไดโอดเปล่งแสงถูกพัฒนาขึ้นโดย นิกโฮโลยัก จูเนียร์ วิศวกรรมชาวอเมริกัน แห่งบริษัทเจเนรัล อิเล็กทริก ในปี 2505 และได้พัฒนาเรื่อยๆ ในอุตสาหกรรม ถึงปัจจุบันช่วยประหยัดพลังงานค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเนื่องจากอายุการใช้งานหลอด LED จะยาวนานกว่าหลอดธรรมดาประมาณ 50,000 ชั่วโมง

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย

1.2.1 เพื่อลดสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า พื้นที่สาธารณะ

1.2.2 เพื่อปรับปรุงไฟถนนให้มีคุณภาพโดยการเปลี่ยนโคมไฟ HPS เป็นโคมไฟแบบ LED

1.2.3 เพื่อเป็นแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ในระบบไฟฟ้าพื้นที่สาธารณะ องค์กรปกครอง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาแนวทางการลดใช้พลังงานไฟฟ้าสาธารณะ โดย

1.3.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3.2 ศึกษาการควบคุมไฟถนนด้วยวิธีเปลี่ยนหลอดไฟถนนแบบเดิม HPS เป็น แบบ LED เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่สาธารณะเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม

1.3.3 ศึกษาเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียหลอดโซเดียม HPS และหลอด LED

1.3.4 ศึกษาประสิทธิภาพค่าความส่องสว่างของหลอดโซเดียม HPS และหลอด LED

1.3.5 ศึกษาระยะเวลาคืนทุนด้านเศรษฐศาสตร์ และคำนวณค่าการลดก๊าซเรือนกระจก CO_2 ลดภาวะโลกร้อนในภาพรวมทั้งหมด เขียนวิทยานิพนธ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าส่องสว่างสาธารณะ

1.4.2 ประชาชนได้รับความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน

1.4.3 ประชาชนสัญจรไป – มาสะดวกในยามค่ำคืน

1.4.5 เป็นชุมชนห่างไกลยาเสพติด

บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

ในปี ค.ศ. 1879 Joseph Swan และ Thomas Edison [1] ได้ประดิษฐ์หลอดไฟขึ้นครั้งแรกขนาด 60 วัตต์ อายุการใช้งานประมาณ 100 ชั่วโมง ประสิทธิภาพแสง 1.4 lm/W ปัจจุบันได้มีการพัฒนาขึ้นมีอายุการใช้งานนาน 1,000 ชั่วโมง ประสิทธิภาพแสง 1.5 lm/W และมีนักวิจัยคาดว่าจะพัฒนาหลอดไส้ได้จนถึง 80 lm/W ในอนาคต

ในปี ค.ศ. 1901 Peter Cooper Hewitt [2] ได้จดทะเบียนหลอด Low Pressure Mercury Vapor เป็นต้นแบบของหลอด Fluorescent และได้พัฒนามาเรื่อยๆจนได้ระดับที่ 25 ถึง 111 lm/W และคาดว่านักวิจัยจะพัฒนาขึ้นเรื่อยๆจนถึงระดับที่ 200 lm/W

ในปี ค.ศ. 1932 เริ่มมีการใช้หลอด High Pressure Mercury HPM [3] และใน ค.ศ. 1961 มีการผลิตหลอด Metal Halide ค.ศ. 1964 การผลิตหลอด High Pressure Sodium HPS ตามมา ในช่วงเวลานั้น หลอด High Intensity Discharge HID เหล่านี้มีประสิทธิภาพแสงที่ระดับ 45 – 150 lm/W และคาดว่าจะพัฒนาขึ้นเรื่อยอีกระดับหนึ่ง

ในปี ค.ศ. 1950 นักวิทยาศาสตร์ ชาวอังกฤษได้ทดลองสารกึ่งตัวนำ Gallium Arsenide (GaAs) สามารถเปล่งแสง Infrared และได้พัฒนาขึ้นใน [4] ปี ค.ศ. 1962 สามารถเปล่งแสงที่มองเห็นได้ต่อมาได้มีการพัฒนาจนเป็น สี แสง ต่างๆ มาจนถึงปัจจุบันนี้ LED มีความเข้มแสงสว่างสูงใช้ในทางการค้า ประสิทธิภาพแสงสีขาวที่เป็นธรรมชาติที่ ระดับ 132 lm/W และจะพัฒนาไปตามแผนของ Department Of Energy (DOE) สหรัฐอเมริกาซึ่งคาดว่าจะพัฒนาได้ถึง 230 lm/W ในปี ค.ศ. 2020

ในปี ค.ศ. 1970 Dr. Chang Tang บริษัท Eastman Kodak ได้ผลิต Organic Light Emitting Diode (OLED) [5] ขึ้นมาโดยใช้สารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลักพัฒนามาจนประสิทธิภาพแสงที่ 90 lm/W และกำลังอยู่ในการพัฒนาประสิทธิภาพแสงอายุการใช้งานให้สูงยิ่งขึ้น

การกำเนิดของ LED เป็นวัตกรรมทางเทคโนโลยีชนิดเจาะผ่าน (Break Through Technology ที่มีศักยภาพสูงและมีแนวโน้มที่จะทำให้ เทคโนโลยีแสงสว่างสามัญที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันพ้นสมัยไปในไม่นานนี้

ในปี ค.ศ. 2012 พลังงานและสถาบันทรัพยากรพลังงานในอินเดีย [6] SPES หน่วยเก็บข้อมูลอย่างย่อประสิทธิภาพการใช้โคมไฟถนน ปี 2012 ได้ศึกษาเรื่องประสิทธิภาพของหลอด LED นำมาใช้เป็นไฟถนนผลจากการออกแบบที่ดีทำให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดในการใช้ถนน การใช้พลังงานคิดเป็น 8 % ของการใช้พลังงานทั่วโลกซึ่ง 20% ของไฟถนนไฟส่องสว่างสาธารณะในอินเดีย

อัตราการใช้พลังงานประมาณ 2.5 GWh การออกแบบไฟถนนที่อาศัยเทคโนโลยีใหม่มีความเป็นไปได้ที่ลดพลังงานของไฟถนนในปัจจุบัน ประมาณ 70% นอกจากนี้ยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงด้วย

ในปี ค.ศ. 2006 กรมขนส่งมินิโซตา [7] Transportation Minnesota อินเดียพึงพอใจของการมองเห็นของผู้ขับขี่และความคล่องตัวในการจราจรเวลากลางคืน นอกจากไฟส่องสว่างจากหน้ารถอีกหน้าที่หนึ่งสำหรับไฟถนนเพื่อให้คนขับสามารถเห็นผิวการจราจรและสิ่งกีดขวางได้อย่างชัดเจน คุณสมบัติไฟถนนที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีระดับค่าความสว่างที่เพียงพอ (Illuminance and Luminance) ความสม่ำเสมอของระดับแสงสว่างและความจ้าของแสงซึ่งเป็นข้อกำหนดเป็นแนวทางที่ดีในการมองเห็นเพื่อติดตั้งไฟถนนให้ได้มาตรฐาน

ในปี ค.ศ. 1944 และ ปี ค.ศ. 1970 สำนักงานมาตรฐานอินเดีย [8] ศึกษาวิธีการออกแบบความกว้าง ความยาวถนน ความสูงของเสาไฟถนน ระยะห่างของไฟถนน ความเอียงการยื่นของหลอดไฟ (outreach) เนื่องจากความกว้างของถนนเกือบจะเท่ากันกับความสูงของเสาไฟถนนการออกแบบที่ไม่ได้ประสิทธิภาพทำให้ต้องใช้เสาไฟจำนวนมากเพิ่มค่าใช้จ่ายในการติดตั้งในกรณี MG Road แต่สำนักงานมาตรฐานอินเดียกรณีศึกษานั้นถูกออกแบบเพื่อใช้หลอด LED แทนที่หลอด HPS ที่มีอยู่แล้วทำให้ไม่ต้องเคลื่อนย้ายตำแหน่งของเสาไฟจากเดิม เพราะเนื่องจากต้องการลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับเสาไฟ ถูกปรับตามค่ามาตรฐาน ค่าเฉลี่ยที่เหมาะสม

ในปี ค.ศ. 2008 Philips, “WP:LEDs: Coming Soon to a Street Light Near You”, [9] ในปี 2008 LED พลังงานสูงจะเข้ามามีบทบาทสำคัญและก้าวเข้ามามีบทบาทในการติดตั้งไฟถนนและไฟสัญญาณจราจรเพราะมีมาตรฐานแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพเรื่องความสม่ำเสมอของแสงสว่าง Uniformity และระดับการส่องสว่าง Illuminance Level และยังมีเสถียรภาพในการส่องสว่างเพื่อตอบสนองระดับความสม่ำเสมอของแสงสว่างไฟถนนที่เหมาะสม

ในปี ค.ศ. 2010 หลี่ หลิง ซู ซิน หวาง [10] “รายงานขั้นสุดท้ายการพัฒนา LED เทคโนโลยีระบบไฟส่องสว่างและอุปกรณ์โครงการ” อุตสาหกรรมสถาบันวิจัยเทคโนโลยี 2010 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ควรกำหนดขึ้นกำหนดไฟถนนค่า Lumen maintenance เพื่อให้ได้แสงสว่างที่มีคุณภาพ

ในปี ค.ศ. 2011 สภาวิศวกร Council of Engineers [11] มาตรฐานการปฏิบัติด้านประสิทธิผลทางพลังงานของโคมไฟถนน Code of Practice for Energy Efficacy of Installation Performance of Road Lighting Luminaires วัตถุประสงค์หลักของการส่องสว่างถนนเวลากลางคืนคือการช่วยให้ผู้ใช้ถนนทุกประเภท (คนขับรถ คนเดินเท้า ฯลฯ) มีความสามารถในการมองเห็นที่รวดเร็ว ถูกต้องแน่นอนและสะดวกสบาย ผู้ออกแบบต้องออกแบบให้ระบบส่องสว่างของโคมไฟถนนมีคุณภาพที่ต้องการของผู้ใช้รถใช้ถนนโดยคำนึงถึงประโยชน์ของการส่องสว่างถนน การกำหนดค่าประสิทธิผลทางพลังงานของโคมไฟถนนในมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพ และต้องคำนึงถึงการเลือกใช้

โคมไฟถนนที่มีประสิทธิภาพทางแสง การออกแบบไฟถนนในยุคปัจจุบัน นอกจากจะต้องคำนึงถึงสมรรถนะด้านความส่องสว่างแล้วยังต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพทางพลังงาน Energy Efficiency ของระบบด้วยเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

ในปี ค.ศ. 2008 ได้สรุปการสัมมนาและอภิปรายเชิงวิชาการ เรื่องโคมไฟถนน LED ณ ห้องประชุมสถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย ชั้น 19 24 May 2008 [12] อาคารนวัตกรรมศาสตร์ ศาสตราจารย์ ดร.สาโรช บัวศรี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรจน์ ประสานมิตร ความจำเป็นในการลดการใช้ทรัพยากร โดยเฉพาะพลังงานปัจจุบันมีการใช้ในส่วนของไฟแสงสว่างคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 20% ดังนั้นการลดการใช้พลังงานโดยการเลี่ยนอุปกรณ์แสงสว่างประสิทธิภาพสูง จะสามารถทำให้เกิดการประหยัดพลังงานอย่างมหาศาลสำหรับไฟถนน บ่งชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนไฟถนนเดิม เป็นไฟ LED มีโอกาสประหยัดพลังงานถึง 60 – 70% ความปลอดภัยเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรกบนท้องถนนการให้ได้ระบบแสงสว่างที่ดีเกิดความปลอดภัย ควรอ้างอิงมาตรฐานการส่องสว่างกรมทางหลวงเป็นหลักเนื่องจากเกณฑ์ต่างๆเหล่านี้เกิดจากการศึกษาและทดลองแล้วว่าทำให้เกิดสภาพการมองเห็นที่ดีบนท้องถนนเพื่อให้ได้เป็นแนวทางสำหรับภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดำเนินการประหยัดพลังงานอย่างยั่งยืนได้แก่ การจำกัดและยกเลิกการใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพต่ำ เช่น โคมไฟโซเดียม HPS และหลอดแสงจันทร์ ฯลฯ

ในปี ค.ศ. 2011 กฎระเบียบที่ควบคุมจาก LED ประหยัดพลังงาน [13] เทคนิคการสาธิตการทำงานผิดพลาดไฟถนนส่วนใหญ่จะเกิดจาก power supply จะตั้งค่าไว้ที่ 70 – 100 W (luminous efficiency) ค่าอุณหภูมิสีประมาณ 5000 K รับประกันประมาณ 5 ปี

ในปี 2012 Journalism is not a crime ประชาไท ปิติเทพ อยู่ยืนยง มหาวิทยาลัยเดอมงฟอร์ต สหราชอาณาจักร [14] การพัฒนาและติดตั้งไฟส่องสว่างสาธารณะของท้องถิ่นประเด็นความท้าทายเกี่ยวกับการพัฒนามาตรการควบคุมมลภาวะทางแสงของท้องถิ่นในอนาคต การติดตั้งไฟส่องสว่างสาธารณะที่ไม่เป็นไปตามหลักวิศวกรรมส่องสว่าง คือ หลอดไฟฟ้าหรือโคมไฟจากไฟส่องสว่างสาธารณะอาจมีการติดตั้งที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งานจริงในแต่ละพื้นที่หรืออาจมีลักษณะที่ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมซึ่งผลที่ตามมาอาจก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางแสง ดังนั้นก่อนจะทำการติดตั้งโครงการดังกล่าวจะต้องมีการออกกฎหมาย ข้อบัญญัติ เทศบัญญัติท้องถิ่นเกี่ยวกับมาตรฐานการดำเนินโครงการติดตั้งไฟส่องสว่างสาธารณะในอนาคต

โครงการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้า สำหรับโคมไฟสาธารณะ ความร่วมมือระหว่าง กฟภ. มก. EDCO. [13] สถาบันวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บริษัทเอ็นเนอร์ ดีไซน์ คอนเซ็ปท์ จำกัด การออกแบบระบบแสงสว่างไฟถนน กฟภ. ต้องรับผิดชอบภาระค่าไฟแบบไม่คิดค่าใช้จ่าย ในปี พ.ศ. 2550 รวมเป็นเงิน 3,000 ล้านบาทต่อปี หากสามารถลดการใช้พลังงานไฟถนนลงได้ 10% กฟภ. จะสามารถประหยัดเงินได้มากกว่า 80 ล้านบาทต่อปี แนวทางการ

ประหยัดพลังงานไฟถนนโดย การดับไฟ, การลดจำนวนโคม, การเปลี่ยนโคม, การปรับลดกำลังไฟฟ้าโดยการหรี่แสง, Dimmer ซึ่งจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 25 - 30%

บริษัทฟิลลิปส์อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด www.phillips.co.th กรุงเทพมหานคร [9] 10310 ระบบส่องสว่าง LED สำหรับไฟถนนเพื่อความปลอดภัยและคงทน ระบบส่องสว่างสำหรับถนนในเมืองและตามตรอกซอกซอยควรจะสว่าง เป็นธรรมชาติและดูสบายตาในขณะเดียวกันจะต้องได้มาตรฐานและความปลอดภัยทั้งในด้านกระจายแสงและแสงที่แยงตา ที่ถือเป็นพื้นฐานของระบบส่องสว่างสำหรับถนนระบบส่องสว่าง ถนนในเมืองจะมุ่งเน้นเฉพาะถนนนั้นไม่เพียงพอสำหรับถนนในเมืองในพื้นที่พักอาศัย หรือพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง เช่น สี่แยก จุดเชื่อมถนน ทางแยก จุดกลับรถ ซึ่งเป็นจุดที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ การมองเห็นที่ชัดเจนและครอบคลุมจุดพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย “มาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะ” Public Lighting Standard [15] ส่งเสริมสนับสนุนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และด้วยความร่วมมือจากสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (ว.ส.ท.) ได้จัดทำมาตรฐานการบริหารและการบริการสาธารณะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นให้เป็นแนวทางในการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล เกิดประโยชน์แลความพึงพอใจแก่ประชาชนดังคำว่า ท้องถิ่นก้าวไกล ชาวไทยเป็นสุข

จากงานวิจัยนี้ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับผิดชอบการบริการไฟฟ้าสำหรับลูกค้าใน 77 จังหวัดทั่วประเทศไทยซึ่งคิดเป็น 99% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศโดยยกเว้น กรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑล องค์กรมีหน้าที่จ่ายไฟฟรีให้กับประชาชน [16] พื้นที่ที่เป็นพื้นที่สาธารณะของ เทศบาล อบต อบจ กรมทางหลวง จากสถิติภาพรวมของประเทศ ในปี 2010 มีการใช้ไฟทั้งหมด 1475 GWh รัฐบาลและ กฟภ. ได้ตระหนักการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นสูงทุกปีๆ ของไฟฟ้าสาธารณะการตัดค่าบริการไฟฟ้าฟรีต่อพื้นที่ส่วนกลางและไฟถนนนั้นเป็นหนึ่งในหลายวิธี กฟภ.จึงตั้งเป้าหมายให้ภาครัฐลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง 10% ในภาพรวมของประเทศ ที่นับวันยิ่งมีแนวโน้มสวนทางกันกับความต้องการเพื่อให้การใช้พลังงานให้คุ้มค่าและเกิดการสูญเปล่าน้อยที่สุดจากการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมโดยการเลือก LED แทนหลอดโซเดียมขนาด 250 W ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งาน การส่องสว่าง วิเคราะห์ต้นทุน ผลคุ้มค่าของการลงทุนของหลอด LED ในการประหยัดด้านค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ถึง 60 – 70%

2.1 ชุดประกอบหลอดไฟฟ้าโซเดียม HPS ขนาด 250 W

บัลลาสต์ เป็นอุปกณ์ที่จำเป็นมีความสำคัญในวงจรแสงสว่าง ช่วยสร้างให้เกิดแรงดันเพียงพอในการจุดดิสชาร์จหลอดให้ติด ควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านวงจรขณะสตาร์ทและทำงาน และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอดให้มีค่าที่เหมาะสมดังนี้

PHILIPS BSN 250L 300I	
SON	250 Watts
Un	220 v / 50Hz
tw	130/Δt70 (EN)
I mains	3.0 A
Cos θ	0.45

ภาพประกอบ 2.1 บัลลาสต์ขนาด 250 W
ที่มา https://www.google.co.th/search?q

อิกนิเตอร์ เป็นตัวช่วยจุดหลอดเหมือนเป็นสตาร์ทเตอร์ในการจุดติดไส้หลอดคล้ายกับวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ใช้เวลาประมาณ 3- 5 นาทีทำให้หลอดติดทันทีไม่ต้องรออุ่นไส้หลอดให้ร้อน

คาปาซิเตอร์ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่เก็บพลังงานในสนามไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นระหว่างคู่ฉนวน โดยมีค่าประจุไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีชนิดของประจุตรงข้ามกันบางครั้งเรียกตัวเก็บประจุว่า คอนเดนเซอร์

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

BEC Type : XG400

220 – 240 V 50/60 HZ

Tc 105 ° C IB 4.5 A

ภาพประกอบ 2.2 อิคนิคเตอร์และคาปาซิเตอร์

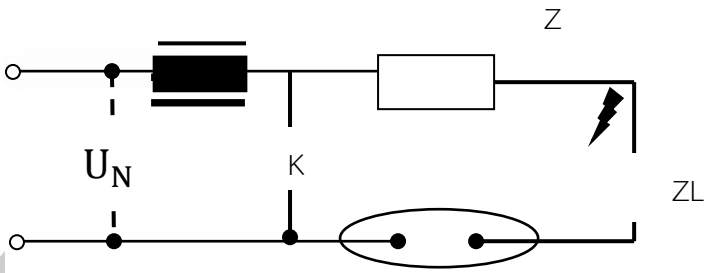
ที่มา https://www.google.co.th/search

หลอดโซเดียม HPS 250 W

ภาพประกอบ 2.3 หลอดโซเดี่ยมขนาด 250 วัตต์

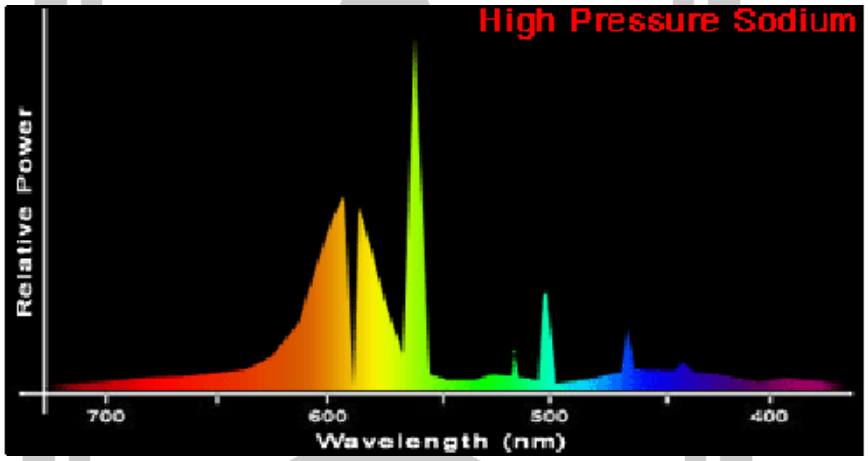
ที่มา https://www.google.co.th/search

หลักการทำงาน คือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านอินิคเตอร์และบัลลาสต์ทำให้อินิคเตอร์จุดติดไส้หลอดเร็วขึ้นบัลลาสต์ก็แปลงแรงดันไฟฟ้าให้ปกติก่อนเข้าหลอดแสงสีเหลืองออกส้ม



ภาพประกอบ 2.4 วงจรไฟฟ้าหลอดโซเดียมขนาด 250 W

ค่าการประสิทธิภาพค่าส่องสว่างหลอดโซเดียมขนาด 250 W



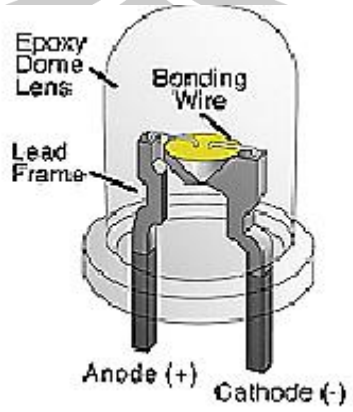
ภาพประกอบ 2.5 การกระจายพลังงานทางสเปคตรัมหลอด HPS [4] 250 W

ที่มา: http: //www.nectec.or.th/courseware/index.html

2.2 หลอดไฟฟ้า LED

หลอด LED เป็นสารกึ่งตัวนำที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะปล่อยแสงสว่าง ออกมา แสงสว่างที่เกิดขึ้นมาจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในสารกึ่งตัวนำประกอบด้วย สารกึ่งตัวนำชนิด N สารกึ่งตัวนำชนิด P ประกบเข้าด้วยกันมีผิวข้างหนึ่งคล้ายกระจกเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัว LED โดยจ่ายบวกเข้ากับแอโนด (A) จ่ายไฟลบเข้ากับ (K) แคโทด ทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อชนิด N ไปรวมกันกับโฮลในสารชนิด P การเคลื่อนที่

อิเล็กตรอนที่ผ่านรอยต่อ P - N เกิดกระแสไหล เป็นผลระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปและคลายพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสง



ภาพประกอบ 2.6 ลักษณะของหลอด LED
ที่มา: http//PEA.google.co.th

2.2.1 ข้อดีของหลอด LED

2.2.1.1 อายุการใช้งานยาวนาน หลอด LED มีอายุการใช้งานหลอดที่ 100,000 ชั่วโมง หรือ 11 ปีเมื่อเทียบกับหลอดไส้ทั่วๆไป ซึ่งจะมีอายุการใช้งานที่ราวๆ 1,000 ชั่วโมง

2.2.1.2 สีจัดจ้าน หลอด LED ให้สีจัดจ้านมากกว่าหลอดไส้

2.2.1.3 มีความทนทานสูงเพราะหลอด LED เป็นอุปกรณ์ Solid State ซึ่งไม่มีชิ้นส่วนใดเคลื่อนไหว

2.2.1.4 หลอด LED ไม่มีส่วนประกอบของสารปรอท เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

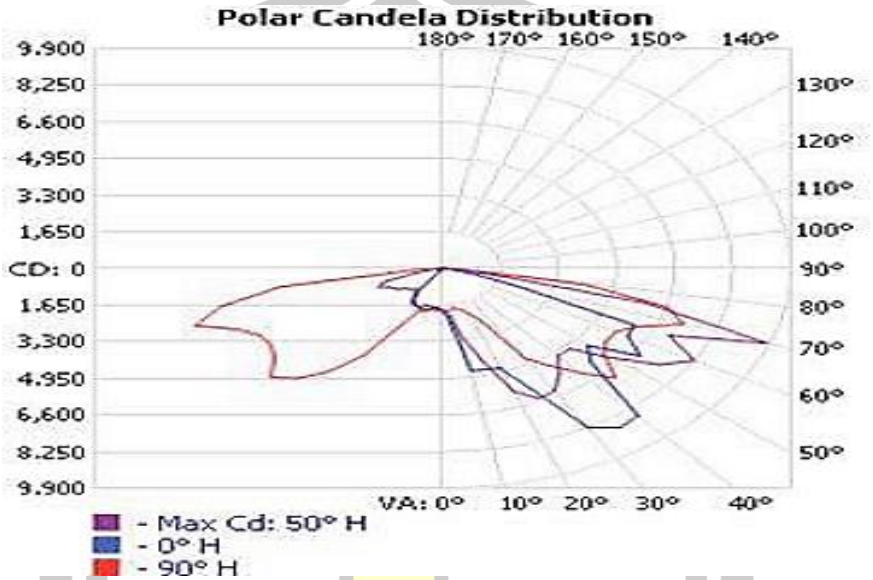
2.2.1.5 หลอด LED สามารถจุดติดได้เร็ว เปิดหลอดติดทันที

2.2.1.6 ประหยัดพลังงานมากถึง 80 – 90%

2.2.1.7 ไม่มีแสง UV

2.2.1.8 หลอดไฟ LED ปล่อยความร้อนน้อยลงกว่าหลอดไฟแบบเดิม ปัจจุบันได้มีการนำหลอด LED มาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เช่น ในเครื่องคิดเลข เครื่องพิมพ์ ไฟสัญญาณจราจร ไฟท้ายรถยนต์ ป้ายสัญญาณ ป้ายโฆษณา ไฟฉาย จอวีดีทัศน์ขนาดใหญ่ (Bill – Board , Score – board) โคม Downlight และหลอดไฟประดับตกแต่งภายใน ค่าประสิทธิภาพการส่อง

สว่างที่แม่นยำของหลอด LED [4] สำหรับการกระจายแสงสว่างที่สม่ำเสมอในขณะที่มีการลดมลภาวะทางแสงควบคู่ด้วย



ภาพประกอบ 2.7 ประสิทธิภาพค่าส่องสว่างของหลอด LED

2.2.2 การเปรียบเทียบหลอด LED กับหลอดชนิดอื่นๆ

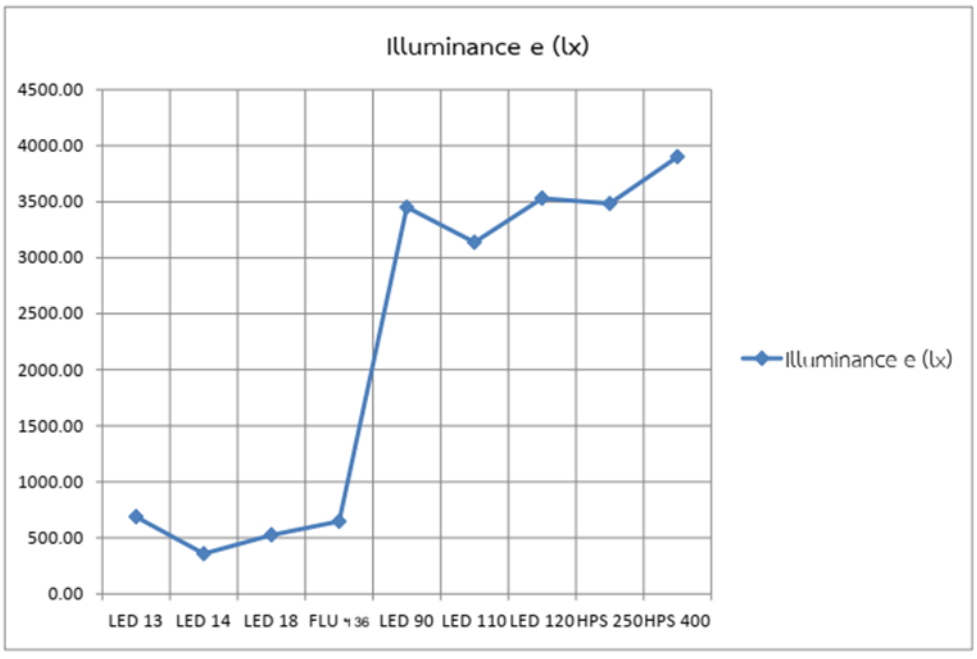
ตาราง 2.1 แสดงการเปรียบเทียบหลอด LED กับหลอดชนิดอื่นๆ

ชนิดของหลอดไฟ	ประสิทธิภาพเฉลี่ย (avg efficacy lm/w)	CRI เฉลี่ย (%)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (ช.ม.)
หลอด LED	90	90	60,000
หลอดไส้ Halogen	55	100	2,500
Flourescent	80	85	18,000
Mercury	65	45	22,000
Metalhalide	100	60	9,000
Hi-pressure sodium	130	90	20,000
Lo-pressure soduim	190	0	18,000

การทดสอบหลอดไฟฟ้าสาธารณะที่ใช้ในระบบไฟฟ้าสาธารณะเทศบาลเมืองมหาสาคาม

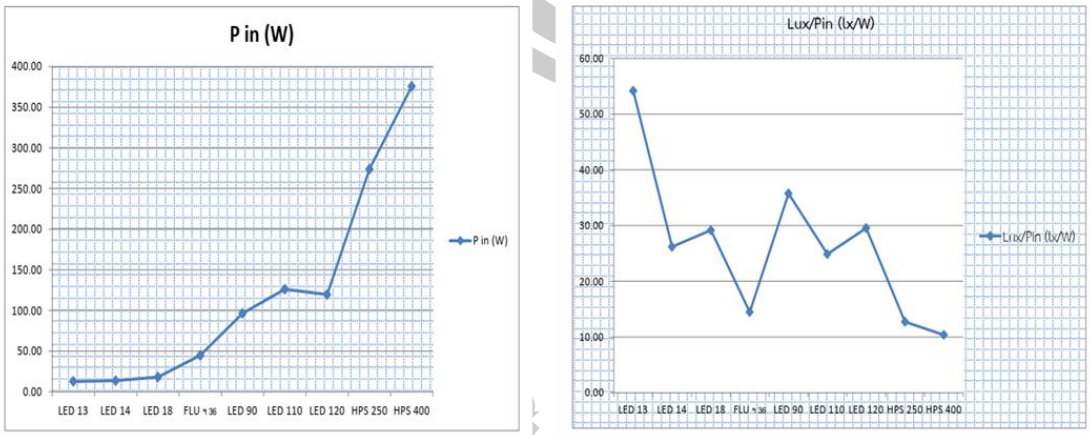
order	Type of lamp	Illuminance e (lx)	P in (W)	Lux/Pin (lx/W)	PF	Temp	หมายเหตุ
1	LED 13	687.00	12.68	54.18	0.65	30.30	ปิงปอง
2	LED 14	357.80	13.66	26.19	0.63	77.00	เกลียว
3	LED 18	525.00	18.00	29.17	0.63	32.50	ยาว T8
4	FLU ฯ 36	647.00	44.71	14.47	0.52	39.00	แกนเหล็ก
5	LED 90	3450.00	96.48	35.76	1.00	48.00	wram
6	LED 110	3137.00	126.10	24.88	0.99	39.00	DAYLIGHT
7	LED 120	3530.00	119.50	29.54	0.97	51.40	wram
8	HPS 250	3483.00	273.83	12.72	0.57	108.00	wram
9	HPS 400	3901.00	375.71	10.38	0.56	128.00	DAYLIGHT

ภาพประกอบ 2.8 เปรียบเทียบแสดงค่ากำลังไฟฟ้าขณะทดสอบหลอดไฟฟ้าแต่ละชนิด

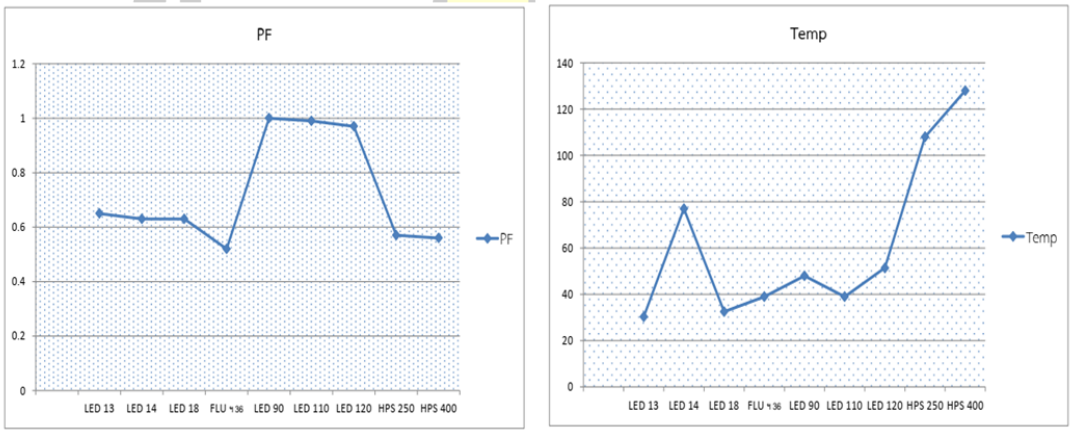


ภาพประกอบ 2.9 เปรียบเทียบแสดงค่าส่องสว่างขณะทดสอบหลอดไฟฟ้าแต่ละชนิด

รูปภาพเปรียบเทียบแสดงค่ากำลังไฟฟ้าขณะทดสอบหลอดไฟฟ้าแต่ละชนิด



ภาพประกอบ 2.10 เปรียบเทียบแสดงค่าอุณหภูมิขณะทดสอบหลอดไฟฟ้าแต่ละชนิด



ภาพประกอบ 2.11 เปรียบเทียบแสดงค่า PF ขณะทดสอบหลอดไฟฟ้าแต่ละชนิด

2.3 หลักการวัดค่าแสงสว่าง

ฟลั๊กซ์การส่องสว่าง หมายถึง (Luminous Flux: Ø หรือ F) ปริมาณแสงทั้งหมดที่ส่องออกจากแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งหลอดไฟฟ้ามีหน่วยเป็นลูเมน (Lumen: lm) มีค่าเท่ากับปริมาณแสงที่ตกกระทบลงพื้นที่ต่อ 1 ตารางหน่วยห่างจากจุดกำเนิดแสง 1 แคนเดลาเป็นระยะทาง 1 หน่วย

ความเข้มการส่องสว่าง หมายถึง (Luminous Intensity: I) เป็นความเข้มการส่องสว่างที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางใดทิศทางหนึ่งหรือกำลังส่องสว่าง (Candle Power) จะแสดง

ความเข้มของแสงที่มุมต่างๆ ของดวงโคมโดยทั่วไปจะวัดเป็นจำนวนเท่าของความเข้มที่ได้จากเทียนไข 1 เล่ม มีหน่วยเป็นแคนเดลา (Candela: cd)

$$I = \frac{d\theta}{d\omega}$$

$$\theta = \int I d\omega \qquad 2.1$$

โดยจะอธิบายหลักการของมุมตัน (Solid Angle) เริ่มจากเมื่อพิจารณามุมใน 2 มิติ จะเป็นอัตราส่วนของความยาวส่วนโค้งต่อรัศมีของวงกลม ที่มุมรอบวงกลมมีขนาด 2π สำหรับทรงกลมที่สามารถนิยามได้คล้ายกัน โดยมุมตัน (ω) เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นผิวทรงกลมของมุมตันที่พิจารณา (A) ต่อกำลังของรัศมีทรงกลม (r^2)

$$\omega = \frac{A}{r^2} \qquad 2.2$$

เมื่อพิจารณามุมตันรอบทรงกลมจะได้ว่า $\omega = \frac{4\pi r^2}{r^2}$ ดังนั้นทรงกลมจึงมีค่ามุมตันเป็นค่า 4π และครึ่งทรงกลมมีค่าเป็น 2π

ความสว่าง หมายถึง (Illuminance: E) ปริมาณแสงที่ตกกระทบพื้นผิวต่อ 1 ตารางเมตร หรือทั่วไปเรียกว่าระดับความสว่าง (Lighting Level) เป็นค่าบ่งบอกพื้นที่รับแสงสว่างเพียงพอหรือไม่ มีหน่วยเป็นลูเมนต่อตารางเมตรหรือ Lux หน่วยเดิมใช้เป็นลูเมนต่อตารางฟุต (Footcandle) มีค่าเท่ากับ 10.76 ลักซ์

ความส่องสว่าง หมายถึง (Luminance: L) เป็นค่าที่บอกปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากพื้นผิวใดๆ ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งบางครั้งเรียกว่า ความจ้าแสง (Brightness) เป็นที่นิยมใช้ในการกำหนดความสว่างของไฟถนนที่ต้องการความปลอดภัยสูงสุด หากกำหนดแต่ความสว่างอาจไม่เพียงพอเพราะความสว่างวัดเฉพาะปริมาณแสงที่ตกลงพื้นถนนเท่านั้น ในขณะที่ความส่องสว่าง หรือ L จะวัดปริมาณแสงที่สะท้อนจากพื้นถนนเข้าตาผู้ขับขี่ด้วย จึงบอกได้ว่าเวลาขับรถสามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ ได้ดีเพียงใด มีหน่วยเป็น cd/m^2

$$L = \frac{I}{A_p} \qquad 2.3$$

ประสิทธิผลการส่องสว่าง หมายถึง (Light Efficacy) อัตราส่วน ฟลักซ์การส่องสว่างต่อกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็น ลูเมนต่อวัตต์ lm/W

หลักการให้แสงสว่าง หมายถึง หลักการสำคัญที่จะได้มาซึ่งระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงจะต้องทำความเข้าใจถึงพื้นที่แสงสว่างที่ใช้แสงสว่าง คือ ศึกษาชนิดของงานที่จะใช้ในพื้นที่นั้นๆ จะต้องศึกษาว่าจะต้องการระดับความสูงต่ำแสงสว่างมากน้อยเพียงใด โดยคำนึงถึงค่าสะท้อนแสงความเปรียบต่าง (Contrast) ความเคลื่อนไหวของชิ้นงานและระยะห่างจากผู้ปฏิบัติงานและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น ความสูงเพดาน ผนัง พื้น เครื่องจักรและอุปกรณ์ควรมีค่าที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดแสงแยงตาหรือดูมืดเกินไปและหลักการให้แสงสว่างที่สำคัญจะต้องคำนึงถึง 3 ประการดังต่อไปนี้

(1) เพื่อให้การทำงานดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

(2) เพื่อสร้างความปลอดภัย เช่น ไฟถนนและไฟฟ้าสาธารณะ

(3) เพื่อความสวยงามสร้างบรรยากาศที่เหมาะสม

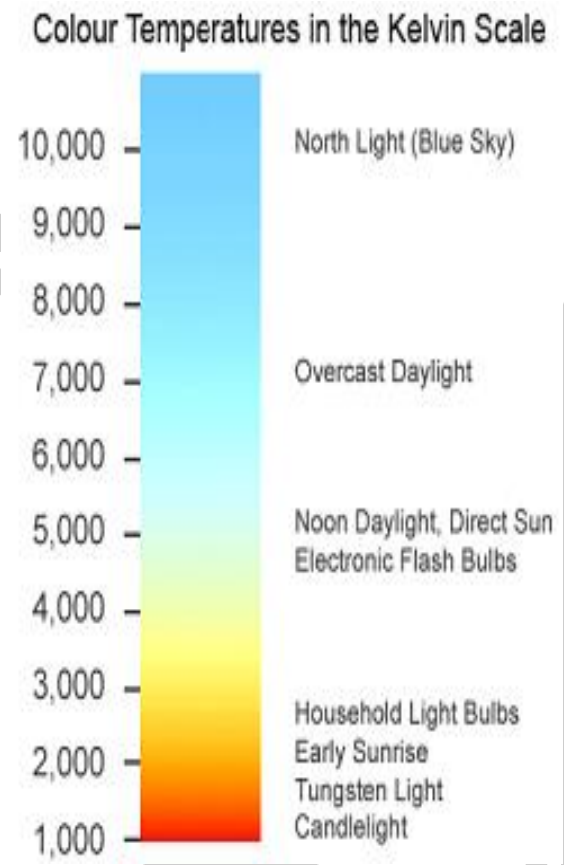
การปฏิบัติงานภายใต้แสงสว่างที่เหมาะสมไม่เพียงแต่จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้นยังทำให้เกิดความพึงพอใจในการทำงานดีขึ้นยังเป็นผลทำให้เกิดคุณภาพชีวิตผู้ปฏิบัติงานด้วย

สีของแสง ในแต่ละช่วงเวลาจะสังเกตมีสีต่างกันเช้าจะออกเหลืองช่วงเที่ยงจะขาว ช่วงเย็นจะออกสีส้มนี่คือการสังเกตด้วยตาเปล่า

อุณหภูมิสี (Color Temperature)

(1)	เทียนไข	1900	เคลวิน
(2)	หลอดทังสะเตนฮาโลเจน	2700	เคลวิน
(3)	หลอดอินแคนเดสเซนต์	2800	เคลวิน
(4)	หลอดฟลูออเรสเซนต์		
(4.1)	เดย์ไลท์ (Daylight)	6500	เคลวิน
(4.2)	คูลไวท์ (Cool White)	4500	เคลวิน
(4.3)	วร์อมไวท์ (Warm White)	3500	เคลวิน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

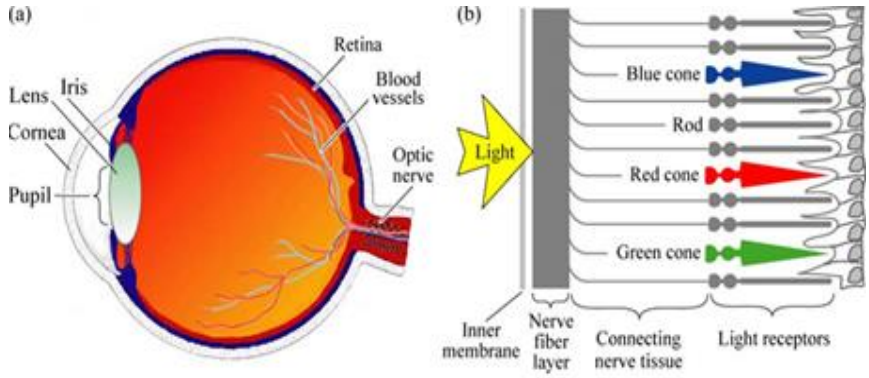


ภาพประกอบ 2.12 อุณหภูมิสี Color Temperature

2.3.1 มาตรฐานแสงสว่างไฟถนนและเทคโนโลยี LED

ตาและการมองเห็น (Light, eye & Vision) การมองเห็นวัตถุ เกิดจากแสงที่ไปตกกระทบสิ่งต่างๆ แล้วเกิดการสะท้อนกลับเข้าสู่ตาเรา และผ่านเข้ามาในลูกตาทำให้เกิดภาพบนจอตา (Retina) ที่อยู่ด้านหลังของลูกตา ข้อมูลของวัตถุที่มองเห็นจะส่งขึ้นไปสู่สมองตามเส้นประสาท และสมองจะแปลเป็นภาพของวัตถุนั้น

Retina เป็นส่วนหนึ่งของดวงตาเรา ประกอบด้วยเซลล์รับแสง 2 ชนิด เซลล์รูปกรวย (Cones) กับเซลล์รูปแท่ง (Rods) โคน จะทำหน้าที่ในการแยกรายละเอียดของสิ่งต่างๆแยกแยะสีและรับความรู้สึกทางด้านสี ของสิ่งที่เรามองเห็นได้เป็นอย่างดี โคนจะทำหน้าที่ในตอนกลางวันซึ่งมีแสงสว่างมากทำให้การมองเห็นภาพต่างๆได้ดี รอดส์ (Rods) จะช่วยในการมองเห็นภาพอย่างหยาบไม่สามารถแยกรายละเอียดและสีได้ มันจะทำหน้าที่ได้ดีในตอนกลางคืน ดังนั้นรอดส์จึงไวต่อแสงแม้เพียงเล็กน้อย



ภาพประกอบ 2.13 ตากับการมองเห็น (สี)

2.3.2 ความสัมพันธ์ของแสงและการมองเห็น ปัจจัยในการมองเห็นมี อยู่ 4 ปัจจัย

2.3.3 เวลาในการมองเห็น (Exposure Time) คือ ช่วงที่ตาได้มีโอกาสมองเห็นวัตถุที่ต้องการมองเห็นวัตถุได้ทันที ตาต้องการช่วงเวลาในการปรับกล้ามเนื้อตาให้หดหรือขยายตัว หากปริมาณแสงยิ่งน้อยตาก็ยิ่งต้องการเวลาในการมองเห็นมากขึ้นเท่านั้น

2.3.4 ขนาดรูปร่าง (Visual Size) คือ ขนาดของวัตถุ สิ่งของ ที่เราต้องการมอง หากวัตถุใดที่มีขนาดใหญ่แล้วตาของคนเราสามารถมองเห็นได้ก่อนและชัดเจนกว่า วัตถุที่มีขนาดเล็กกว่ารวมระยะทางระหว่างตากับวัตถุที่ต้องการมองเห็น

2.3.5 คอนทราสต์ (Contract) คือ ความแตกต่างในความสว่างระหว่างวัตถุชิ้นงานของตากับฉากหลังหรือสิ่งที่อยู่รอบๆ ภาพที่ตามองเห็น ถ้าคอนทราสต์มีค่าสูงการมองเห็นจะมีประสิทธิภาพดีขึ้นและเห็นได้ชัดเจนมากขึ้น

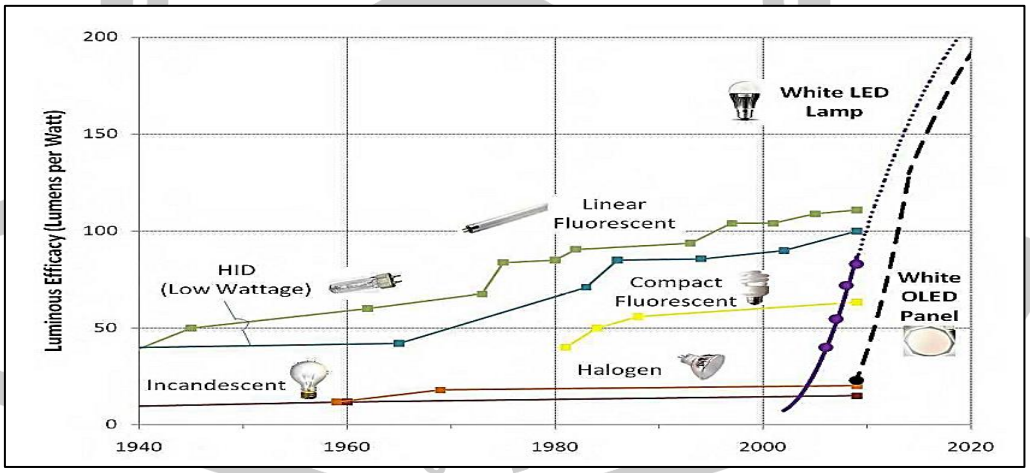
2.3.6 ความสว่าง (Luminance or Brightness) คือ ความสว่างของวัตถุที่สามารถสะท้อนแสงเข้าสู่ดวงตา ซึ่งจะทำให้การมองเห็นดีขึ้นและความสามารถในการมองเห็นจะดีขึ้นเมื่อวัตถุมีความสว่างมากขึ้น

2.3.7 มาตรฐานความส่องสว่างของกรมทางหลวง

ตาราง 2.2 มาตรฐานความส่องสว่างของกรมทางหลวง

ประเภทถนน Street Classifications	ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (ลักซ์) Average Illuminance (lux)		
	ในเมือง Central Urban Areas	ชานเมือง Sub Urban Areas	นอกเมือง Rural Urban Areas
ถนนสายประธาน High Grad Motorways	21.5	15	10.75
ทางแยก At Junction	21.5	21.5	15
ทางสายหลัก Main Routes	21.5	13	9.7
ทางสายรอง Secondary Routes	13	9.7	6.5
ถนนท้องถิ่น Local Roads	9.7	6.5	2.1

อนาคตการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับ LED ก้าวหน้าอย่างรวดเร็วและเป็นนวัตกรรมทางเทคโนโลยีเจาะผ่าน (Break Through Technology) ที่มีศักยภาพสูงและมีแนวโน้มที่จะทำให้เทคโนโลยีแสงสว่างสามัญที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันพ้นสมัยไปในไม่นานนี้



ภาพประกอบ 2.14 การพัฒนาการผลิตหลอดไฟฟ้าแบบ LED ในอนาคต ที่มา: เอกสารเผยแพร่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2.4 หลักเกณฑ์การให้แสงสว่างไฟถนนเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม

ความปลอดภัยในยามค่ำคืนเป็นสิ่งที่พอใจของการมองเห็นของผู้ขับขี่และคนเดินถนน สำหรับการพัฒนาความคล่องตัวของการจราจรในเวลากลางคืน ความสว่างที่เพียงพอนอกเหนือกว่าไฟที่หน้ารถแล้วเป็นอีกหน้าที่หนึ่งของไฟถนน เพื่อทำให้คนขับสามารถมองเห็นพื้นผิวจราจรและสิ่งกีดขวางได้อย่างชัดเจนที่ระดับความสว่าง (illuminance and luminance) ที่เพียงพอ

(1) ความสว่างเฉลี่ย (Road Luminance Lav) ความส่องสว่าง (อิลูมิแนนซ์) คือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนวัตถุต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร หรือ ลักซ์

(2) ค่าความสม่ำเสมอของแสง (Overall Uniformity) คือ ความสม่ำเสมอของแสงโดยรวมทั่วทั้งผิวถนนจะคำนวณจากค่าความส่องสว่างต่ำสุดต่อค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนน เป็นเกณฑ์ที่บ่งบอกว่าผู้ขับขี่สามารถมองเห็นทุกจุดบนผิวถนนได้ใกล้เคียงกัน

(3) ความสม่ำเสมอของแสงตามแนวยาวของถนน (Longitudinal Uniformity) คือ ค่าความสม่ำเสมอของแสงตามแนวยาวของถนน คำนวณได้จากค่าความสว่างต่ำสุดต่อค่าความส่องสว่างสูงสุดในแต่ละช่องทางการเดินรถ ซึ่งหากมีค่าความสม่ำเสมอตามแนวยาวของถนนต่ำจะทำให้เกิดความเมื่อยล้าในการมองเห็น

(4) สภาวะแสงบาดตา (Glare) ปัจจัยนี้สำคัญที่สุดที่ทำให้ประสิทธิภาพการขับขี่ยานยนต์ลดลง ซึ่งแบ่งประเภทของสภาวะ Glare เป็น 2 ประเภท ดังนี้

(4.1) ภาวะด้อยประสิทธิภาพจากแสงบาดตา (Discomfort Glare) คือ การรับรู้ของการมองเห็นที่ไม่สบายตา ซึ่งในการออกแบบต้องให้ผู้ขับขี่เกิดความสบายตาในการมอง ลดการมองเห็นวัตถุได้ยากมองเห็นวัตถุนั้นไม่ชัดเจนในเวลาสั้นๆ

(4.2) ภาวะไร้ประสิทธิภาพจากแสงบาดตา (Disabillity Glare) คือ การรับรู้ของการมองเห็นที่ไม่สามารถมองเห็นวัตถุนั้นได้โดยจะเกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางมาแบบไม่มีทิศทาง จนทะลุผ่านเสมือนทะลุผ่านเนื้อแก้ว ซึ่งจะเกิดสภาวะการมองเห็นได้น้อยหรือไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน เช่นสภาพถนนเปียกเป็นต้น

ดังนั้นสิ่งสำคัญในการทำความเข้าใจถึงข้อกำหนดต่างๆ ในการติดตั้งไฟถนนเพื่อให้ได้มาตรฐานและความสว่างที่พึงพอใจในการออกแบบและลักษณะติดตั้งโคมไฟถนนภาคสนามดังต่อไปนี้

(1) Pole Distance (a) 40 m

(2) Mounting Height (1) 9 m

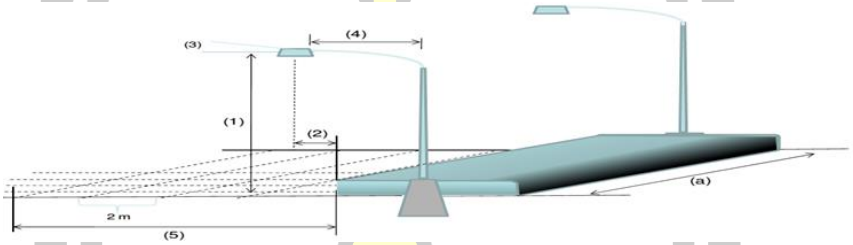
(3) Overhang (2) 0.5 m

(4) Boom Angal (3) 15°

(5) Boom Length (4) 2.5 m

(6) Width of Road (5) 8 m

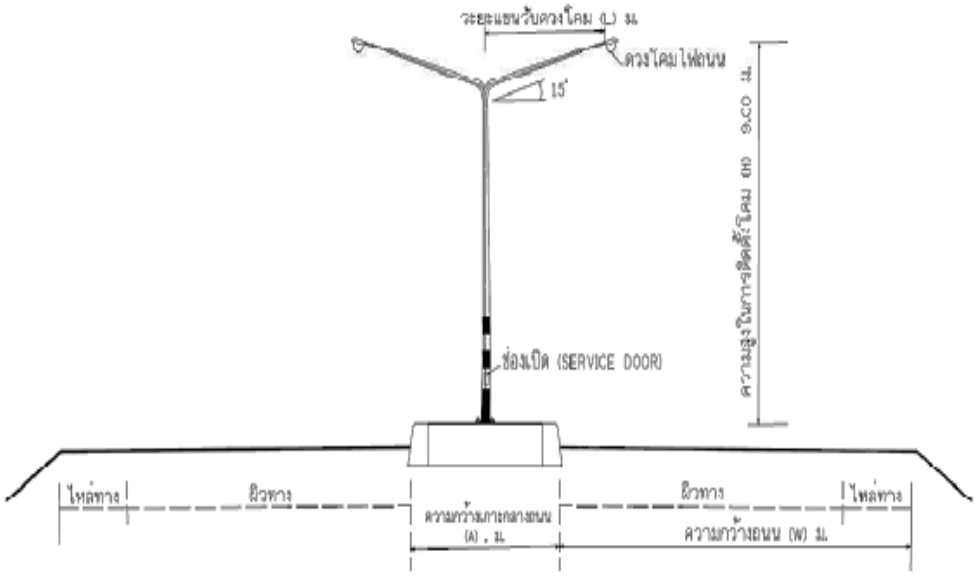
2.4.1 การติดตั้งไฟถนนแบบติดตั้งด้านเดียวของถนน



ภาพประกอบ 2.15 การติดตั้งไฟถนนกิ่งเดี่ยวด้านข้าง (เดียว) ภาคสนามที่ได้มาตรฐานจากกรมทางหลวง

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค PEA www.google.Vechagran.co.th

2.4.2 การติดตั้งไฟถนนเกาะกลางถนนแบบกิ่งคู่



ภาพประกอบ 2.16 การติดตั้งไฟถนนกิ่งคู่เกาะกลางถนนภาคสนามที่ได้มาตรฐานจากกรมทางหลวง

ที่มา: คู่มือแนะนำการออกแบบงานไฟฟ้าแสงสว่างและไฟสัญญาณจราจร สำนักความปลอดภัย กรมทางหลวงชนบท

2.5 แนวทางการประหยัดพลังงานไฟถนน

2.5.1 การดับไฟ สามารถประหยัดพลังงานได้จากการลดเวลาในการทำงาน เช่น

2.5.2 ลดระยะเวลาในการทำงาน จาก 18.00 – 07.00 น.เป็นเวลา 18.30 – 06.00 น

2.5.3 ดับดวงเว้นดวง สามารถประหยัดพลังงานได้ 50% แต่ค่าความส่องสว่างและความสม่ำเสมอของแสงไม่ได้ตามมาตรฐาน

2.5.4 การลดจำนวนโคม

2.5.5 การปรับลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้โคมไฟถนนสามารถใช้ เทคนิคการปรับลดกำลังไฟฟ้าโดยใช้ Dimmer ซึ่งประเภทของ Dimmer ตามเทคโนโลยี ได้แก่

2.5.6 การปรับลดกำลังไฟฟ้าโดยใช้วิธีลดแรงดัน (Voltage Dimmer) ได้แก่

1) ประเภทหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer Dimmer)
2) ประเภทอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power Electronic Dimmer)
3) การปรับลดกำลังไฟฟ้าโดยใช้วิธีลดกระแส (Current Dimmer) ได้แก่ ประเภทขดลวดบัลลาสต์ (Tap Impedance Ballast)
4) เปลี่ยนขนาดและชนิดหลอดของโคมไฟ

โดยทำการเปลี่ยนหลอดที่ใช้แบบเดิม ให้เป็นหลอดชนิดใหม่กินกระแสไฟฟ้าน้อยลงกว่าเดิม ด้วยการเปลี่ยนหลอดไฟ HPS ในไฟถนนทั้งหมดเป็นแบบ LED ซึ่งเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถเปล่งแสงในช่วงสเปคตรัมแคบจากกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ LED สีของ LED ที่เปล่งออกมาจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุกึ่งตัวนำที่ใช้ และเกิดความร้อนตรงรอยต่อของขั้วภายใน LED

หลอด LED เป็นเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มที่จะมีค่าความส่องสว่างมากกว่าหลอด (HID) (High Intensity Discharge Lamp) ในอนาคตอันใกล้นี้

อายุการใช้งาน (Lifetime,L70) ไม่น้อยกว่า 50,000 ชั่วโมง โดยสามารถคงความส่องสว่างไม่น้อยกว่า 70% และมีสัดส่วนการชำรุด (Failure,Fraction,F10) ไม่เกิน 10% ที่อุณหภูมิแวดล้อมไม่น้อยกว่า 35 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่สามารถเปล่งแสงในช่วงสเปคตรัมแคบ จากกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ LED สีของแสงที่เปล่งออกมานั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุกึ่งตัวนำที่ใช้ และเกิดความร้อนขึ้นที่รอยต่อของขั้วภายใน LED

หลอด LED เป็นเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มที่จะมีค่าความส่องสว่างมากกว่าหลอด HID,HPS ในอนาคตอันใกล้

จุดเด่นของโคมไฟหลอด LED

2.5.7 หลอด LED เหมาะสำหรับหลอดไฟที่ต้องการให้เปิดปิดบ่อยครั้ง เนื่องจากสามารถเปิดปิดบ่อยๆ โดยไม่มีปัญหาแต่อย่างใดและเมื่อเปิดหลอดไฟจะให้ความสว่างโดยทันทีนับว่าแตกต่างจากหลอด HPS ที่หากเปิดบ่อยครั้งจะเสียง่าย และจะใช้เวลาช่วงหนึ่งกว่าจะให้แสงสว่างออกมา

2.5.8 สามารถควบคุมคุณภาพของแสงที่เปล่งออกมาได้จึงสามารถนำไปใช้แสงสว่าง เช่น การให้แสงสว่างกับภาพเขียน เนื่องจากสามารถควบคุมแสงสว่างจาก LED ไม่ให้มีส่วนผสมของแสงที่เป็นอันตรายต่อภาพเขียน เช่น แสงอินฟาเรด และแสงอุลตร้าไวโอเลท ซึ่งส่งผลให้ไม่มีแมลงมารบกวนและไม่ทำให้แผ่นพลาสติกที่ครอบโคมไฟเหลืองกรอบ

2.5.9 อายุการใช้งาน (Lifetime,L70) ไม่น้อยกว่า 50,000 ชั่วโมง โดยสามารถคงความสว่างได้ไม่น้อยกว่า 70% และมีสัดส่วนการชำรุด (Failure Fraction,F10) ไม่เกิน 10% ที่อุณหภูมิแวดล้อมไม่น้อยกว่า 35 องศาเซลเซียส

2.6 เทคโนโลยีที่เหมาะสมและยอมรับได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

2.6.1 ความสว่างต้องผ่านมาตรฐานจากกรมทางหลวง

2.6.2 พลังงานที่ประหยัดจะต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20%

2.6.3 คุณสมบัติด้านการประหยัดพลังงาน

2.6.4 คุณสมบัติด้านเทคนิคและการจัดการ

2.6.5 ความเชื่อถือได้ (Reliability)

2.6.6 ความต้องการการบำรุงรักษา (Maintenance)

2.6.7 ความสะดวกของการเปลี่ยนอุปกรณ์ (Changing at Default Easiness)

2.6.8 ความปลอดภัยของอุปกรณ์ต่อการสูญหาย (Security)

2.6.9 ผลกระทบจความผิดพร่องของอุปกรณ์ (Adverse effect from failed unit)

2.6.10 ความจำเป็นและการตรวจวัดประเมินผล (M&V Necessity)

2.6.11 อายุการใช้งาน (Life Span)

เกณฑ์การออกแบบสมรรถนะไฟแสงสว่างถนน เป็นเรื่องสำคัญมากในการออกแบบไฟถนน ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงคุณสมบัติการสะท้อนแสงระดับของผิวถนนต่างๆเข้าไปด้วย พร้อมทั้งเพิ่มความสม่ำเสมอในแต่ละช่องทางวิ่งของความส่องสว่างตลอดปัจจัยที่ทำให้เกิดความจ้าตา (glare) เป็นเกณฑ์ในการออกแบบ

(1) ความส่องสว่าง (Illuminance) , E ไม่น้อยกว่า 9.7 lux

(2) ความสว่าง (Luminance) , L ไม่น้อยกว่า 0.75 cd_m2

(3) ค่าความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity of Illumination)

E min/E av ไม่น้อยกว่า 1 / 2.5

E min / E max ไม่น้อยกว่า 1 / 6

U_O = E min / E av $\geq$ 1: 2.5

นิยามความสว่างและความส่องสว่างนำมาวิเคราะห์ เพื่อสร้างดัชนีสมรรถนะการส่องสว่างที่ใช้งานกับการให้แสงสว่างไฟถนน ดังนี้

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

$$E = \frac{(\Phi \times UF \times MF)}{s \times w}$$

$$\frac{1}{S} = \frac{E \times w}{\Phi \times UF \times MF}$$

$$\frac{P}{S} = \frac{E \times w \times P}{\Phi \times UF \times MF}$$

$$\frac{P}{S} = \frac{E \times w}{LPW \times UF\ MF}$$

$$LPI_1 = \frac{P}{S} = \frac{E \times w}{LPW \times UF\ MF} \quad (1)$$

$$LPI_2 = \frac{P}{s \times w} = \frac{E}{LPW \times UF\ MF} \quad (2)$$

$$LPI_4 = \frac{P}{E \times A} = \frac{1}{LPW \times UF\ MF} \quad (3)$$

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

$$LPI_5 = \frac{E}{P/A} = \frac{1}{LPI_4} = LPW \times UF \times MF \quad (4)$$

จาก $L = Q_{0.E}$

$$LPI_3 = \frac{P}{L \times A} = \frac{1}{LPW \times UF \times MF \times Q_0} \quad (5)$$

คือ E คือ ความสว่าง มีหน่วยเป็น lux

Φ คือ ฟลักซ์ส่องสว่าง มีหน่วยเป็น lm

A คือ พื้นที่ มีหน่วยเป็น m^2

UF คือ แฟกเตอร์การใช้ประโยชน์จากแสง

MF คือ แฟกเตอร์การบำรุงรักษา

s คือ ระยะห่างของเสาไฟถนนอยู่ฝั่งเดียวกัน มีหน่วยเป็น m

w คือ ความกว้างของผิวถนน มีหน่วยเป็น m

P คือ กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า 1 ชุด มีหน่วยเป็น W

LPW คือ ประสิทธิผลการส่องสว่างของชุดหลอดไฟฟ้า มีหน่วยเป็น lm/W

Q_0 คือ ค่าสัมประสิทธิความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนน

L คือ ความส่องสว่างของผิวถนน มีหน่วยเป็น cd/m^2

LPI_1 คือ ดัชนีสมรรถนะการส่องสว่างตัวที่ 1 มีหน่วยเป็น W/m

LPI_2 คือ ดัชนีสมรรถนะการส่องสว่างตัวที่ 2 มีหน่วยเป็น W/m^2

LPI_3 คือ ดัชนีสมรรถนะการส่องสว่างตัวที่ 3 มีหน่วยเป็น $(W/m^2)/(cd/m^2)$

LPI_4 คือ ดัชนีสมรรถนะการส่องสว่างตัวที่ 4 มีหน่วยเป็น (W/m^2)/lux

LPI_5 คือ ดัชนีสมรรถนะการส่องสว่างตัวที่ 5 มีหน่วยเป็น lm/W

การออกแบบระบบส่องสว่างไฟถนนจะพิจารณาถึงประสิทธิภาพพลังงานของการติดตั้งโคมไฟถนน ค่าที่ผู้ออกแบบเข้าใจง่ายที่สุด คือ LPI_1 หรือการใช้กำลังไฟฟ้าต่อเมตร ซึ่งสามารถสรุปและวิเคราะห์ค่าสมรรถนะทางแสงได้ตามสมการดังต่อไปนี้

$$P/s = \frac{E \times w}{LPW \times UF \times MF} \quad (6)$$

ค่าสมรรถนะการใช้กำลังไฟฟ้าต่อความยาวของถนน 1 เมตร ของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของถนนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักจำนวน 5 ตัว

E คือ ความสว่างถ้าต้องการความสว่างสูงจะทำให้ค่า W/m สูงตามไปด้วย

w คือ ความกว้างถนนถ้าถนนกว้าง (หลายช่องจราจร) จะทำให้ค่า W/m สูงตามไปด้วย

LPW คือ ประสิทธิผลวงจรหลอด 1 ชุด lm/W ถ้าใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิผลสูงทำให้ W/m ลดลง

UF คือ แฟกเตอร์การใช้ประโยชน์จากแสง ถ้าโคมไฟถนนที่มีประสิทธิภาพสูงและมีลักษณะการกระจายแสงเหมาะสมกับถนนที่ใช้ เช่น สัดส่วนของฟลักซ์ส่องสว่างของโคมไฟถนนที่ตกบนพื้นถนน เทียบกับฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟมีค่าสูง ทำให้มีค่า UF สูง และจะทำให้ค่า W/m ลดลง

MF คือ แฟกเตอร์การบำรุงรักษาถ้าโคมไฟถนนชนิดป้องกันสูง เช่น IP 65 มีแผนงานบำรุงรักษาโคมไฟถนนที่ดี ทำให้ไม่ต้องออกแบบเผื่อไว้มาก มีค่า MF สูง ช่วยทำให้ค่า W/m ลดลง

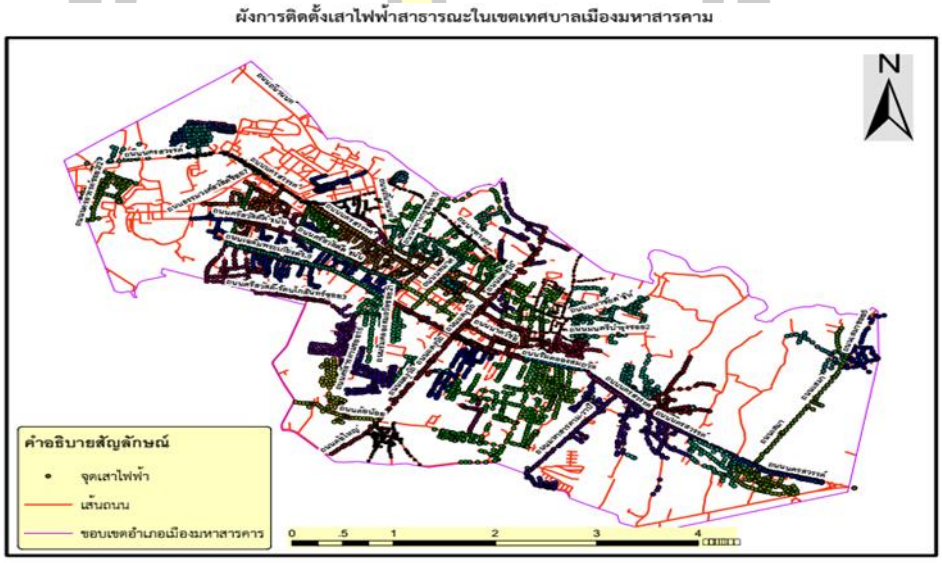
พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วางแผนผังการดำเนินการติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่างสาธารณะ

โดยการผังถนนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคามที่ได้รับการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแบบเดิมในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม และโรงเรียนในสังกัดเทศบาล ทั้งหมด



ภาพประกอบ 3.1 แสดงแผนผังการเปลี่ยนหลอดไฟถนนสาธารณะเทศบาลเมืองมหาสารคาม

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

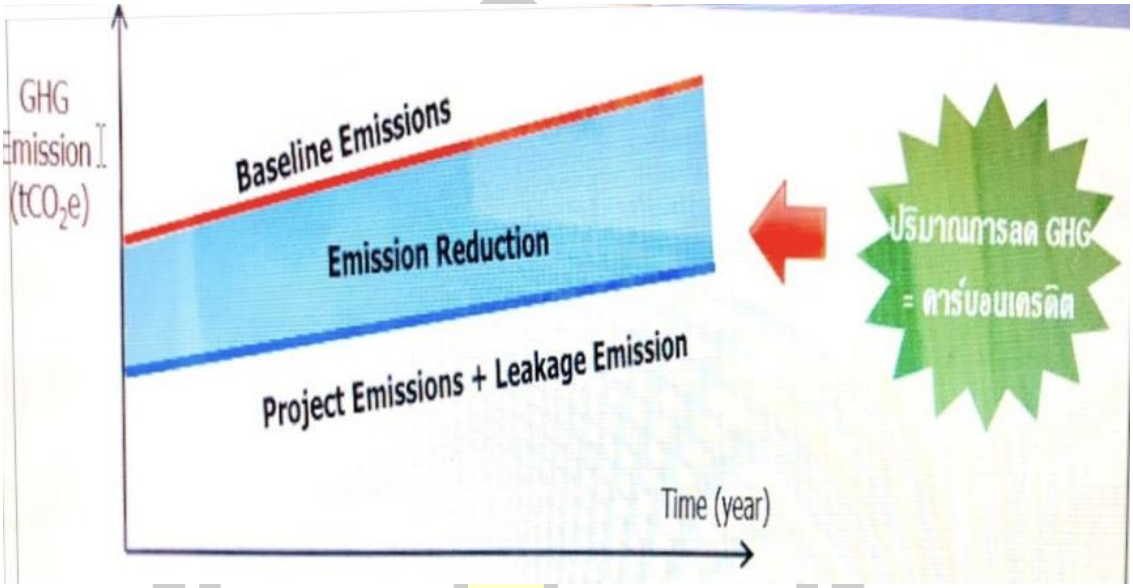
ภาพประกอบ 3.2 แสดงตู้คอนโทรลไฟถนนสาธารณะเทศบาลเมืองมหาสารคาม

3.2 การดำเนินการติดตั้งโคมไฟถนนและเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า

ติดตั้งโคมไฟฟ้าส่องสว่างแบบ LED 130 W แทนโคมไฟฟ้าแบบเดิมโซเดียมขนาด 250 W
ติดตั้งโคมไฟฟ้าส่องสว่างแบบ LED 18 W แทนโคมไฟฟ้าแบบเดิม Fluorescent 40 W
ติดตั้งโคมไฟฟ้าส่องสว่างแบบ LED BLUP 100 W แทนโคมไฟฟ้าแบบเดิม
หลอด Incandescent 60 W
เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและเป็นการตอบสนองนโยบายของรัฐบาล

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

3.3 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก



ภาพประกอบ 3.3 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก

กรณีฐานก่อนการดำเนินการ
การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง
เดิมซึ่งผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

กรณีฐานหลังการดำเนินการ
การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ ไฟฟ้าที่
ติดตั้งใหม่ซึ่งผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

รูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ก่อน – หลัง ดำเนินการ ที่มา : องค์การก๊าซเรื่อนกระจกแห่งประเทศไทย (T – VER) Thailand Voluntary Emission Reduction

3.4 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก

Emission Reduction

$$ER_Y = BE_Y - PE_Y - LE_Y$$

Baseline Emissions

$$BE_Y = BE_{LE,\,Y}$$

$$BE_{LE,\,Y} = (\Sigma(N_{BL,\,i} \times P_{BL,\,I} \times H_{PJ,\,I,\,Y}) \times 10^{-6}) \times EF_{Elec}$$

Project Emissions + Leakage Emission

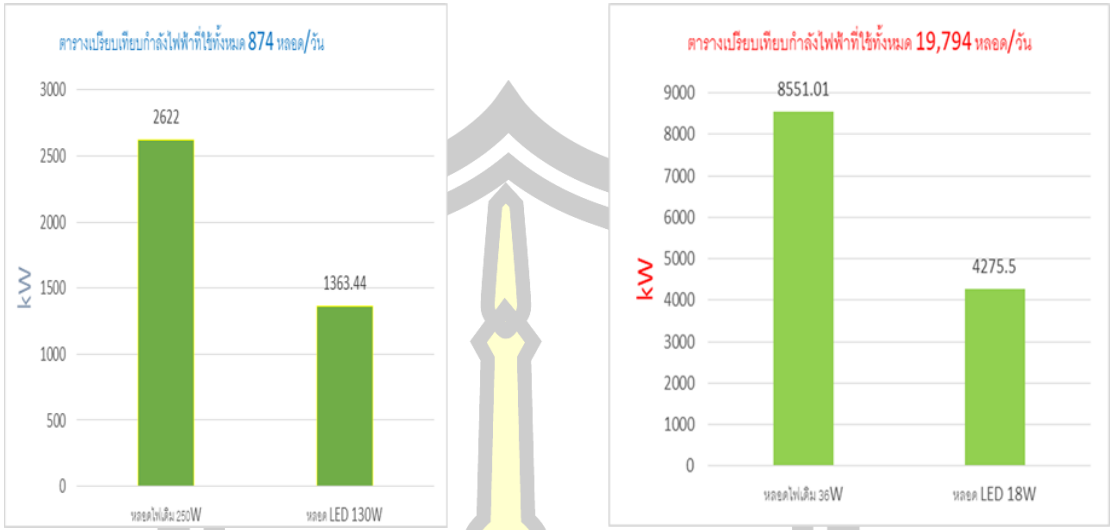
$$PE_Y = PE_{LE,\,Y}$$

$$PE_{LE,\,Y} = (\Sigma(N_{PL,\,i} \times P_{PL,\,I} \times H_{PJ,\,I,\,Y}) \times 10^{-6}) \times EF_{Elec}$$

ที่มา : องค์การก๊าซเรื่อนกระจกแห่งประเทศไทย (T – VER) Thailand Voluntary Emission Reductionและเทศบาลเมืองมหาสารคาม

Baseline Emissions Project Emissions

- Fluorescent 36W + Ballast 8.5 W 98 set
  High Pressure 250 W+ Ballast 22 W 867 set
- Metal Halide 400 W Ballast 8.5 W 30 W 217 set
- LED 18 W 19,980 set
- LED BLUP 13 W 10 set
- LED 130 W 874 set 852.96 tCO2e/year 459.16tCO2e/year



ภาพประกอบ 3.4 กราฟแสดงตัวอย่างการประหยัดพลังงานไฟฟ้าตามชนิดหลอด

ตาราง 3.1 แสดงพารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล	
$N_{PL,\,I}$ = จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง (SET)	- ตรวจนับอย่างน้อย 1 ครั้ง - นับใหม่กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่มากกว่า 5%
$P_{PL,\,I}$ = กำลังไฟฟ้า (W/SET)	- ตรวจวัดอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง - ใช้ค่าพิกัดไฟฟ้าจากผู้ผลิต
$H_{PJ,\,I,\,Y}$ = ชั่วโมงการใช้งาน (hour/year)	- ตรวจวัดโดย Hour Meter - ประเมินจากชั่วโมงการทำงาน

ภาพประกอบ 3.5 ชุดหลอดไฟถนนแบบ LED ขนาด 120 W

ที่มา: www.Streetlightled.net//google.co.th

ภาพประกอบ 3.6 ชุดหลอดไฟถนนแบบไฮเพรสเซอร์โซเดียม ขนาด 250 W
ที่มา: www.Streetlightled.net//googlle.co.th

3.5 การวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงาน

ตาราง 3.2 เปรียบเทียบหลอด LED และหลอด HPS

รายการ	LED		HPS	
	ขนาด	หน่วย	ขนาด	หน่วย
(กำลังไฟฟ้า/หลอด)	120	วัตต์	470	วัตต์
จำนวน	1,052	หลอด	1,052	หลอด
(ราคา/หน่วย)	19,500	บาท	8,000	บาท
(อายุการใช้งาน)	50,000	ชั่วโมง	8,000	ชั่วโมง
(เปิดใช้งาน/วัน)	12	ชั่วโมง	12	ชั่วโมง
เปิดใช้งาน 12 ชั่วโมง/วัน รวมเป็นเวลา 1 ปี	4,380	ชั่วโมง	4,380	ชั่วโมง
การเปลี่ยน /ครั้ง 5 ปี	0	ครั้ง	5	ครั้ง
ค่าใช่จ่ายในการซื้อหลอดเปลี่ยนรวม	20,514,000.00	บาท	8,416,000.00	บาท
kW / hr	12	วัตต์	47	วัตต์
ยูนิตค่าไฟ/วัตต์	4.5	บาท	4.5	บาท
ค่าไฟฟ้าที่เปิดใช้งาน เวลา 5 ปี	12,440,952.00	บาท	48,727,062.00	บาท
ค่าไฟฟ้า + ค่าใช้จ่ายในการซื้อหลอด	32,954,952.00	บาท	57,143,062.00	บาท
ใช้ LED 5 ปี ประหยัดกว่า	24,188,110.00			บาท
นำค่าใช้จ่ายของหลอด HPS มาซื้อหลอด LED ใช้ (จุดคุ้มทุน)	30			เดือน

หมายเหตุ:

- การคำนวณดังกล่าวยังไม่รวมถึง
- ความร้อนที่ลดลงเปลี่ยนมาใช้หลอด LED (ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดขึ้นจากเครื่องปรับอากาศ
- ค่าแรงในการเปลี่ยนหลอดหรืออุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับหลอด
- 250 W HPS Lamp Power Consumption: 470 W

3.6 ผลการดำเนินการและประหยัดงบประมาณประจำปี

การติดตั้งโครงการใหม่ในสวนสาธารณะในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม

หลอด HPS ที่เปลี่ยนออกจะสามารถนำมาเปลี่ยนและติดตั้งในสวนสุขภาพภายในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม เพื่อให้ประชาชนได้ออกกำลังกายในยามค่ำคืนที่ต้องการแสงสว่างมากๆ และเป็นอุปกรณ์ซ่อมแซมไฟถนนต่อไป ได้แก่ ดังนี้

3.6.1 สวนสุขภาพเฉลิมพระเกียรติหน้าโรงเรียนสารคามพิทยาคม

3.6.2 สวนสุขภาพหนองข่า

3.6.3 สวนสุขภาพสวนเลิงน้ำจั้น

3.6.4 ซ่อมแซมไฟถนนภายในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม

3.6.5 ข้อสรุปจากความคิดเห็นของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม

3.6.6 เป็นโครงการที่เป็นประโยชน์มาก ประหยัดพลังงานและลดภาวะสิ่งแวดล้อม

3.6.7 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงประชาชนใช้รถใช้ถนนปลอดภัยขึ้น

3.6.8 ประหยัดพลังงานเพิ่มความปลอดภัย เพิ่มความสวยงามของพื้นที่

3.6.9 ประหยัดพลังงานลงได้

3.6.10 ลดอุบัติเหตุการใช้ถนน

3.6.11 มีความสว่างมากกว่าของเดิม การมองเห็น

3.6.12 การจัดการซากหลอดไฟในปัจจุบันการเปลี่ยนหลอด HPS เป็นหลอด LED ทำให้เกิดการจัดการง่ายขึ้น

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การดำเนินการทดลอง

ตามการทดลองใช้หลอดไฟชนิดเดิมจะทำให้เห็นถึงความแตกต่างกันระหว่างค่าการส่องสว่างและเห็นผลของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าสาธารณะเทศบาลเมืองมหาสารคาม ในการทดลองจะแบ่งเป็นดังแสดงในตารางที่ 4.1 การแสดงค่าการวัดค่าความถี่ผลรวมค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ (PF) กระแสไฟฟ้า

ตาราง 4.1 แสดงค่าพิกัดกระแสไฟฟ้า ความถี่ พาวเวอร์แฟคเตอร์

ลำดับ	LED (W)	Type	voltage	Amps	Frequency	PF
1	90	wram	217	0.44	50	1
2	110	Day	215	0.59	49.7	0.99
3	120	wram	220	0.56	49.7	0.97
ลำดับ	LED (W)	Type	voltage	Amps	Frequency	PF
1	250	wram	223.4	2.1	49.7	0.57
2	400	DAYLIGHT	214.9	3.11	49.7	0.56
ลำดับ	LED (W)	Type	voltage	Amps	Frequency	PF
1	36	แกนเหล็ก	220.4	0.39	49.7	0.52
2	36	แกนเหล็ก	220.4	0.39	49.7	0.52
ลำดับ	LED (W)	Type	voltage	Amps	Frequency	PF
1	18	ไม่มี	220.2	0.13	49.7	0.63
2	13	ปิงปอง	218.8	0.09	49.7	0.65
3	14	เกลียว	217.5	0.1	49.7	0.63

ตาราง 4.2 แสดงค่าลักษซ์การส่องสว่าง ค่าลูเมน ค่าอุณหภูมิสี

power (W)	power (VA)	Temp	Lux	m	หมายเหตุ	อุณหภูมิสี(K)	Lux	m	lm
96.48	96	48	3450	1	EVE	3000	43.75	8	9500
126.1	128	39	3137	1	3 MODULE	6500	56.77	8	16000
119.5	122.1	51.4	3530	1	EVE	3000	45.07	8	12000
power (W)	power (VA)	Temp	Lux	m	หมายเหตุ	อุณหภูมิสี(K)	Lux	m	lm
273.83	471.87	108	3483	1	TYL	3000	28.55	8	30000
375.71	668.33	128	3901	1	OSRAM	6500	35.76	8	48000
power (W)	power (VA)	Temp	Lux	m	หมายเหตุ	อุณหภูมิสี(K)	Lux	m	lm
44.71	85.95	39	647	1	FILLIPS	6200	5.6	8	2600
44.71	85.95	39	647	1	FILLIPS	6201	11.4	5	2600
power (W)	power (VA)	Temp	Lux	m	หมายเหตุ	อุณหภูมิสี(K)	Lux	m	lm
18	28.36	32.5	525	1	LASER	6500	1600	5	2160
12.68	19.62	30.3	687	1	EVE	6500	1650	3	1560
13.66	21.75	77	357.8	1	OSRAM	6500	820	3	1680

โดยผลการวัดทางไฟฟ้าซึ่งได้จากเครื่อง power analyzer สามารถวัดค่าต่างๆ ทางไฟฟ้าได้ในคราวเดียวกัน ซึ่งประกอบไปด้วยค่าต่างๆ ที่สำคัญ

1) ค่าแรงดันด้านเข้า (Voltage)

2) ค่ากระแสด้านเข้า (Amp)

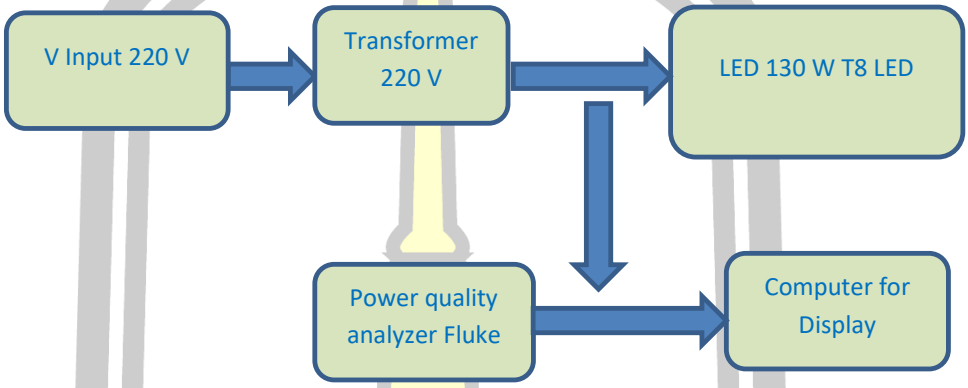
3) ค่าอุณหภูมิสี (Temp)

4) ค่าลักซ์การส่องสว่าง (LUX)

และค่าผลการวัดระดับของสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ EMI ผ่านทางตัวนำจากห้องปฏิบัติการทดลองทางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด และ EMC Lab ซึ่งเป็นการวัดเบื้องต้น ส่วนผลการวัดระดับของสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ EMI ผ่านทางตัวนำ จากศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ หรือ PTEC

4.2 การทดลองทางไฟฟ้า

ในการวัดค่าการทดลองก็จะมีบล็อกไดอะแกรมต่างไว้สำหรับทดลองตามขั้นตอนของการวัดค่าที่ต้องการวัดซึ่งเปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อนจะต้องขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องวัดนั้นๆ

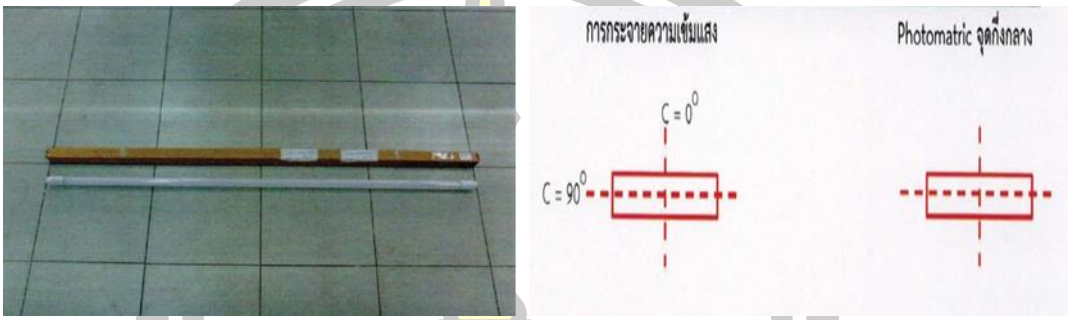


ภาพประกอบ 4.1 บล็อกไดอะแกรมที่วัดค่าต่างๆทางไฟฟ้า

การวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าจะวัดเปรียบเทียบค่าประสิทธิผลการส่องสว่าง ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ (PF) ค่าลักซ์การส่องสว่าง (LUX) และยังสามารถบอกอุณหภูมิสีของการส่องสว่างมีหน่วยเป็นเคลวิน (K) จะทำให้หลอดไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบได้ประสิทธิภาพและเหมาะสมกับพื้นที่ที่ใช้งานจริงจากผลการทดลองรูปตารางที่ 4.2 จะแสดงค่าพิกัดของหลอดไฟฟ้าอยู่ 3 ชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดชนิดเดิมที่ใช้งานจะมีประสิทธิภาพการส่องสว่างมากกว่าไฟถนนสาธารณะแบบเดิมอย่างเห็นได้ชัดในการสัญจรยามค่ำคืนเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นและป้องกันการลักทรัพย์สินขโมยทรัพย์สินของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคามอีกทั้งช่วยลดภาวะโลกร้อนลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2)

4.3 ผลการทดลองทางค่าการส่องสว่าง

การทดลองค่าการส่องสว่าง (luminance) หลอดไฟฟ้าแอล อี ดี ขนาด 18 วัตต์ (W)



ภาพประกอบ 4.2 การกระจายของแสงหลอด (T8) LED 18 W ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600

4.3.1 คุณลักษณะทางไฟฟ้า

Gonio – Photometer Base Type C เครื่องหมายการค้า Photometric Solution International แบบรุ่น LG 1.5 ที่ใช้ในการวัดค่าความเข้มของแสงโดยมีระยะวัดที่ 19 เมตรใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า เครื่องมือมาตรฐานของระบบการวัดแบบ Gonio – Photomete คือ Luminous intensity standard Lamp ซึ่งสอบกลับได้ไปที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (ประเทศไทย)

4.3.2 คุณลักษณะทางสี

Instrument system Spectro radiometer เครื่องหมายการค้า Photometric Solutions International แบบรุ่น SP - 3C ขนาด 2 เมตร ซึ่งถูกยึดเข้ากับเครื่อง Integrating sphere ใช้ในการวัดค่าพิกัดเชิงสี อุณหภูมิสมมูลและดัชนีการตอบสนองสีทั่วไป ซึ่งเป็นการวัดแบบ 4π เครื่องมือมาตรฐานระบบการวัดแบบ Gonio – Spectroradiometer คือ irradiance standard lamp ซึ่งสอบกลับได้ไปที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (ประเทศไทย)

4.3.4 เงื่อนไขการทดสอบ

1) ทดสอบที่อุณหภูมิโดยรอบ 25 ± 1°C

2) ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์แอลอีดีที่แรงดันไฟฟ้า 220 V 50 Hz

3) เปิดตัวอย่างให้ทำจนเสถียรภาพ ทางไฟฟ้าและทางแสงเป็นเวลา 60 นาที โดยการเปลี่ยนแปลงของค่าที่อ่านได้ 3 ค่าในช่วงเวลา 15 นาที ต่างกันไม่เกิน 0.5%

4.3.5 เครื่องมือทดสอบ

ชื่อเครื่องมือ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	หมายเลขเครื่อง
Gonio-photometer	PSI	LG-1.5	No 1
Photometer	PSI	Ph-St-B8-Th	150504
Digital power analyzer	Voltech	PM3000A	AL88/8256
Luminous intensity standard lamp	Optronic Laboratories Inc.	OL FEL 1000W	F-874
Spectroradiometer	PSI	SP-3C-HG	150701
Integrating sphere	TOSHIBA	2 m	C-90A-01
Irradiance standard lamp	Everfine	D204	G100283CA1551176

ภาพประกอบ 4.3 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวัด คุณภาพหลอด T8 ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600

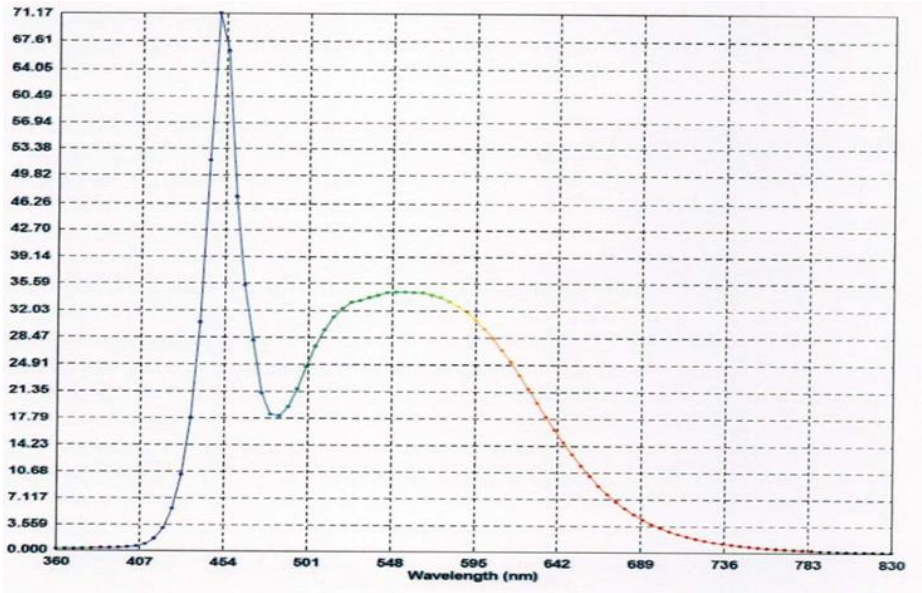
พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

4.3.6 ผลการทดสอบ

ตาราง 4.3 แสดงผลการทดสอบ คุณภาพหลอด T8 ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ
แรงดันไฟฟ้าด้านเข้า	220 V
ความถี่	50 Hz
กระแสไฟฟ้าด้านเข้า	0.089 A
กำลังไฟฟ้าด้านเข้า	18.55 W
ตัวประกอบกำลัง	0.947
ฟลักซ์การส่องสว่างรวม	2,338lm/W
ประสิทธิศักย์การส่องสว่าง	126.04 lm/W
มุมกระจายของหลอด (Beam Angle) C=0/180 องศา	184.3 องศา
ฮาร์มอนิกส์รวมของกระแสไฟฟ้าด้านเข้า	13.67 %
อุณหภูมิสีสมมูล	6,558 k
พิกัดเชิงสี x /พิกัดเชิงสี y	0.311/0.333
พิกัดเชิงสี u'/พิกัดเชิงสี v'	0.195/0.470
Duv	0.0067
ดัชนีการทำให้เกิดสีทั่วไป	82

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 4.4 สเปคตรัมพลังงานและความยาวคลื่นที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600

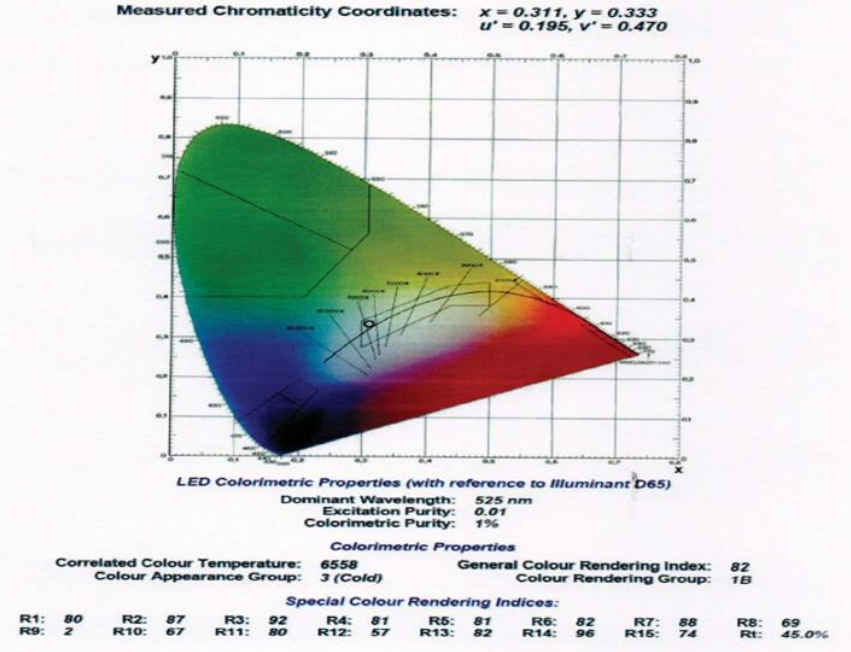
ข้อมูลสเปคตรัมพลังงานและความยาวคลื่น

Wavelength (nm)	Spectral Power (mW)
360	0.21880
365	0.23045
370	0.24114
375	0.25615
380	0.26755
385	0.26931
390	0.27934
395	0.31037
400	0.38368
405	0.51236
410	0.84710
415	1.6023
420	3.0564
425	5.6734
430	10.225
435	17.723
440	30.408
445	51.753
450	71.170
455	66.294
460	47.060
465	35.283
470	28.079
475	21.096
480	18.313
485	18.094
490	19.344
495	21.674
500	24.691
505	27.391
510	29.494
515	31.188
520	32.345
525	33.195
530	33.415
535	33.808
540	34.110
545	34.440

Wavelength (nm)	Spectral Power (mW)
550	34.512
555	34.520
560	34.453
565	34.414
570	34.128
575	33.811
580	33.241
585	32.571
590	31.747
595	30.733
600	29.588
605	28.359
610	26.791
615	25.262
620	23.487
625	21.664
630	19.838
635	17.990
640	16.265
645	14.582
650	13.014
655	11.562
660	10.189
665	8.8985
670	7.7715
675	6.7570
680	5.8754
685	5.1182
690	4.4138
695	3.8170
700	3.2864
705	2.8314
710	2.4232
715	2.0729
720	1.7936
725	1.5409
730	1.3161
735	1.1325

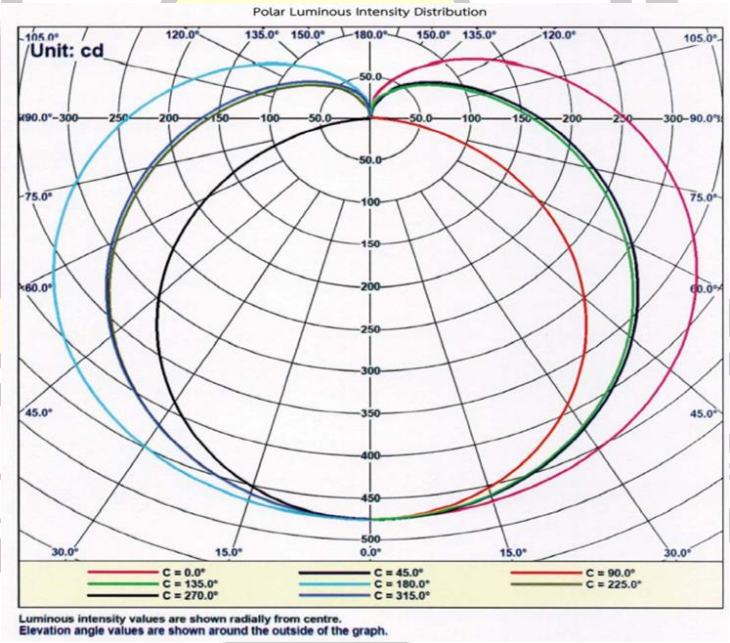
Wavelength (nm)	Spectral Power (mW)
740	0.97219
745	0.83503
750	0.72210
755	0.62016
760	0.53859
765	0.46380
770	0.40443
775	0.34854
780	0.30751
785	0.26726
790	0.23481
795	0.20578
800	0.17964
805	0.15963
810	0.14107
815	0.12380
820	0.11029
825	0.098100
830	0.087957

ภาพประกอบ 4.5 แสดงสเปคตรัมพลังงานและความยาวคลื่นที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600



ภาพประกอบ 4.6 สเปคตรัมพลังงานและความยาวคลื่นที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600

มุมกระจายแสงการส่องสว่าง



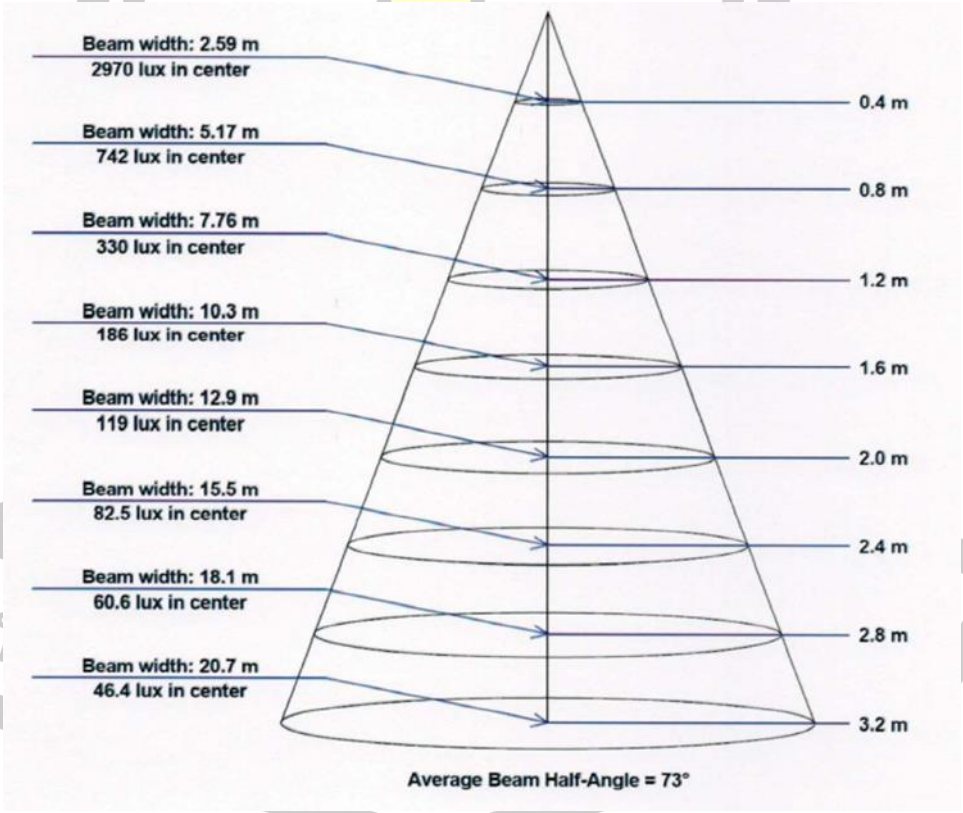
ภาพประกอบ 4.7 มุมกระจายแสงที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600

Average Luminance Table

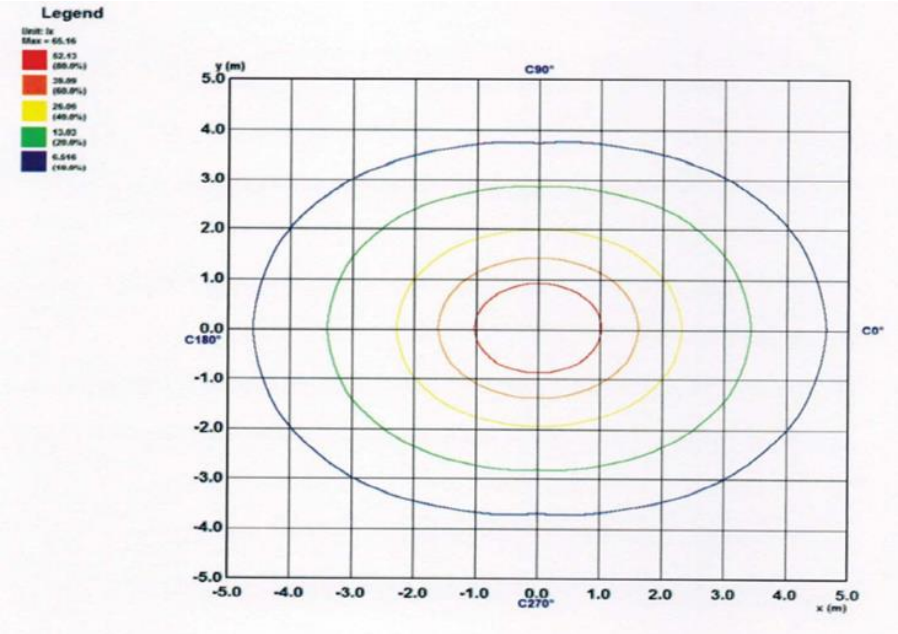
All luminance values expressed in cd / squ.m

Azimuth: 0°	45°	90°	135°	180°	270°	315°
Elevation						
0°	17100	17100	17100	17100	17100	17100	17100
45°	12800	12600	15100	12400	12600	14900	12400
55°	12500	11900	14000	11700	12200	13800	11800
65°	12300	11500	12500	11200	12000	12200	11300
75°	12400	11300	9950	10900	12000	9520	11200
85°	12900	11700	4850	11300	12400	4170	11600

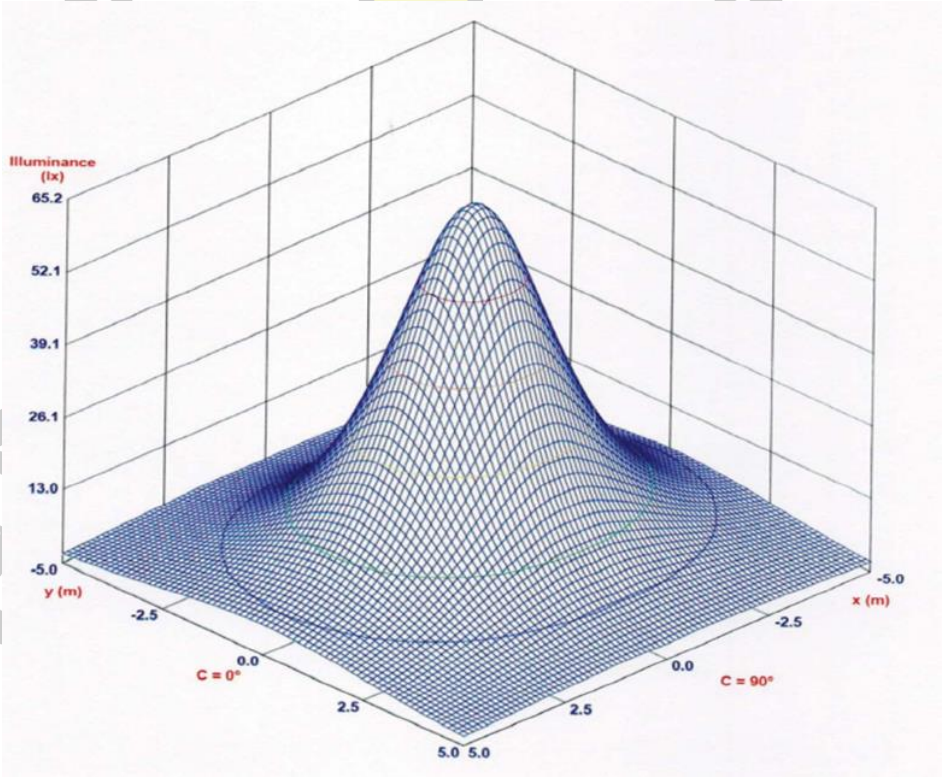
ภาพประกอบ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยการส่องสว่างที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600



ภาพประกอบ 4.9 แสดงระดับการส่องสว่างที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600



ภาพประกอบ 4.10 แสดงไดอะแกรมค่าส่องสว่างที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600

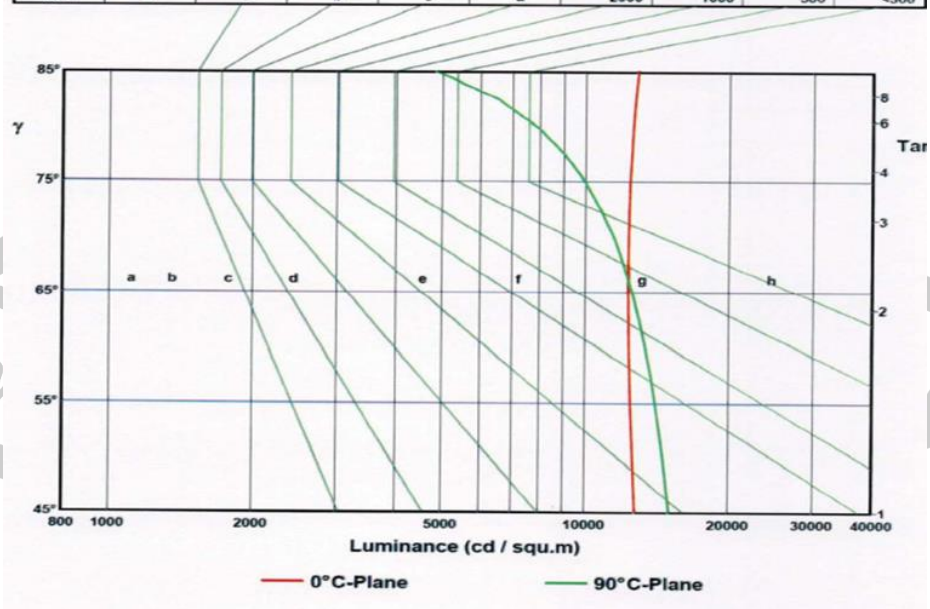


ภาพประกอบ 4.11 แสดง 3 มิติการส่องสว่างที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600

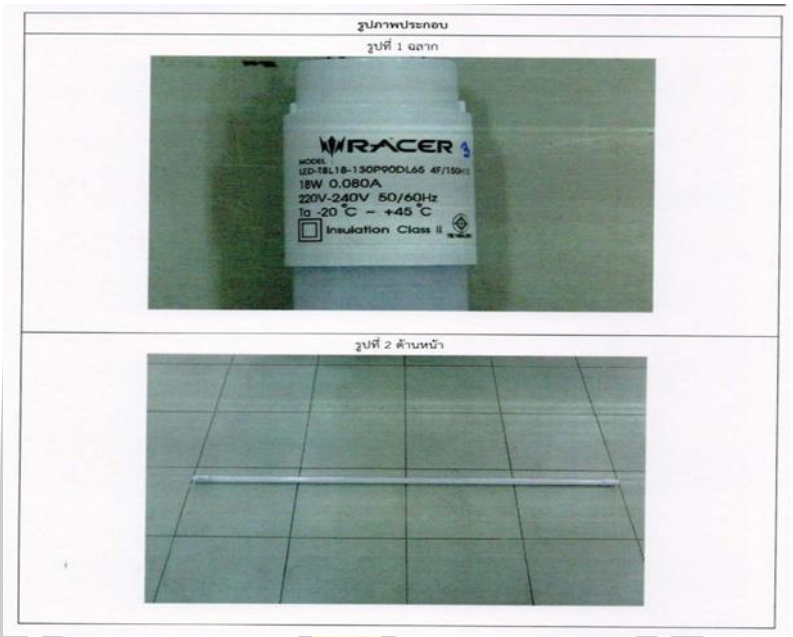
Ceiling Cavity Reflect.:	80%			70%			50%			30%			10%			0%
Wall Reflect.:	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
Room Cavity Ratio	Coefficients of Utilisation for 20% Effective Floor Cavity Reflectance															
0	1.14	1.14	1.14	1.09	1.09	1.09	1.00	1.00	1.00	0.91	0.91	0.91	0.83	0.83	0.83	0.79
1	0.99	0.95	0.91	0.95	0.91	0.88	0.87	0.84	0.81	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71	0.70	0.66
2	0.86	0.80	0.74	0.83	0.77	0.72	0.76	0.71	0.67	0.69	0.66	0.62	0.64	0.61	0.58	0.55
3	0.76	0.68	0.62	0.73	0.66	0.60	0.67	0.61	0.56	0.62	0.57	0.53	0.56	0.53	0.49	0.46
4	0.68	0.59	0.53	0.65	0.57	0.51	0.60	0.53	0.48	0.55	0.50	0.46	0.51	0.46	0.43	0.40
5	0.61	0.52	0.46	0.58	0.51	0.45	0.54	0.47	0.42	0.50	0.44	0.40	0.46	0.41	0.38	0.35
6	0.55	0.47	0.40	0.53	0.45	0.39	0.49	0.42	0.37	0.46	0.40	0.36	0.42	0.37	0.34	0.31
7	0.50	0.42	0.36	0.48	0.41	0.35	0.45	0.38	0.34	0.42	0.36	0.32	0.39	0.34	0.30	0.28
8	0.46	0.38	0.32	0.45	0.37	0.32	0.42	0.35	0.30	0.39	0.33	0.29	0.36	0.31	0.28	0.26
9	0.43	0.35	0.30	0.41	0.34	0.29	0.38	0.32	0.28	0.36	0.30	0.27	0.34	0.29	0.25	0.23
10	0.39	0.32	0.27	0.38	0.31	0.27	0.36	0.30	0.25	0.34	0.28	0.24	0.32	0.27	0.23	0.22

ภาพประกอบ 4.12 แสดงระดับมุมตกกระทบการส่องสว่างที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600

Glare Rating	Quality Class	Service Values of Illuminance (lx)							
1.15	A	2000	1000	500	<300	e	f	g	h
1.5	B		2000	1000	500	<300			
1.85	C			2000	1000	500	<300		
2.2	D				2000	1000	500	<300	
2.55	E	a	b	c	d	2000	1000	500	<300



ภาพประกอบ 4.13 แสดงระดับมุมตกกระทบการส่องสว่างที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600



ภาพประกอบ 4.14 แสดงหลอดไฟฟ้า T8 ขนาด 18 W ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หมายเลขรายงาน E0556/59 หมายเลขปฏิบัติการ E5903BE0600

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 5

วิเคราะห์ผลทดลองและการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

จากผลการทดลองในบทที่ 4 จะได้นำผลการทดลองดังกล่าวมาสรุปในบทที่ 5 ต่อไปเพื่อจะได้ทราบถึงการประหยัดพลังงานในด้านใดบ้างเพื่อทราบรายละเอียดทั้งหมดและการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก CO2 ในการปรับเปลี่ยนหลอดที่ใช้ในการทดลอง จากหลอดเดิมที่เป็นหลอดประเภทหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์แทนด้วยหลอด แอล อี ดี T8 และหลอดโซเดียมความดันสูงขนาด 250 วัตต์แทนด้วยหลอดแอลอี ดี ขนาด 130 วัตต์ หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดตะเกียบขนาด 13 วัตต์ กราฟแสดงค่าพลังงงานไฟฟ้าก่อนทำการปรับปรุงและหลังดำเนินการปรับปรุงระบบไฟถนนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคามตามที่ได้ทำการทดลองพร้อมทั้งดำเนินการจริงดังนี้

5.1 ปริมาณค่าพลังงานไฟฟ้าสาธารณะก่อนและหลังดำเนินการ

5.2 การลดปริมาณก๊าซคาร์บอนในอากาศ

5.3 ระบบไฟฟ้าหม้อแปลงไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุมไฟถนน

5.4 วิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน

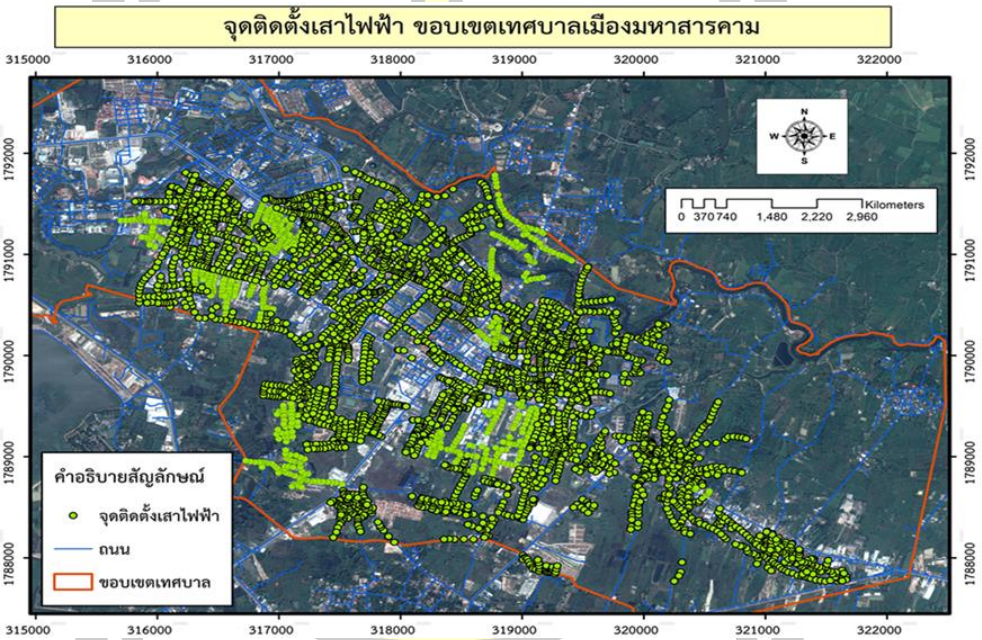
5.5 สรุปผลการวิจัย

5.1 ปริมาณค่าพลังงานไฟฟ้าสาธารณะก่อนและหลังดำเนินการ

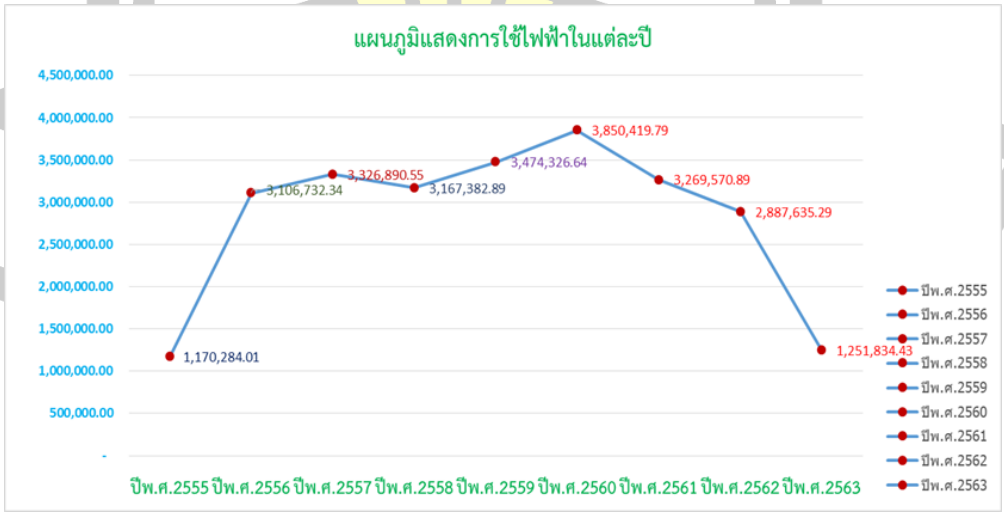
พื้นที่เขตเทศบาลเมืองมหาสารคามทั้งหมด คือ 24.14 ตารางกิโลเมตร การเจริญเติบของเมืองได้โตขึ้นเรื่อย ๆ ทางด้านโครงสร้างพื้นฐานและระบบสาธารณูปโภค ระบบไฟฟ้าส่องสว่างสาธารณะอีกทั้งมีระบบสื่อสารสนเทศต่าง ๆ เข้ามาทีบทบาทในชีวิตประจำวันอยู่ตลอดเวลาเทศบาลได้เล็งถึงความปลอดภัยของประชาชน การสัญจรผ่านมาไม่ว่าจะเป็นระบบการจราจร ระบบไฟฟ้าส่องสว่างสาธารณะยามค่ำคืน เทศบาลมหาสารคามเองได้มีระบบสัญญาณไฟจราจรทั้งหมด 16 แยกสำคัญ ๆ ไฟฟ้าส่องสว่างถนนสายหลัก สายรอง ถนนท้องถิ่นที่ได้รับถ่ายโอนจากแขวงการทางมหาสารคามให้เทศบาลดูแลบำรุงรักษา จำนวน 285 จุดควบคุม ไฟฟ้าส่องสว่างสาธารณะ ภายในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคามทั้งหมด 7,950 จุด ทั้งหมดล้วนใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก เทศบาลเมืองมหาสารคาม ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการใช้พลังงานไฟฟ้า และเพื่อลดการใช้พลังงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก CO_2 จึงได้ดำเนินการโครงการประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีการ

เปลี่ยนโคมไฟส่องสว่างสาธารณะ (เดิม) เป็นโคมไฟฟ้าส่องสว่างสาธารณะแบบ LED ภายในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

สถิติการใช้ไฟฟ้าสาธารณะเทศบาลเมืองมหาสารคาม เริ่มจากปี พ.ศ.2555 ถึง ปี พ.ศ. 2563 นับจากเดือนที่มีการเก็บฐานข้อมูลจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมหาสารคาม เขต 2 อุบลราชธานี ดังภาพประกอบที่ 5.1 สถิติการใช้ไฟฟ้าสาธารณะประจำปี 2555 – 2563 ดังแผนผังจากการเปลี่ยนหลอดในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม



ภาพประกอบ 5.1 แผนผังจุดติดตั้งหลอดไฟถนนสาธารณะในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม



ภาพประกอบ 5.2 แสดงค่าไฟฟ้าประจำปี 2555 – 2563

ตาราง 5.1 แสดงค่าการใช้หน่วยพลังงานไฟฟ้าส่องสว่าง

หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละปีเทศบาลเมืองมหาสารคาม	
ปีพ.ศ.2555	1,170,284.01
ปีพ.ศ.2556	3,106,732.34
ปีพ.ศ.2557	3,326,890.55
ปีพ.ศ.2558	3,167,382.89
ปีพ.ศ.2559	3,474,326.64
ปีพ.ศ.2560	3,850,419.79
ปีพ.ศ.2561	3,269,570.89
ปีพ.ศ.2562	2,887,635.29
ปีพ.ศ.2563	1,251,834.43

จากแผนผังการใช้พลังงานไฟฟ้าเริ่มนับปี พ.ศ. 2555 ถึง ปี พ.ศ. 2562 จะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสาธารณะก่อนดำเนินการและหลังดำเนินการอย่างเห็นได้ชัดเจน ปี พ.ศ. 2556 การใช้ไฟฟ้าจะอยู่ที่ประมาณ 3,006,732.34 หน่วย และปี พ.ศ. 2563 การใช้ไฟฟ้าสาธารณะจะอยู่ที่ 2,887,635.29 หน่วย แสดงให้เห็นว่าเมื่อดำเนินการเปลี่ยนหลอดไฟแบบเดิมทำให้เทศบาลเมืองมหาสารคามได้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสาธารณะลงได้เกือบ 1 ล้านกว่าหน่วยต่อปี จากเดิมที่เคยใช้ถึง 3,850,419.79 หน่วย ซึ่งเมื่อคิดเป็นจำนวนเงินมากมายกรณีที่จะต้องได้จ่ายค่าไฟฟ้า ปัจจุบันการไฟฟ้าคิดค่าไฟฟ้าที่ประมาณหน่วยล่ะ 4 บาท (ที่มาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมหาสารคาม) แต่ที่ไม่ได้ชำระค่าไฟฟ้าเพราะ เทศบาลเมืองมหาสารคามได้สิทธิ์ขั้นพื้นฐานกรณีใช้ไฟไม่เกินจำนวน 10 % ของหน่วยงานภาครัฐทั้งประเทศไทยได้รับสิทธิ์ทั้งหมด จำนวน 66 แห่งที่ไม่มีการชำระค่าไฟฟ้าและให้ใช้เป็นเฉพาะระบบไฟฟ้าสาธารณะเท่านั้น ไม่เกี่ยวข้องกับบ้านพักอาศัยและที่พักคนงาน อาคารสูบน้ำปกติไฟฟ้าสารธารณะเทศบาลเมืองมหาสารคามใช้ในบริเวณสวนสุขภาพเฉลิมพระเกียรติฯ สวนสุขภาพในเขตเทศบาลทั้งหมด โรงเรียนที่สังกัดเทศบาลเมืองมหาสารคาม ศูนย์โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพเทศบาลเมืองมหาสารคาม นอกจากนี้ยังรวมไปถึงระบบไฟสัญญาณจราจรในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคามอีกด้วยมีทั้งหมด จำนวน 16 แยก แยกเป็นสามแยกไฟจราจร จำนวน 7 จุด สี่แยกไฟจารจร 9 จุด ในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม ถ้ากรณีไม่ทำให้ตัวเลขเคลื่อนไหวเกินหรือเกินสิทธิ์เทศบาลเมืองมหาสารคามก็จะใช้ไฟฟ้าสาธารณะได้ตลอดไป แต่เมื่อเราไม่ให้เกินสิทธิ์แล้วเราเองจะต้องปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีที่มีในปัจจุบันมาปรับใช้เพื่อให้องค์กรเป็นองค์กรที่ปลอดภัยหรือองค์กรสำนักสี

เขียว (Green City) และเป็นองค์กรที่ลดคาร์บอนในอากาศลดก๊าซเรือนกระจก CO_2 และได้รับเงินรางวัลเพื่อมาสนับสนุนการบริหารกิจการที่เกี่ยวกับโครงการดังกล่าวต่อไป

5.2 การลดปริมาณก๊าซคาร์บอน CO_2 ในอากาศ

5.2.1 วิธการคำนวณ

คำอธิบายพารามิเตอร์

RE = ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

BE = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (ก่อน)

PE = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการดำเนินโครงการ (หลัง)

N_{BL} = จำนวนหลอดไฟ (ก่อน)

N_{PJ} = จำนวนหลอดไฟ (หลัง)

P_{BL} = กำลังไฟฟ้าหลอดไฟ (ก่อน)

P_{PJ} = กำลังไฟฟ้าหลอดไฟ (หลัง)

สมการคำนวณ

$$RE = \left[\left(N_{BL} \cdot P_{BL} \cdot H_{PJ}\right) - \left(N_{PJ} \cdot P_{PJ} \cdot H_{PJ}\right)\right] \cdot 0.5664 \cdot 10^{-6}$$

5.2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

1) กำลังไฟฟ้า (PBL) ของหลอดไฟกรณีฐาน (ก่อนติดตั้ง)

หลอดโซเดียมแรงดันสูง = หลอด (250 W) + บัลลาสต์ (17.3 W)

หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 = หลอด (36 W) + บัลลาสต์ (11.3 W)

หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ = หลอด (14 W)

2) กำลังไฟฟ้า (PPJ) ของหลอดไฟดำเนินโครงการ (หลังติดตั้ง)

หลอด LED Streetlight = หลอด (130 W) + ไดรเวอร์ (15 W)

หลอด LED Tube = หลอด (18 W)

หลอด LED Bulb = หลอด (10 W)

3) จำนวนวันที่คำนวณเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ม.ค. 62 – 30 เม.ย. 63

4) ชั่วโมงการเปิดใช้งานของหลอดไฟ (HPJ) ซึ่งจำแนกออกเป็น

4.1) การเปิด/ปิดหลอดไฟถนน

จำนวนชั่วโมงการเปิด/ปิดต่อวัน แบ่งเป็น 2 รูปแบบ

สวิตซ์แสงแดด – เวลาขึ้น/ตกของดวงอาทิตย์

สวิตซ์นาฬิกา – การตั้งเวลาเปิด/ปิดตามฤดูกาล

จำนวนวันเปิด/ปิด - ใช้งานทุกวัน

4.2) การเปิด/ปิดหลอดไฟในสำนักงานเทศบาลฯ

เวลาเปิด/ปิดของสำนักงาน (ชั่วโมงต่อวัน)

ประกาศเวลาทำงานราชการ (วัน)

4.3) การเปิด/ปิดหลอดไฟในโรงเรียน

ปฏิทินการศึกษา (วัน)

เวลาเปิด/ปิด (ชั่วโมงต่อวัน) ประเมินจาก

ตารางสอนในแต่ละระดับชั้น - เวลาการใช้ห้องเรียน

เวลาการใช้ห้อง (ห้องคอมฯ /ห้อง Lab/ห้องพักครู)

เวลาการใช้ในส่วนอื่นๆ (โรงยิม/ระเบียง/ไฟถนน)

5) ข้อมูลการเสียของหลอดไฟ LED (เพื่อนำไปหักตัวเลขปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ออก) ซึ่งอ้างอิงข้อมูลจาก

เอกสารหรือข้อร้องเรียนผ่านช่องต่างๆ

บันทึกการแจ้งหลอดไฟเสียจากโรงเรียน

รายงานการปฏิบัติงานของกองช่าง

ข้อมูลที่นำไปใช้คำนวณ ได้แก่

กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ LED ที่เสีย

กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟเดิม

ระยะเวลาที่ใช้ซ่อมหรือเปลี่ยนหลอดไฟที่เสียจนกลับมาใช้งานได้ตามปกติ

5.2.3 การเปิด/ปิด สำหรับไฟถนนสาธารณะเทศบาลเมืองมหาสารคาม

1) เวลาขึ้น/ตกของดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน

อ้างอิงข้อมูลจากสมาคมดาราศาสตร์ไทย

2) การตั้งเวลาเปิด/ปิดตามฤดูกาล

อ้างอิงข้อมูล

การตั้งเวลาเปิด/ปิดจะแตกต่างกันในแต่ละฤดูกบาล

ระยะเวลาในแต่ละฤดูกาลจากประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยา

5.2.4 ผลสำรวจไฟถนนสาธารณะที่ใช้ในการทดสอบในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม

ตาราง 5.2 แสดงผลสำรวจที่ใช้ในการทดสอบหาค่าการลดก๊าซคาร์บอน (Co2)

ตารางแสดงค่าจุดคุ้มทุนในการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า										
ลำดับ	สถานที่	ขนาดของหลอดไฟถนน จำนวนวัตต์	ต้นทุน						ค่าพลังงานที่ลดลง/ปี	จุดคุ้มทุน/ปี
			จำนวนหลอด	ราคา/หน่วย	ค่าซ่อมบำรุง/ปี	ค่าซ่อม/ฉุกเฉิน	ค่าอุปกรณ์	รวม(บาท)		
1	ถนนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม	18 W	5,280.00	255.00	255,000.00	127,500.00	185,000.00	567,755.00	1,251,834.43	3.56
2	เกาะกลางถนนเทศบาลเมืองมหาสารคาม	130 W	874.00	13,500.00	135,000.00	67,500.00	8,500.00	224,500.00	1,251,834.43	5.60
3	โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร	18 W	1,730.00	255.00	63,750.00	51,000.00	46,250.00	161,255.00	1,251,834.43	4.56
4	โรงเรียนเทศบาลโพธิ์ศรี	18 W	608.00	255.00	25,500.00	43,350.00	18,500.00	87,605.00	1,251,834.43	2.50
5	โรงเรียนเทศบาลสามัคคีวิทยา	18 W	833.00	255.00	38,250.00	38,250.00	27,750.00	104,505.00	1,251,834.43	5.60
6	โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยา	18 W	695.00	255.00	25,500.00	30,600.00	18,500.00	74,855.00	1,251,834.43	3.50
7	โรงเรียนบ้านแมด	18 W	174.00	255.00	5,100.00	45,900.00	3,700.00	54,955.00	1,251,834.43	4.50
8	โรงเรียนบ้านส่องนางใย	18 W	1,554.00	255.00	33,150.00	38,250.00	24,050.00	95,705.00	1,251,834.43	4.50
9	โรงเรียนบ้านค้อ	18 W	5,793.00	255.00	89,250.00	25,500.00	64,750.00	179,755.00	1,251,834.43	3.50
10	สำนักงานเทศบาลเมืองมหาสารคาม	13 W	10.00	195.00	975.00	975.00	975.00	3,120.00	1,251,834.43	1.20

ตาราง 5.3 การคำนวณหาค่าจุดคุ้มทุนการบำรุงรักษาหลอดไฟฟ้าเทศบาลเมืองมหาสารคาม

บริเวณที่ติดตั้ง	จำนวนหลอดไฟ
1) ถนน	
หลอดขนาด 18 วัตต์	5,280
หลอดขนาด 130 วัตต์	874
2) โรงเรียนในสังกัดเทศบาล	
บูรพาพิทยาคาร	1,730
โพธิ์ศรี	608
สามัคคีวิทยา	833
ศรีสวัสดิ์วิทยา	695
บ้านแมด	174
บ้านส่องนางใย	1,554
บ้านค้อ	5793
3) สำนักงานเทศบาล	10

5.2.5 ผลคำนวณปริมาณที่ลดได้จากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Emission reduction = ER_y

$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$

ตัวย่อ		พารามิเตอร์
ER_y	=	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
BE_y	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน
PJ_y	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ
LE_y	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

ER_y	=	BE_y	-	PE_y	-	LE_y
1,070	=	1,827.67	-	756.86	-	0
tCO_2/year		tCO_2/year		tCO_2/year		tCO_2/year

ER_y = ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 1,070 tCO_2/year

สรุปจากผลการทดสอบและการปรับเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแบบเดิมที่ได้ผ่านการตรวจสอบและนำผลการทดลองมาคำนวณการลดค่าก๊าซเรือนกระจกลงได้ทั้งหมดประมาณ 1,070 tCO_2/year ต่อปีซึ่งจะทำให้เป็นผลในการช่วยลดภาวะโลกร้อนได้ในอนาคตไม่มากก็น้อย

5.3 ระบบไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า และอุปกรณ์ควบคุมไฟถนน

สำหรับวงจรไฟถนนต้องคำนึงถึงความปลอดภัยและความมั่นคงของระบบวงจรไฟฟ้าและความมั่นคงของผู้ใช้ประโยชน์จากไฟถนนโดยจะต้องพิจารณาจากองค์ประกอบของการติดตั้ง การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ ระบบควบคุม และอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ

5.3.1 การติดตั้งทางไฟฟ้า

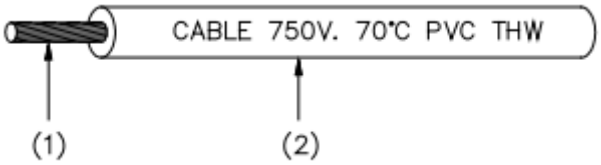
การติดตั้งทางไฟฟ้าให้ดำเนินการยึดถือ มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พุทธศักราช พ.ศ. 2554 ตามมาตรฐานทาง วสท. 2001 – 45 โดยการติดตั้งไฟถนนสาธารณะสามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้

5.3.1.1 การเดินสายเปิดหรือเดินลอย (Opening Wiring) บนวัสดุที่เป็นฉนวน คือ การเดินสายบนวัสดุที่เป็นจะใช้ตุ้มหรือลูกถ้วยที่มีการจับยึดโยง สายไฟฟ้าที่ใช้ต้องเป็นแกนเดี่ยวและไม่ได้ปิดบังด้วยตัวอาคารสะดวก ปลอดภัย

5.3.1.2 การเดินสายระบบไฟถนนจะต้องไม่เดินสายที่เปียกชื้น หรือสภาพที่เป็นไอน้ำเพื่อป้องกันสภาพสายไฟฟ้าไม่ให้ผุกร่อน

5.3.1.3 สายไฟฟ้าทุกเส้นจะต้องเป็นฉนวนหุ้ม พีวีซี สามารถทนแรงดันได้ที่ 750 โวลต์ ตามมาตรฐานของ มอก 11-2531 และจะไม่ต้องมีการตัดต่อสายไฟฟ้าที่จุดใดจุดหนึ่ง นอกจากมีการต่อสายที่จำเป็นที่กล่องต่อสายไฟฟ้าเท่านั้น

5.3.1.4 วัสดุของสายไฟฟ้าที่เดินสายจะต้องเป็นสายไฟฟ้าที่ถูกชนิดกับการติดตั้งไฟถนนลักษณะปัจจุบันที่เป็นอยู่

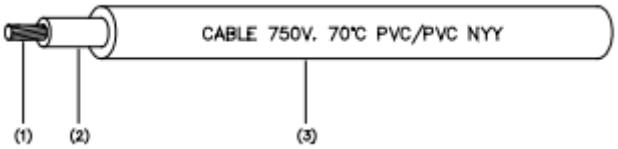


(1) คือ ตัวนำทองแดงขนาดตามพิกัดที่แสดงการนำกระแสไฟฟ้าได้กี่แอมแปร์ (A)

(2) คือ ฉนวนหุ้ม PVC สามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้ไม่เกิน 750 โวลต์ และทนอุณหภูมิได้ไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส (THW)

ภาพประกอบ 5.3 สายไฟฟ้ามาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น

พหุน ปณฺ ฑิโต ชิเร



(1) คือ ตัวนำทองแดงขนาดตามพิกัดที่แสดงการนำกระแสไฟฟ้าได้กี่แอมแปร์ (A)

(2) คือ ฉนวนหุ้ม PVC สามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้ไม่เกิน 750 โวลต์ และทนอุณหภูมิได้ไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส

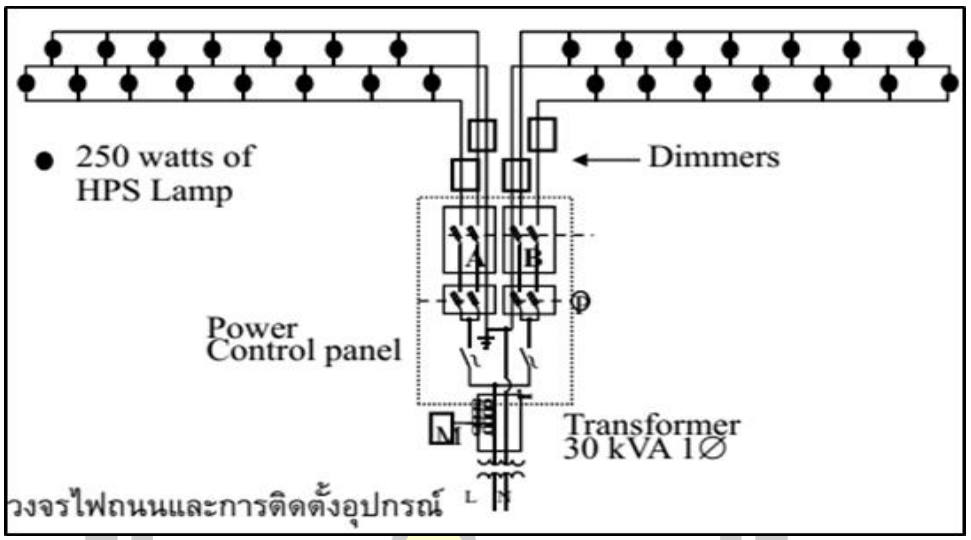
(3) คือ สายไฟฟ้าชนิดฝังดินแบบ (NYY)

ภาพประกอบ 5.4 สายไฟฟ้ามาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น

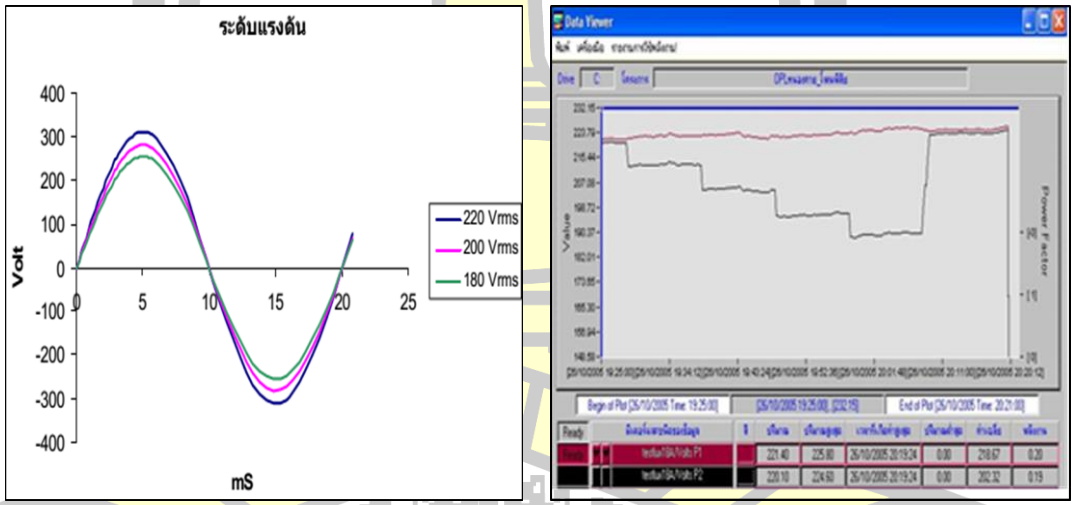
ระยะสูงสุดระหว่างจุดจับยึดสาย (เมตร)	ระยะห่างต่ำสุดระหว่าง (เมตร)		ขนาดสายเล็กสุด (ตร.มม)
	สายไฟฟ้า	สายไฟฟ้ากับสิ่งปลูกสร้าง	
ไม่เกิน 10	0.15	0.05	2.5
11-25	0.20	0.05	4
26-40	0.20	0.05	6

ภาพประกอบ 5.5 ขนาดสายไฟฟ้าที่ใช้ไฟถนนมาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น

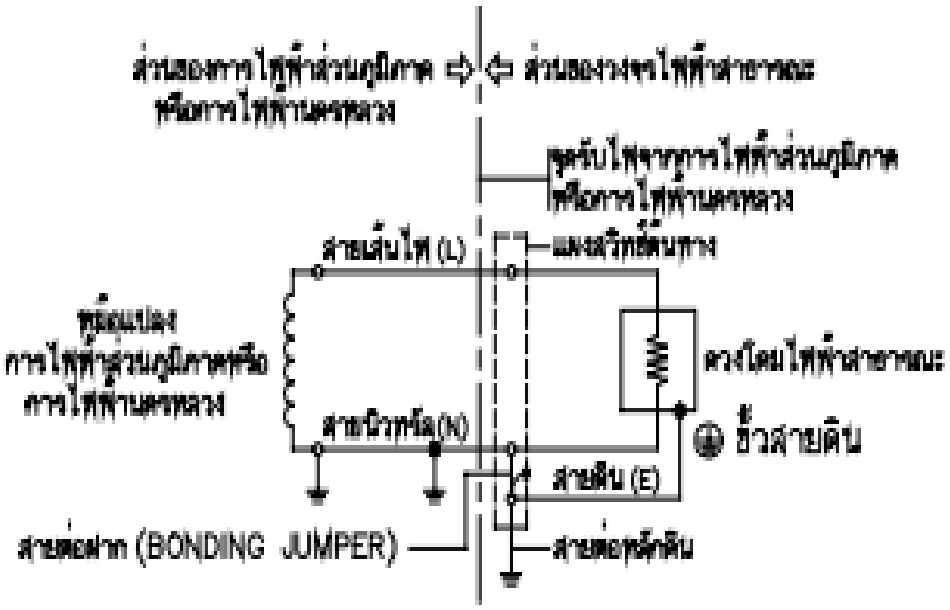
5.3.1.5 การติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าตามพิกัดไฟถนนที่ใช้ หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้จะต้องผ่านมาตรฐานการทดสอบจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อรับรองผลการทดสอบให้และสามารถนำมาใช้งานได้ตลอดอายุการใช้งาน มาตรฐานการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้านั้นจะต้องมีพิกัดไม่เกิน 1 (km) กิโลเมตรเพื่อความปลอดภัยของสายส่งและรักษาพิกัดแรงดันฟ้าให้คงที่เพื่อป้องกันไฟฟ้าตก (Under Voltage) แรงดันไฟฟ้าตกเนื่องจากการใช้งานของโหลดไฟฟ้าอย่างเต็มที่โดยมีการต่อวงจรไฟฟ้าได้อย่างมีมาตรฐานดังภาพประกอบ 5.6 การต่อวงจรไฟฟ้าสาธารณะ กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น



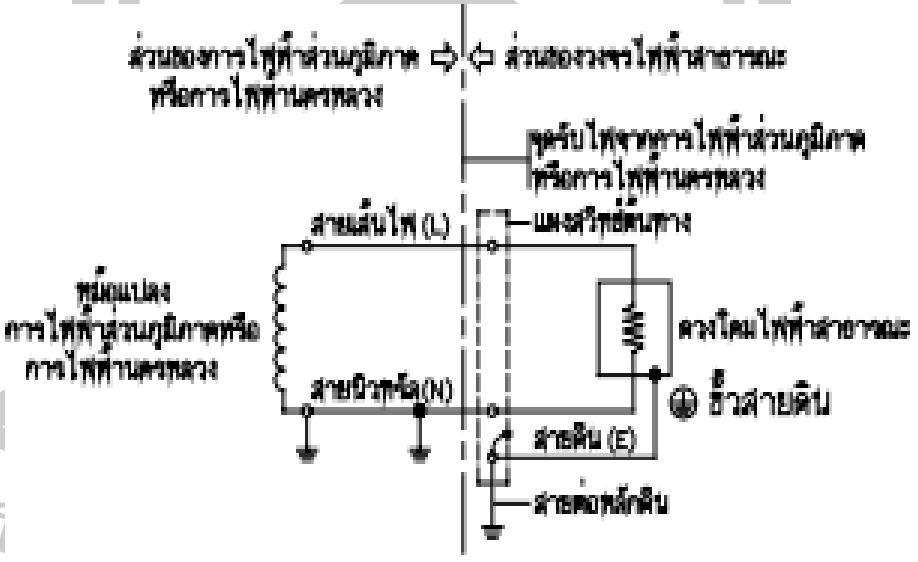
ภาพประกอบ 5.6 การติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบไฟถนนเทศบาลเมืองมหาสารคาม มาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะ กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น



ภาพประกอบ 5.7 ลักษณะแรงดันไฟฟ้าในระบบไฟถนนเทศบาลเมืองมหาสารคาม มาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะ กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น



ภาพประกอบ 5.8 การต่อลงดินหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบไฟถนนเทศบาลเมืองมหาสารคาม มาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะ กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น



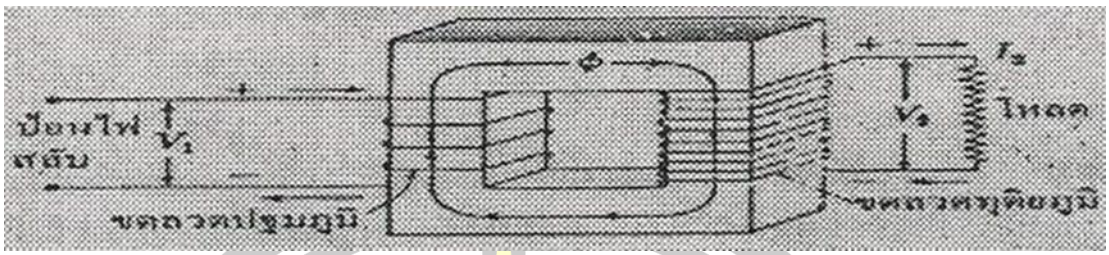
ภาพประกอบ 5.9 การต่อลงดินหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบไฟถนนเทศบาลเมืองมหาสารคาม มาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะ กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น

5.3.2 หม้อแปลงไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Transformer)

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าจากแรงดันสูงที่ต่ำกว่าตามความต้องใช้งานโดยทั่วไป SPEC หม้อแปลงเป็นเพียงการกำหนดพิกัดของหม้อแปลงแต่ไม่ได้บอกถึงประสิทธิภาพ ของหม้อแปลงได้อย่างถี่ถ้วนจากการวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าประหยัดพลังงานพบว่าการสูญเสีย (Loss) ในหม้อแปลงเป็นสิ่งที่พิสูจน์ได้ว่าหม้อแปลงมีประสิทธิภาพอย่างไรและสามารถบอกระยะเวลาคืนทุนได้ และอายุการใช้งานอย่างต่อเนื่อง โดยถ้ามีการนำหม้อแปลงไฟฟ้าประหยัดพลังงานมาใช้จะทำให้องค์กรนั้น ๆ ประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ และยังยืดอายุการใช้งานของตัวอุปกรณ์ได้อีกเป็นการช่วยลดพลังงานไฟฟ้าให้กับประเทศชาติได้อย่างสูงสุด

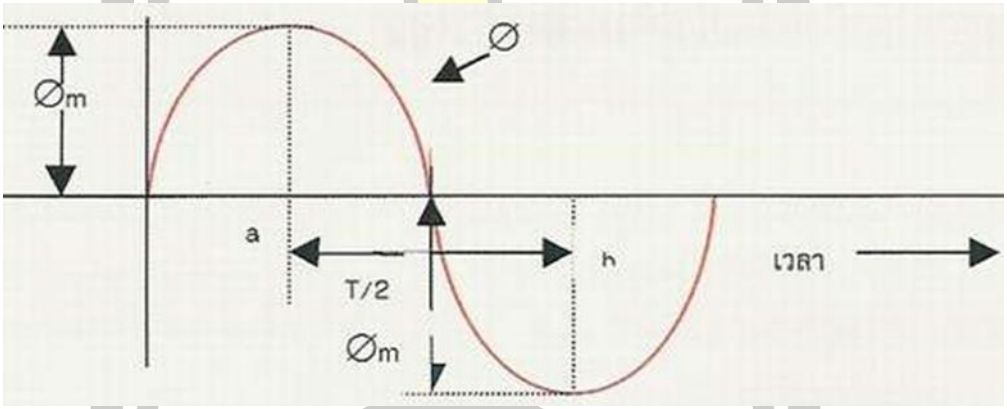
ภาพประกอบ 5.10 หม้อแปลงไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า ประกอบด้วยขดลวด 2 ขด “ขดปฐมภูมิกับขดทุติยภูมิ พันอยู่รอบแกนเหล็ก (เป็นแผนเหล็กจำนวนมากที่วางซ้อนทับกัน) ขดลวดทั้ง 2 ชนิดไม่ได้ต่อกันโดยตรงทางไฟฟ้าหากแต่ถูกกั้นห่างกันด้วยฉนวน เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าไหลผ่านขดลดปฐมภูมิที่ขดลวดนี้จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็ก และจะถูกส่งไปยังขดลวดทุติยภูมิโดยผ่านแกนเหล็ก ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิสำหรับอัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิเทียมกับแรงดันไฟฟ้าที่เกิดที่ขดลวดทุติยภูมินั้น จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนจำนวนรอบที่พันของขดลวดทั้งสอง



ภาพประกอบ 5.11 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบง่าย

หม้อแปลงไฟฟ้าจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของหม้อแปลงไฟฟ้าจะเป็นสัดส่วนกับตัวประกอบ 3 ตัวดังนี้คือ ความถี่ (f) จำนวนรอบของขดลวด (N) และเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุดชั่วขณะ (Øm) ของมิวชวลฟลั๊กซ์สมการของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำหาได้ดังนี้



ภาพประกอบ 5.12 เส้นแรงแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงเป็นรูปไซน์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่ขดลวดแต่ละขดลวดจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนรอบของขดลวดแต่ละชุด

สมการ $E1/E2 = N1/N2$

คุณสมบัติของหม้อแปลงไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

คุณภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าที่จะเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าประหยัดพลังงานต้องอาศัยคุณสมบัติดังนี้

(1) ขดลวดหม้อแปลง ขดลวดแรงสูงใช้เทคโนโลยีการพัน COILS แบบ LOG LAYER WINDING ที่มีการพัฒนาใช้ PAPER STRIP เป็น INSULATION PAPER ที่สามารถเพิ่มความหนาในแต่ละช่วงของการพัน COIL ได้ลดปัญหา HUMAN ERROR ลงได้ เนื่องจากขดลวดแรงสูงเป็นส่วนที่ WEAK ที่สุดของหม้อแปลง ขดลวดแรงต่ำ นำวิธีการผลิตขดลวดพันคอยล์แบบเก่าที่เคยใช้ลวดทองแดงมาใช้ COPPER FOIL ซึ่งทำให้ทนต่อกระแสกระชาก และกระแส SHORT CIRCUITได้สูงสุด เนื่องจาก COPPER FOIL จะรักษาสมดุลย์ของแรงในแนวแกน (AXIAL FORCE) ทำให้แรงลัพธ์ของแรงแนวแกนเป็นศูนย์ในขณะลัดวงจร ขณะที่หม้อแปลงอื่น ๆ จะใช้ลวดทองแดงหลาย ๆ เส้นมาขนานกัน

(2) แกนเหล็กหม้อแปลง ใช้คุณภาพของเนื้อเหล็ก Silicon ที่มีคุณภาพนำมาตัดและเรียงเป็นแบบ STEP LAB CORE จะทำให้เกิด NOISE LEVEL ต่ำและค่า NO-LOAD LOSS ลดลงได้ประมาณ 8-15 % ลดเสียงรบกวน (NOISE LEVEL) ได้อีก 3-4 dB. และลดค่า NO-LOAD CURRENT ได้ 50 % เป็นผลให้ผู้ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าลดค่าใช้จ่ายสำหรับค่าสูญเสียที่เกิดขึ้น

ประโยชน์จากการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง ด้วยลักษณะและคุณสมบัติของหม้อแปลงถ้านำมาใช้งานแทนหม้อแปลงชนิดทั่วไปเพื่อติดตั้งใหม่จะทำให้เกิดประโยชน์ดังนี้

(1) ลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจาก LOSS ในตัวอุปกรณ์

(2) ลดการบำรุงรักษาของตัวอุปกรณ์

(3) ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายในการเสียค่าไฟฟ้า

(4) ยืดอายุการใช้งานของตัวอุปกรณ์

(5) ช่วยประเทศชาติได้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า

(6) ลดค่าเชื้อเพลิง รักษาสิ่งแวดล้อม

กรณีที่ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าทั่วไป กรณีนี้เราให้หม้อแปลงมีการทำงานเต็มพิกันตลอดเวลาและการสูญเสีย Loss ต่าง ๆ จากตารางการใช้พลังงานไฟฟ้าจะคำนวณได้จากที่ พิกัด 500 KVA. Total Loss = 6.50 KW

พลังงานไฟฟ้าที่มีต่อวัน = 6.50 KW X 24 ชั่วโมง = 156 Kwh./วัน

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน = 156 Kwh. X 2.3 บาท = 358.80 บาท/วัน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี = 156 Kwh. X 365 วัน = 56,940 Kwh./ปี

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี = 56,940 Kwh. X 2.3 = 130,962 บาท/ปี

กรณีที่ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง จากการศึกษาโรงหม้อแปลงที่ผลิตขึ้นในประเทศจะคำนึงถึงค่า Loss ในหม้อแปลงที่สำคัญจึงนำพิกัดหม้อแปลงที่ 500 KVA แรงดันไฟฟ้า 22 KV มาเปรียบเทียบแสดงผล พิกัด 500 KVA. Total Loss = 5.33 KW

พลังงานไฟฟ้าที่มีต่อวัน = 5.33 KW X 24 ชั่วโมง = 127.92 Kwh./วัน

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน = 297.92Kwh. X 2.3 บาท = 297.22บาท/วัน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี = 127.92 Kwh. X 365 วัน = 46,690.80 Kwh./ปี

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี = 46,690.80 Kwh. X 2.3 = 107,388.84 บาท/ปี

5.3.3 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

เปรียบเทียบระหว่าง หม้อแปลงไฟฟ้าทั่วไป กับหม้อแปลงไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

พลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี = 56,940 – 46,690.80 = 10,249.20 Kwh/ปี

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี = 10,249.20 x 2.30 = 23,573.16 บาท/ปี

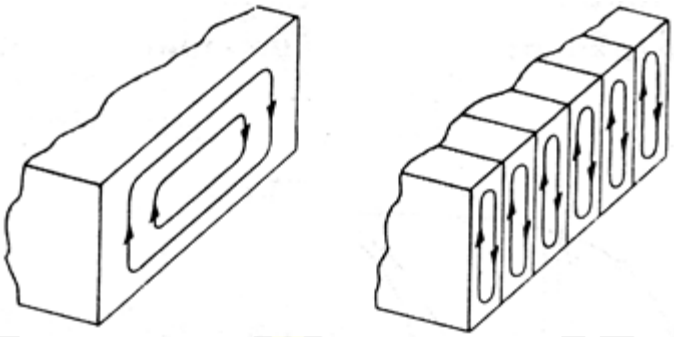
ดังนั้นความสูญเสียที่เกี่ยวกับความเสียดทาน (Friction) และความสูญเสียจากแรงลม (Windage)จึงไม่มีดังนั้นความสูญเสียของหม้อแปลงไฟฟ้าจึงอยู่ในรูปของแกนเหล็ก และลวดทองแดง หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการสูญเสียในขณะทำงานต่ำมากเนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าไม่มีส่วนที่เคลื่อนที่

5.3.4 การทดสอบหาการสูญเสียในแกนเหล็ก

การสูญเสียในแกนเหล็กนี้เกิดจากกระแสไหลวน (Eddy Current Loss) และการสูญเสียจากฮีสเตอริซีส (Hysteresis Loss) เนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กร่วมที่แกนเหล็กหรือเรียกว่ามิวจวลฟลักซ์ ของหม้อแปลงไฟฟ้านี้จะมีค่าคงที่เสมอไม่ว่าโหลดจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรก็ตาม (ถ้าเปลี่ยนแปลงก็น้อยมากประมาณ 1-3 %) จึงถือว่าเป็นค่าสูญเสียคงที่

1) การสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวน

กระแสไหลวนเป็นผลที่เกิดจากกระแสไฟสลับมีการเปลี่ยนแปลงขนาด และทิศทางตลอดเวลา เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นก็จะมีการเปลี่ยนแปลงและตัดกับแกนเหล็กด้วย ซึ่งแกนเหล็กมีความต้านทานอยู่จึงทำให้เกิดกระแสไหลวนขึ้นในแกนเหล็ก และเกิดการสูญเสียในรูปของความร้อน ถ้าใช้แกนเหล็กตันกระแสจะไหลวนอยู่ในพื้นที่ของแกนเหล็กตันซึ่งมีการสูญเสียสูง หากแกนเหล็กตันดังกล่าวแบ่งออกเป็นสองส่วน กระแสก็จะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนด้วย ขณะเดียวกันกำลังสูญเสียจะลดลงเป็นกำลังสองของกระแสที่ถูกแบ่ง (I^2R) ดังนั้นการสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวนจะสามารถทำให้ลดลงได้โดยการใช้แผ่นเหล็กบาง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 5.13



(ก) แกนเหล็กตัน (ข) แกนเหล็กแผ่นบาง ๆ

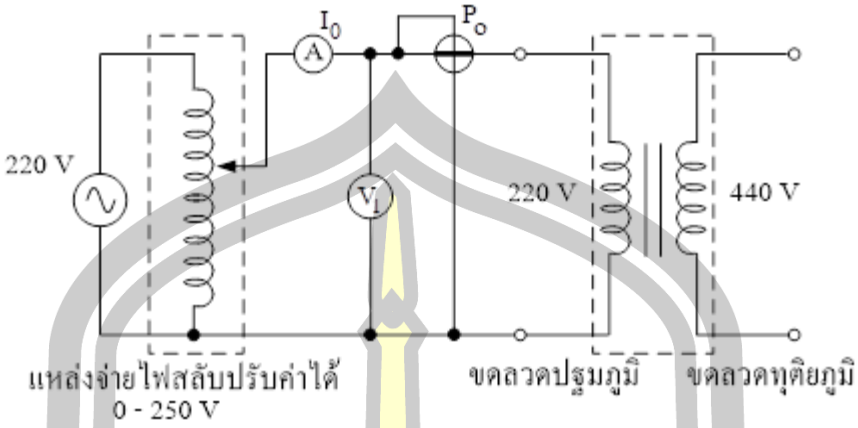
ภาพประกอบ 5.13 แสดงกระแสไหลวนในแกนเหล็ก

2) การสูญเสียเนื่องจากฮีสเตอริซีส

การสูญเสียเนื่องจากฮีสเตอริซีสเกิดขึ้นจากกระแสไฟสลับที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางตลอดเวลา เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้น ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กจึงกลับขั้วไปมาอยู่ตลอดเวลา ซึ่งการกลับทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะต้องใช้พลังงานส่วนหนึ่งเพื่อเอาชนะความฝืดของโมเลกุล พลังงานที่ใช้ไปจึงเป็นพลังงานที่สูญเสียในรูปความร้อน พลังงานสูญเสียที่เอาชนะความฝืดของโมเลกุลเรียกว่าฮีสเตอริซีส

3) การทดสอบแบบวงจรเปิดหรือขณะไม่มีโหลด (Open Circuit หรือ No Load Test)

เป็นการทดสอบหาค่าการสูญเสียในแกนเหล็ก โดยการทดสอบจะทำการทดสอบทาง ด้านแรงดันไฟฟ้าสูงหรือแรงดันไฟฟ้าต่ำก็ได้ แต่ส่วนมากนิยมทำการทดสอบทางด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ และเปิดวงจรทางด้านแรงดันไฟฟ้าสูงดังแสดงในรูปที่ 5.14 และป้อนแรงดันไฟฟ้าปกติตามพิกัดของแรงดันทางด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ ค่าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์จะเป็นค่าสูญเสียของแกนเหล็ก คือ ค่าสูญเสียของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อไม่มีโหลด กระแสที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์นั้นจะเป็นกระแสของ หม้อแปลงไฟฟ้า เมื่อไม่มีโหลด (I_0) ซึ่งมีค่าต่ำมากประมาณ 5 % ของกระแสโหลดเต็มที่ ความสูญเสียเนื่องจากขดลวดทองแดงน้อยมากซึ่งถือว่ามีค่าเป็นศูนย์ ความสูญเสียเนื่องจากแกนเหล็กนี้จะมีค่าน้อยและมีค่าคงที่ด้วยถึงแม้โหลดจะเปลี่ยนแปลงจนถึงโหลดเต็มที่



ภาพประกอบ 5.14 การต่อวงจรเปิดเพื่อหาค่าสูญเสียในแกนเหล็กโดยทดสอบด้านแรงดันต่ำ

เมื่อ $\mathbf{P_o}$ = ค่าสูญเสียในแกนเหล็กอ่านจากวัตต์มิเตอร์

V_1 = แรงดันพิกัดไฟฟ้าเข้าอ่านจากโวลต์มิเตอร์

I_0 = กระแสขณะไม่มีโหลดอ่านจากแอมมิเตอร์

$\mathrm{Cos}\ \theta_0$ = เพาเวอร์แฟกเตอร์ของขดลวด

4) การหาค่า $\mathrm{R_0}$ และ $\mathrm{X_0}$

จากรูปวงจรการทดสอบแบบวงจรเปิดดังแสดงในรูปที่ 5.15 จะได้สูตรดังนี้

$$P_o = V_1 I_0 Cos\,\theta_0$$

$$\mathrm{Cos}\ \theta_0 = \frac{P_o}{V_1 I_0}$$

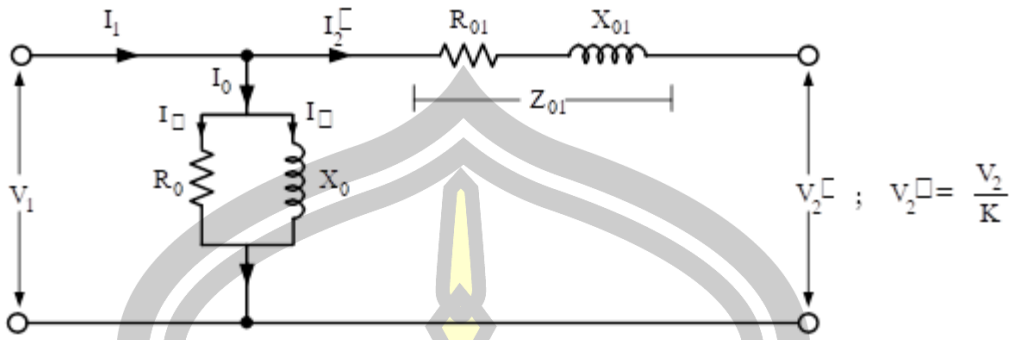
∴ กระแสที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็ก $I_\mu = \mathrm{I_0 Sin\ \theta_0}$

กระแสที่ทำให้การสูญเสียในแกนเหล็ก $\mathrm{I_\omega = I_0 Cos\ \theta_0}$

รีแอกแตนซ์ของหม้อแปลงขณะไม่มีโหลด $X_0 = \frac{V_1}{I_\mu}$

ความต้านทานของหม้อแปลงขณะไม่มีโหลด $R_0 = \frac{V_1}{\mathrm{I_\omega}}$

จากวงจรหาค่าการสูญเสียในแกนเหล็กสามารถเขียนเป็นวงจรสมมูล (Equivalent Circuit) ของหม้อแปลงไฟฟ้าได้ดังแสดงในรูปที่ 5.15



ภาพประกอบ 5.15 วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าทดสอบขณะไม่มีโหลด

เมื่อ R_{01} = ความต้านทานสมมูลของหม้อแปลงเมื่อพิจารณาทางด้านขดลวดปฐมภูมิ

X_{01} = ค่ารีแอกแตนซ์สมมูลของหม้อแปลงเมื่อพิจารณาทางด้านขดลวดปฐมภูมิ

Z_{01} = ค่าอิมพีแดนซ์สมมูลของหม้อแปลงที่เมื่อพิจารณาทางด้านขดลวดปฐมภูมิ

ตัวอย่างที่ 1 หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 220/440 V ขณะไม่มีโหลดกินกระแสไฟฟ้า 5 A ที่ เพาเวอร์แฟกเตอร์เป็น = 0.2 ล้าหลัง จงคำนวณหา

1. กระแสสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก
2. กระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก
3. ค่าของ R_0, X_0
4. กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็ก P_o

วิธีทำ จากโจทย์กำหนด

V_1 = 220 V ; V_2 = 440 V

I_0 = 5 A ; $\text{Cos}\,\theta_0$ = 0.2

เมื่อ $\text{Cos}\,\theta_0$ = 0.2

$\theta_0 = \text{Cos}^{-1}\,0.2$

θ_0 = 78.5°

1. กระแสสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก

$I_\mu = I_0 \text{Sin}\,\theta_0$ A

I_μ = 5 Sin 78.5° A

I_μ = 4.89 A **ตอบ**

2. กระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก

$$I_\omega = I_0 \text{Cos}\,\theta_0 \quad \text{A}$$

$$I_\omega = 5\ \text{Cos}78.5^\circ \quad \text{A}$$

$$I_\omega = 0.99 \quad \text{A} \quad \textbf{ตอบ}$$

3. ค่าของ R_0, X_0

$$R_0 = \frac{V_1}{I_\omega} \quad \Omega$$

$$R_0 = \frac{220}{0.99} \quad \Omega$$

$$R_0 = 222.22 \quad \Omega \quad \textbf{ตอบ}$$

$$X_0 = \frac{V_1}{I_\mu} \quad \Omega$$

$$X_0 = \frac{220}{4.89} \quad \Omega$$

$$X_0 = 44.99 \quad \Omega \quad \textbf{ตอบ}$$

4. กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็ก

$$P_o = V_1\, I_0 \text{Cos}\,\theta_0 \quad \text{W}$$

$$P_o = 220 \times 5 \times 0.2 \ \text{W}$$

$$P_o = 220 \quad \text{W} \quad \textbf{ตอบ}$$

หรือ $P_o = (I_\omega)^2 \times R_0$ W

$$P_o = (0.99)^2 \times 222.22 \quad \text{W}$$

$$P_o = 217.80 \quad \text{W}$$

5.3.5 การทดสอบหาการสูญเสียในลวดทองแดง

การสูญเสียในลวดทองแดงนี้เกิดขึ้นเนื่องจากในสภาวะที่หม้อแปลงไฟฟ้าต่อเข้ากับโหลดก็จะมีค่าความสูญเสียเกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานของขดลวดปฐมภูมิและขดลวด ทุติยภูมิซึ่งเป็นการสูญเสียของลวดทองแดงและจากการทดสอบหาค่าสูญเสียของลวดทองแดงสามารถจะหาค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(1) หม้อแปลงไฟฟ้าตัวนั้นมีความสูญเสียเนื่องจากลวดทองแดงที่โหลดเต็มที่ หรือโหลดขนาด ต่าง ๆ เท่าไร

(2) สามารถหาค่าความต้านทานสมมูล (R_{01}, R_{02}) ค่ารีแอกแตนซ์สมมูล (X_{01}, X_{02}) และค่าอิมพีแดนซ์สมมูล (Z_{01}, Z_{02})

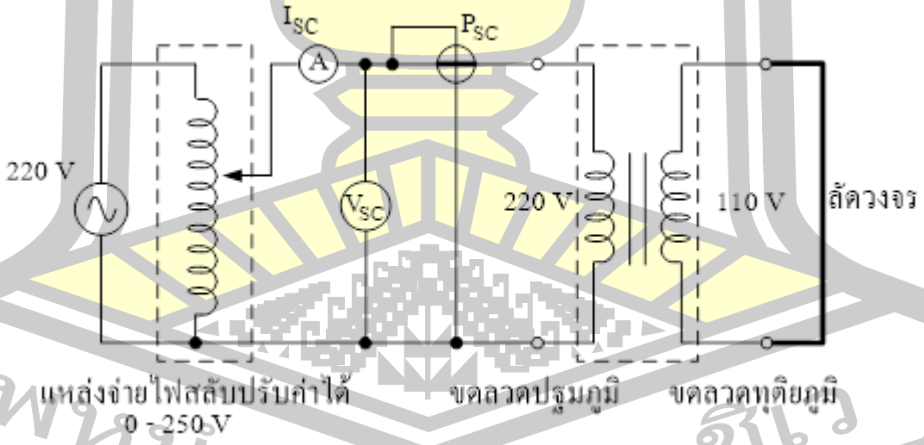
(3) เมื่อทราบค่าอิมพีแดนซ์สมมูล (Z_{01},Z_{02}) สามารถหาค่าแรงดันตกคร่อมหม้อแปลงไฟฟ้า และการหาค่าโวลต์เตจเรกูเลชันได้

1) การสูญเสียในลวดทองแดง

การสูญเสียชนิดนี้เกิดขึ้นที่ลวดทองแดงของหม้อแปลงไฟฟ้า เนื่องจากความต้านทานของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งด้านปฐมภูมิและด้านทุติยภูมิ ในขณะที่หม้อแปลงไฟฟ้าทำงานเมื่อไม่มีโหลดจะมีกระแสจำนวนน้อยที่ไหลในขดลวดปฐมภูมิเท่านั้น ความสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ขดลวดปฐมภูมิจึงมีไม่มาก แต่กรณีที่หม้อแปลงอยู่ในสภาวะมีโหลดต่อเข้ากับขดลวดทุติยภูมิจะมีกระแส ไฟฟ้าไหลในขดลวดทุติยภูมิ และขดลวดปฐมภูมิเพิ่มขึ้นตามขนาดของโหลดด้วย ดังนั้นจึงเกิดความสูญเสียขึ้นทั้งในขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งความสูญเสียที่เกิดขึ้นด้านขดลวดปฐมภูมิในสภาวะมีโหลดจะมากกว่าตอนที่ไม่มีโหลดหลายเท่า ดังนั้นความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้า ในสภาวะมีโหลดจะมีค่าสูงขึ้น และแสดงผลความสูญเสียในลวดทองแดงมาในรูปความร้อน

2) การทดสอบแบบลัดวงจรหรือวงจรปิด (Copper loss test)

การทดสอบหาค่าการสูญเสียของลวดทองแดงทดสอบโดยวิธีลัดวงจรทางด้านขดลวดแรงดันไฟฟ้าต่ำและจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าทางด้านขดลวดแรงดันไฟฟ้าสูง โดยจะใช้แรงดันไฟฟ้าในการทดสอบประมาณ 10 % ของแรงดันไฟฟ้าด้านแรงดันสูง และวัดค่ากำลังไฟฟ้าทางด้านขดลวดแรงดันไฟฟ้าสูงดังแสดงในรูปที่ 5.9



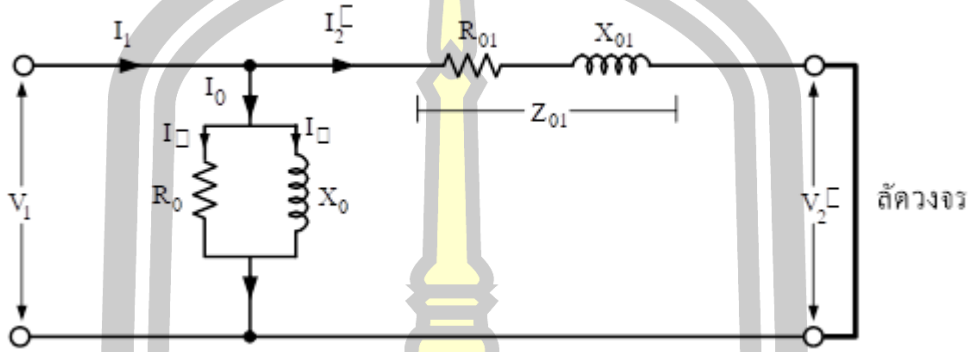
ภาพประกอบ 5.16 การทดสอบเพื่อหาค่าสูญเสียในลวดทองแดงด้วยการต่อลัดวงจร

ค่าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์ (P_{SC}) เป็นค่าสูญเสียในลวดทองแดงของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะโหลด เต็มที่

ค่าที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์ (I_{SC}) กระแสพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า (Rated Current)

ค่าที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์ (V_{SC}) แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปประมาณ 10 % ของแรงดันไฟฟ้า ขณะโหลดเต็มที่

จากวงจรการทดสอบหาค่าการสูญเสียในลวดทองแดง ซึ่งสามารถเขียนเป็นวงจรสมมูลของ หม้อแปลงไฟฟ้าได้ดังแสดงในรูปที่ 5.13



ภาพประกอบ 5.17 วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าทดสอบแบบลัดวงจรคิดทางด้านขดลวดปฐมภูมิ

3) การหาค่าอิมพีแดนซ์สมมูล

จากวงจรทดสอบแบบลัดวงจรสมมติว่าขดลวดแรงดันต่ำเป็นขดลวดทุติยภูมิและต่อเป็นแบบลัดวงจร ดังนั้นขดลวดแรงดันสูงจึงเป็นขดลวดปฐมภูมิและค่าต่าง ๆ ที่คำนวณได้ จึงได้มาจากการพิจารณาที่ขดลวดปฐมภูมิ

$$Z_{01} = \frac{V_{SC}}{I_{SC}}$$

เมื่อ Z_{01} = อิมพีแดนซ์สมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อพิจารณาเทียบกับขดลวดปฐมภูมิ

V_{SC} = แรงดันที่ป้อนให้ขดลวด

I_{SC} = กระแสอ่านจากแอมมิเตอร์

4) การหาความต้านทานสมมูล (Equivalent resistance)

$$P_{SC} = (I_{SC})^2 R_{01}$$

$$R_{01} = \frac{P_{SC}}{(I_{SC})^2}$$

เมื่อ R_{01} = ค่าความต้านทานสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อพิจารณาเทียบกับขดลวดปฐมภูมิ

P_{SC} = ค่าความสูญเสียของลวดทองแดงที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์

5) การหาค่ารีแอกแตนซ์สมมูล (Equivalent reactance)

$$X_{01} = \sqrt{(Z_{01})^2 - (R_{01})^2}$$

เมื่อ X_{01} = รีแอกแตนซ์สมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อพิจารณาเทียบกับขดลวดปฐมภูมิ

ตัวอย่างที่ 2 หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส มีขนาดพิกัดแรงดัน 220/440 V 50 Hz จากการทดสอบได้ข้อมูลดังต่อไปนี้

1) สภาวะวงจรเปิด เมื่อเปิดวงจรด้านขดลวดแรงดันสูง วัดและอ่านค่าด้านขดลวดแรงดันต่ำได้ดังนี้

P_o = 70 W , V_1 = 220 V , I_0 = 0.8 A

2) สภาวะลัดวงจร เมื่อลัดวงจรด้านขดลวดแรงดันต่ำ วัดและอ่านค่าด้านแรงดันสูงได้ดังนี้

P_{SC} = 80 W , V_{SC} = 15 V , I_{SC} = 10 A

ให้คำนวณหาค่าดังต่อไปนี้

- กระแสสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก
- กระแสที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก
- ค่าอิมพีแดนซ์ เมื่อพิจารณาจากด้านขดลวดแรงดันสูง
- ค่าความต้านทานสมมูล เมื่อพิจารณาจากด้านขดลวดแรงดันสูง
- ค่ารีแอกแตนซ์สมมูล เมื่อพิจารณาจากด้านขดลวดแรงดันสูง

วิธีทำ จากการทดสอบหม้อแปลงในสภาวะวงจรเปิด วัดและอ่านค่าด้านแรงต่ำ

จะได้ $P_o = V_1 I_0 Cos\,\theta_0$

$$Cos\,\theta_0 = \frac{P_o}{V_1 I_0}$$

$$Cos\,\theta_0 = \frac{70}{220 \times 0.8} = 0.397$$

$\theta_0 = Cos^{-1}\, 0.397 = 66.5°$

Sin θ_0 = Sin 66.5° = 0.917

1) กระแสสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก

$I_\mu = I_0 Sin\,\theta_0$ A

I_μ = 0.8 × 0.917 A

I_μ = 0.734 A

2) กระแสที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก

$$I_{\omega} = I_0 Cos\ \theta_0 \quad A$$
$$I_{\omega} = 0.8 \times 0.397 \quad A$$
$$I_{\omega} = 0.317 \quad A$$

3) ค่าอิมพีแดนซ์ เมื่อพิจารณาจากด้านขดลวดแรงดันสูง

$$Z_{02} = \frac{V_{SC}}{I_{SC}} \quad \Omega$$
$$Z_{02} = \frac{15}{10} \quad \Omega$$
$$Z_{02} = 1.5 \quad \Omega \quad \textbf{ตอบ}$$

4) ค่าความต้านทานสมมูล เมื่อพิจารณาจากด้านขดลวดแรงดันสูง

$$R_{02} = \frac{P_{SC}}{(I_{SC})^2} \quad \Omega$$
$$R_{02} = \frac{80}{(10)^2} \quad \Omega$$
$$R_{02} = 0.8\ \Omega$$

5) ค่ารีแอกแตนซ์สมมูล เมื่อพิจารณาจากด้านขดลวดแรงดันสูง

$$X_{02} = \sqrt{(Z_{02})^2 - (R_{02})^2} \quad \Omega$$
$$X_{02} = \sqrt{1.5^2 - 0.8^2}$$
$$X_{02} = 1.27 \quad \Omega$$

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงมากเนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าไม่มีส่วนใดเคลื่อนที่ การสูญเสียของหม้อแปลงไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ด้วยกันคือการสูญเสียเนื่องจากแกนเหล็กและการสูญเสียจากขดลวดทองแดง การสูญเสียเนื่องจากแกนเหล็กสามารถหาค่าการสูญเสียได้โดยการทดสอบหม้อแปลงแบบวงจรเปิด ส่วนการสูญเสียเนื่องจากขดลวดทองแดงสามารถหาค่าการสูญเสียได้โดยการทดสอบหม้อแปลงแบบลัดวงจร

การสูญเสียที่เกิดจากแกนเหล็กจะประกอบด้วยการสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวน และการสูญเสียเนื่องจากฮีสเตอริซีส ส่วนการสูญเสียเนื่องจากลวดทองแดงจะเกิดจากค่าความต้านทานภายใน ตัวลวดทองแดงซึ่งจะแสดงผลการสูญเสียออกมาในรูปความร้อน

5.4 วิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน Break Even Point จะได้นำมาพิจารณาหาค่าต่างๆ ที่นำมาใช้ในกการพิจารณาคำนวณและพิจารณาหาการคุ้มทุน หรือ Pay Back Period และมีค่าตัวแปรในการคำนวณหาค่าต่างๆ จากผลการทดสอบมาใช้ในการคำนวณดังนี้

1) จำนวนชั่วโมงการใช้งาน
2) ราคาเฉลี่ยของอุปกรณ์ที่ใช้
3) ราคาเฉลี่ยของค่าไฟฟ้า
4) จำนวนวันที่ใช้งานต่อเดือน
5) ผลประหยัดพลังงานต่อปี (Saving)
6) อายุการใช้งาน

ราคาหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆตามท้องตลาด

ตาราง 5.4 ราคาวัสดุไฟฟ้าตามท้องตลาดท้องถิ่น

ลำดับ	รายการ	พิกัดกำลัง (W)	ชนิดบัลลาสต์	ราคา (บาท)	หมายเหตุ
1	หลอดไส้ Incandescent	37	-	110	
2	หลอดตะเกียบ CFL	8.8	-	124	
3	หลอดไฟถนน Fluorescent	36	ขดลวดแกนเหล็ก	90	
4	หลอดโซเดียม HPS	250	ขดลวดแกนเหล็ก	580	
5	หลอด LED (T8)	18	Driver	255	
6	หลอด Street Lighting	130	Driver	13,500	
7	หลอดแสงจันทร์ MHL	250	ขดลวดแกนเหล็ก	850	

หมายเหตุ

ราคาสืบจากท้องตลาดและกรมบัญชีกลาง กระทรวงพาณิชย์ ปี /2563

สูตรการคำนวณ

1) การหาค่ากำลังฟ้าที่ใช้พลังงานต่อวัน

- หลอดไส้จะกินกำลังไฟฟ้าที่ = 37.0 W
- หลอดตะเกียบจะกินกำลังไฟฟ้าที่ = 8.8 W

ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้คือ = 37.0 – 8.8 = 28 .2 W

2) กำหนดชั่วโมงที่ใช้ ต่อวันคือ 8 ชั่วโมง /วัน

3) คำนวณหาเงินที่ประหยัดได้ต่อเดือน

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อเดือน = ค่ากำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อวัน X จำนวนชั่วโงที่ใช้ต่อวัน X จำนวนวันที่ใช้งานต่อเดือน X ราคาเฉลี่ยค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

ดังนั้น จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี คือ (28.2 x 8 x 30 x 4) / 1,000 = 27.072 บาทต่อเดือน หรือ 27.072 x 12 = 324.864 บาทต่อปี

4) คำนวณหาจุดคุ้มทุน

ระยะเวลาคืนทุน = ราคาอุปกรณ์ / จำนวนเงอนที่ประหยัดได้ต่อเดือน

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุน คือ 124 / 27.072 = 4.580 เดือน

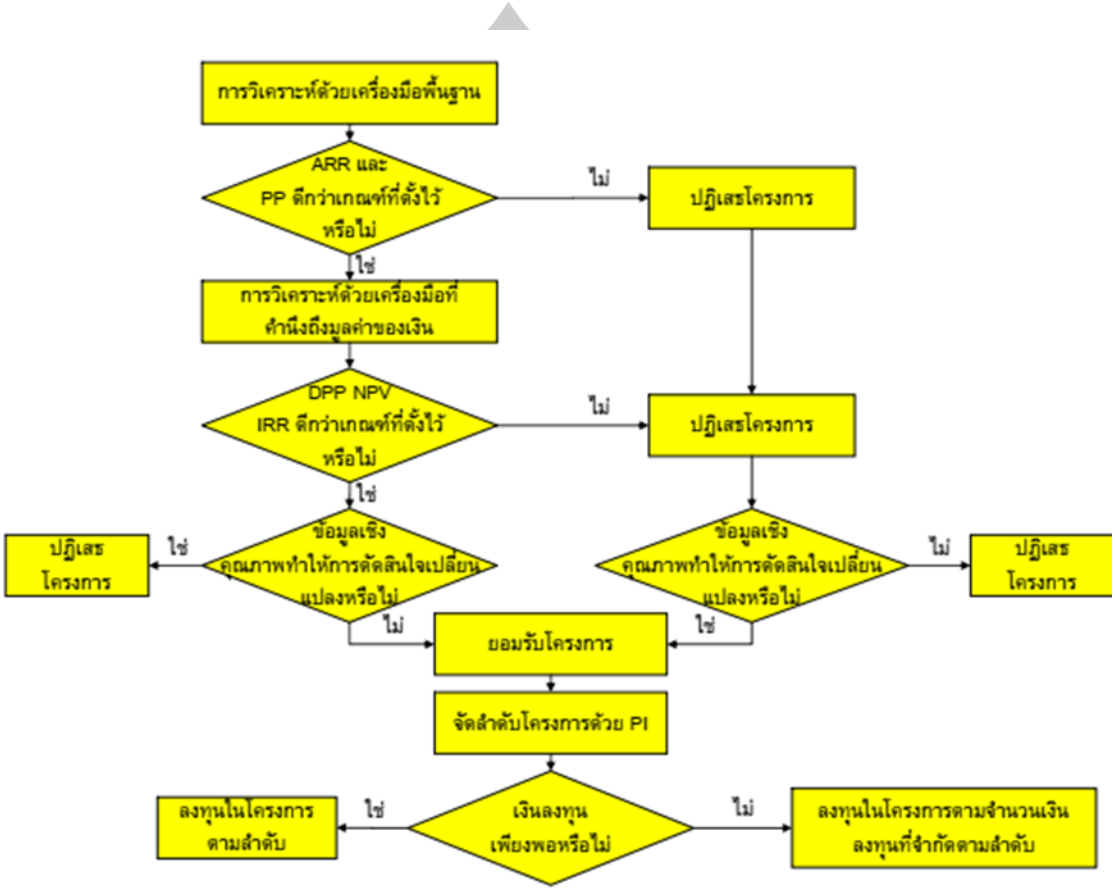
หรือ 4.580 / 12 เดือน = 0.38 ปี

ถ้าต้องการทราบจำนวนชั่วโมงที่ใช้งานต่อวัน เพื่อให้ได้จุดคุ้มทุนคืนมา Break-even point ที่ประมาณ 1 ปี หรือ 12 เดือน เมื่อต้องการเปลี่ยนหลอด CFL วัตต์แทน หลอด 40 วัตต์หลอดแบบ Incandescent หลอดไส้ (Blub)

$$\text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานต่อวัน} = \frac{124 \text{ บาท}}{\frac{28.2 \text{ วัตต์}}{1{,}000} \times 12 \text{ เดือน} \times 30 \text{ วัน} \times 4 \text{ บาท}} = 3.053 \text{ ชั่วโมงต่อวัน}$$

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

5.4.1 การแสดงขั้นตอนการพิจารณาโครงการเพื่อจุดคุ้มทุน IRR



ภาพประกอบ 5.18 ขั้นตอนการพิจารณาโครงการเพื่อจุดคุ้มทุนของโครงการ

ที่มา; อนุรักษ์ ทองสุโข การตัดสินใจเพื่อการลงทุน

การประเมินโครงการลงทุนในโครงการประหยัดพลังงานให้กับหน่วยงานภาครัฐที่สำนักงานเทศบาลเมืองมหาสารคามได้รับการสนับสนุนในฐานะเจ้าของโครงการจะมุ่งเน้นที่หาผลตอบแทนสุทธิหลังจากหักภาษีเงินได้นิติบุคคลแล้วดังนั้นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินไม่ว่าจะเป็น NPV IRR หรือ PB จะใช้กับกระแสเงินสดหลังจากหักภาษีเงินได้นิติบุคคลแล้วโดยที่การประเมินโครงการลงทุนในมุมมองของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ) โดยสำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน(สกอ.) ซึ่งเป็นหน่วยงานของภาครัฐจะแตกต่างจากในมุมมองของเจ้าของโครงการเนื่องจาก(สกอ.)จะ ต้องคำนึงถึงผลประโยชน์โดยรวมของระบบเศรษฐกิจที่จะเกิดจากการให้การสนับสนุนการอนุรักษ์พลังงาน มิใช่ ผลตอบแทนที่ภาคเอกชนจะได้รับการวัดผลตอบแทนโดยรวม ของระบบเศรษฐกิจ จะใช่เครื่องมือที่เรียกว่าอัตราผลตอบแทน การลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Internal Rate of Return : EIRR) โครงการลงทุน ที่มีค่า EIRR เกินกว่าค่ามาตรฐาน ร้อยละ 9 ต่อปี ถือว่าเป็นโครงการ

ที่ (สกอ.) น่าจะสนับสนุนให้เกิดขึ้น ในขณะเดียวกัน (สกอ.) ก็จะใช้เครื่องมืออีกตัวหนึ่งที่เรียกว่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนทางการเงิน(Financial Internal Rate of Return : FIRR) ในการคัดเลือกโครงการที่เสนอขอรับการสนับสนุนและกำหนดขอบเขตของการสนับสนุน แก่โครงการลงทุนที่ มีค่า FIRR เกินกว่า MRR+2 จะถือว่าเป็นโครงการที่มีผลตอบแทน ทางการเงินในตัวของมันเอง มากเพียงพอที่เจ้าของ โครงการ ควรลงทุนเอง โดยไม่ต้อง ได้รับ การสนับสนุนจาก กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เพราะนั้นการคำนวณหาค่าผลตอบแทนทางการเงิน(FIRR)และทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR) แบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนหลัก ที่สำคัญแสดง ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1: การคำนวณมูลค่าทางการเงิน

การคำนวณทางด้านการเงินแบ่งออกเป็น 2 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1: การคำนวณราคา หรือ อัตราค่าใช้จ่ายต่อหน่วย ณ ปีที่ t

1) ราคาอุปกรณ์หรือวัสดุประหยัดพลังงาน ประเภท Z (บาทต่อหน่วย) ในปีที่ t

$$C_{Zt} = C_{Z0} \prod_{i=1}^{t} (1 + RI_t)$$

กำหนดให้

CZT = ราคาอุปกรณ์หรือวัสดุประหยัดพลังงานประเภท Z (บาทต่อหน่วย) ในปีที่ t

CZo = ราคาอุปกรณ์หรือวัสดุประหยัดพลังงานประเภท Z (บาทต่อหน่วย) ในตอนเริ่มโครงการ

RI_t = อัตราการเพิ่มขึ้น (+)/ลดลง (-) ของราคาอุปกรณ์หรือวัสดุประหยัดพลังงานอันเนื่องมาจากเงินเฟ้อในปีที่ t (กำหนดโดย สกอ.)

2) ค่าติดตั้งอุปกรณ์ วัสดุประหยัดพลังงานประเภท Z ต่อหน่วย ในปีที่ t

$$IC_{Zt} = IC_{Z0} \prod_{i=1}^{t} (1 + RL_t)$$

กำหนดให้

ICZT = ค่าติดตั้งอุปกรณ์ประเภท Z ต่อหน่วยในปีที่ t

ICZo = ค่าติดตั้งอุปกรณ์ต่อหน่วยในตอนเริ่มโครงการ

RLt = อัตราการเพิ่มขึ้น (+)/ลดลง (-) ของอัตราค่าแรงงานในปีที่ t (กำหนดโดย สกอ.)

3) อัตราค่ากำลังไฟฟ้าประเภท x ในปีที่ t

$$Px_t = Px_0 \prod_{i=1}^{t}(1 + RPx_t)$$

กำหนดให้

PXT = อัตราค่ากำลังไฟฟ้าประเภท x ในปีที่ t

PXo = อัตราค่ากำลังไฟฟ้าประเภท x ในปีที่ 0 (บาทต่อปี)

RPxt = อัตราการเพิ่มขึ้น (+)/ลดลง (-) ของอัตราค่ากำลังไฟฟ้าประเภท x ในปีที่ t (กำหนดโดย สกอ.)

4) ราคาพลังงานประเภท y ในปีที่ t

$$Qy_t = Qy_0 \prod_{i=1}^{t}(1 + RQy_t)$$

กำหนดให้

QYt = ราคาพลังงานประเภท y ในปีที่ t

QYo = ราคาพลังงานประเภท y ในปีที่ 0

RQyt = อัตราการเพิ่มขึ้น (+)/ลดลง (-) ของราคาพลังงานประเภท y ในปีที่ t (กำหนดโดย สกอ.)

ขั้นที่ 2: การคำนวณมูลค่าทางการเงิน ณ ปีที่ t

1) ค่าใช้จ่ายเงินลงทุน ค่าวัสดุอุปกรณ์ ณ ปีที่ t

$$FI_t = \sum_z K_{zt}(C_{zt} + IC_{zt})$$

กำหนดให้

FIt = ค่าใช้จ่ายเงินลงทุน ณ ปีที่ t

Kzt = จำนวนอุปกรณ์หรือวัสดุประหยัดพลังงานประเภท Z ที่ได้ลงทุนตามมาตรการในปีที่ t (เป็นลบ ถ้าเป็นอุปกรณ์หรือวัสดุที่ประหยัดได้)

Czn = จำนวนเทียบเท่าของอุปกรณ์หรือวัสดุประหยัดพลังงาน ประเภท Z

Czt = ราคาอุปกรณ์/วัสดุประหยัดพลังงานประเภท Z ต่อหน่วยในปีที่ t

พหุน ปณ สกโต ชีเว

2) ค่าใช้จ่ายพลังงานที่ประหยัดได้ในปีที่ t

$$EFS_t = \sum_x D_x * Px_t + \sum_y E_y * Qy_t$$

กำหนดให้

EFST = ค่าใช้จ่ายของพลังงานที่ประหยัดได้ในปีที่ t

Dx = จำนวนกำลังไฟฟ้าประเภท x ที่ประหยัดได้โดยมาตรการ ได้แก่
กำลังไฟฟ้าสูงสุดของเดือน กำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง peak (กรณีใช้อัตรา TOD)
กำลังไฟฟ้าสูงสุดใน ช่วง partial peak (กรณีใช้อัตรา TOD)
และกำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง peak (กรณีใช้ อัตรา TOU)

Pxt = อัตราค่ากำลังไฟฟ้าประเภท x ที่สามารถประหยัดได้ในปีที่ t

y = ปริมาณพลังงานประเภท y ที่ประหยัดได้ต่อปี ได้แก่
พลังงานไฟฟ้า:
พลังงานไฟฟ้าในช่วง peak(กรณีใช้อัตรา TOD)
พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง partial peak (กรณีใช้อัตรา TOD)
พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง off peak(กรณีใช้อัตรา TOD)
พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง peak(กรณีใช้อัตรา TOU)
พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง off peak (วันธรรมดา) (กรณีใช้อัตรา TOU)
และพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง off peak(วันอาทิตย์)(กรณีใช้อัตรา TOU)
พลังงานเชื้อเพลิง:
น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้ม น้ำมันเตา ฯลฯ

Qyt = ราคาพลังงานประเภท y ที่สามารถประหยัดได้ในปีที่ t

3) ค่าใช้จ่ายแรงงานที่เพิ่มขึ้น (+)/ลดลง (-) ในปีที่ t อันเนื่องมาจากมาตรการ

$$LFC_t = LFC_0 \prod_{i=1}^{t}(1 + RL_t)$$

กำหนดให้

LFCT = ค่าใช้จ่ายแรงงานที่เพิ่มขึ้นในปีที่ t

LFCo = ค่าใช้จ่ายแรงงานที่เพิ่มขึ้นคิดตามอัตราค่าแรงงานในปีที่ 0

RLt = อัตราการเพิ่มขึ้น (+)/ลดลง (-) ของอัตราค่าแรงงานในปีที่ t (กำหนดโดย สกอ.)

4) ค่าใช้จ่ายผันแปรอื่น ๆ ที่เพิ่มขึ้น(+)/ลดลง(-) ในปีที่ t อันเนื่องมาจากมาตรการ

$$OFC_t = OFC_0 \prod_{i=1}^{t}(1 + RO_t)$$

กำหนดให้

OFCT = ค่าใช้จ่ายแปรผันอื่น ๆ ที่เพิ่มขึ้น(+)/ลดลง(-) ในปีที่ t

OFCo = ค่าใช้จ่ายแปรผันอื่น ๆ ที่เพิ่มขึ้น(+)/ลดลง(-)คิดตามราคาในปีที่ 0

ROt = อัตราการเพิ่มขึ้น (+)/ลดลง (-) ของค่าใช้จ่ายแปรผันอื่น อันเนื่องมาจากภาวะเงินเฟ้อในปีที่ t (กำหนดโดย สกอ.)

5) ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ หักลบด้วยค่าใช้จ่ายแปรผันที่เพิ่มขึ้นในปีที่ t

$$NFS_t = EFS_t - LFC_t - OFC_t \quad , \quad t > 0$$

$$NFS_0 = 0$$

กำหนดให้

NFST = ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ หักลบด้วยค่าใช้จ่ายแปรผันที่เพิ่มขึ้นในปีที่ t

LFSt = ค่าใช้จ่ายพลังงานที่ประหยัดได้ในปีที่ t

LFCt = ค่าใช้จ่ายแรงงานที่เพิ่มขึ้นในปีที่ t

OFCt = ค่าใช้จ่ายแปรผันอื่น ๆ ที่เพิ่มขึ้น(+)/ลดลง(-)ในปีที่ t

ขั้นตอนที่ 2 : การคำนวณมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

1) ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของอุปกรณ์วัสดุพลังงานที่ลงทุนในปีที่ t

$$EI_t = \sum_z K_{zt} * (C_{z0} - FC_z)$$

กำหนดให้

Elt = ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของอุปกรณ์/วัสดุประหยัดพลังงานที่ลงทุนในปีที่ t

Kzt = จำนวนอุปกรณ์/วัสดุประหยัดพลังงานที่ได้ลงทุนตามมาตรการในปีที่ t

Cz0 = ราคาอุปกรณ์/วัสดุประหยัดพลังงานต่อหน่วยในตอนเริ่มโครงการ (ปีที่ 0)

FCz = อัตราการบิดเบือนจากราคาตลาดเป็นต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับ อุปกรณ์ และวัสดุประหยัดพลังงาน

2) ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของแรงงานที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากมาตรการ

$$LEC_t = LFC_0$$

3) ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของค่าใช้จ่ายแปรผันอันเนื่องมาจากมาตรการประหยัดพลังงาน

$$OEC_t = OEC_0$$

กำหนดให้

OECT = ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของค่าใช้จ่ายแปรผันอันเนื่องมาจากมาตรการ ณ ปีที่ t

4) มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี

$$EES_t = \sum_x D_x * FP_x + \sum_y E_y * FQ_y$$

กำหนดให้

EEST = มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี

x = จำนวนกำลังไฟฟ้าประเภท x ที่ประหยัดได้โดยมาตรการ ได้แก่

กำลังไฟฟ้าสูงสุดของเดือน กำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง peak (กรณีใช้อัตรา TOD)

กำลังไฟฟ้าสูงสุดใน ช่วง partial peak (กรณีใช้อัตรา TOD)

และกำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง peak (กรณีใช้ อัตรา TOU)

FPx = มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อ kW สำหรับกำลังไฟฟ้าประเภท x ที่ประหยัดได้ต่อปี

y = ปริมาณพลังงานประเภท y ที่ประหยัดได้ต่อปี ได้แก่

พลังงานไฟฟ้า:

พลังงานไฟฟ้าในช่วง peak(กรณีใช้อัตรา TOD)

พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง partial peak (กรณีใช้อัตรา TOD)

พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง off peak(กรณีใช้อัตรา TOD)

พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง peak(กรณีใช้อัตรา TOU)

พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง off peak (วันธรรมดา) (กรณีใช้อัตรา TOU)

และพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง off peak(วันอาทิตย์)(กรณีใช้อัตรา TOU)

พลังงานเชื้อเพลิง:

น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้ม น้ำมันเตา ฯลฯ

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อหน่วยสำหรับพลังงานประเภท y ที่ประหยัดได้ต่อปี

OECT = ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของแรงงานที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากมาตรการ ณ ปีที่ t

4) มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี

$$EES_t = \sum_x D_x * FP_x + \sum_y E_y * FQ_y$$

กำหนดให้

EEST = มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี

x = จำนวนกำลังไฟฟ้าประเภท x ที่ประหยัดได้โดยมาตรการ ได้แก่

กำลังไฟฟ้าสูงสุดของเดือน กำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง peak (กรณีใช้อัตรา TOD)

กำลังไฟฟ้าสูงสุดใน ช่วง partial peak (กรณีใช้อัตรา TOD)

และกำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง peak (กรณีใช้ อัตรา TOU)

FPx = มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อ kW สำหรับกำลังไฟฟ้าประเภท x ที่ประหยัดได้ต่อปี

y = ปริมาณพลังงานประเภท y ที่ประหยัดได้ต่อปี ได้แก่

พลังงานไฟฟ้า:

พลังงานไฟฟ้าในช่วง peak(กรณีใช้อัตรา TOD)

พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง partial peak (กรณีใช้อัตรา TOD)

พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง off peak(กรณีใช้อัตรา TOD)

พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง peak(กรณีใช้อัตรา TOU)

พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง off peak (วันธรรมดา) (กรณีใช้อัตรา TOU)

และพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง off peak(วันอาทิตย์)(กรณีใช้อัตรา TOU)

พลังงานเชื้อเพลิง:

น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้ม น้ำมันเตา ฯลฯ

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อหน่วยสำหรับพลังงานประเภท y ที่ประหยัดได้ต่อปี

OECT = ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของแรงงานที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากมาตรการ ณ ปีที่ t

5) ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของพลังงานที่ประหยัดได้หักลบด้วยต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของค่าใช้จ่ายแปรผันที่เพิ่มขึ้นต่อปี

$$NES_t = EES_t - LEC_t - OEC_t \quad , \quad t > 0$$

$$NES_0 = 0$$

กำหนดให้

NEST = ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของพลังงานที่ประหยัดได้
หักลบด้วยต้นทุน ทางเศรษฐศาสตร์ของค่าใช้จ่ายแปรผันที่เพิ่มขึ้นในปีที่ t

EESt = มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของพลังงานที่ประหยัดได้ในปีที่ t

LECt = ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของแรงงานที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากมาตรการในปีที่ t

OECt = ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของค่าใช้จ่ายแปรผันอันเนื่องมาจากมาตรการประหยัดพลังงานในปีที่ t

ขั้นตอนที่ 3: <u>การคำนวณค่า FIRR และ EIRR</u>

1) การคำนวณค่าอัตราผลตอบแทนภายในทางการเงินของการลงทุน (FIRR)

$$OTC_0 = \sum_{t=0}^{n} \frac{(NFS_t - FI_t)}{(1+FIRR)^t}$$

กำหนดให้

n = อายุการใช้งานของอุปกรณ์หรือมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

OTC0 = ค่าใช้จ่ายครั้งเดียวเมื่อเริ่มโครงการ (ไม่รวมวัสดุ และ อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน)

NFSt = ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ หักลบด้วยค่าใช้จ่ายแปรผันที่เพิ่มขึ้นในปีที่ t

FIt = ค่าใช้จ่ายเงินลงทุน ณ ปีที่ t

FIRR = อัตราผลตอบแทนภายในทางการเงินของเงินลงทุน

2) การคำนวณค่าอัตราผลตอบแทนภายในทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุน

$$OTC_0 = \sum_{t=0}^{n} \frac{(NES_t - EI_t)}{(1+EIRR)^t}$$

กำหนดให้

n = อายุการใช้งานของอุปกรณ์หรือมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

OTC0 = ค่าใช้จ่ายครั้งเดียวเมื่อเริ่มโครงการ (ไม่รวมวัสดุ และ อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน)

NESt = ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของพลังงานที่ประหยัดได้

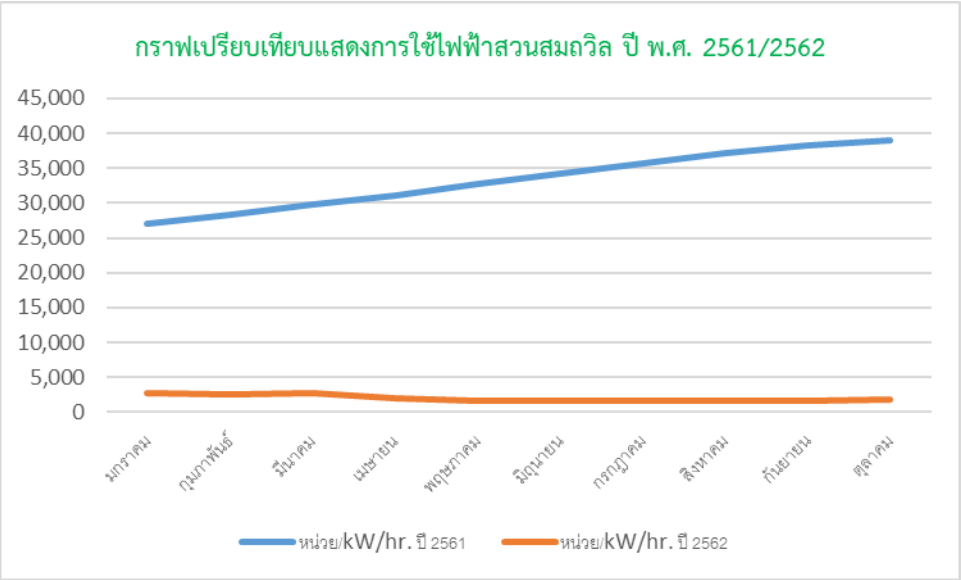
หักลบด้วยต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ ของค่าใช้จ่ายแปรผันที่เพิ่มขึ้นในปีที่ t

EIt = ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของอุปกรณ์/วัสดุประหยัดพลังงานที่ลงทุนในปีที่ t

EIRR = อัตราผลตอบแทนภายในทางเศรษฐศาสตร์ของเงินลงทุน

ตาราง 5.5 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าสาธารณะสวนสุขภาพสมถวิลจำนวน 13 ต้น ประจำปี พ.ศ. 2561/2562

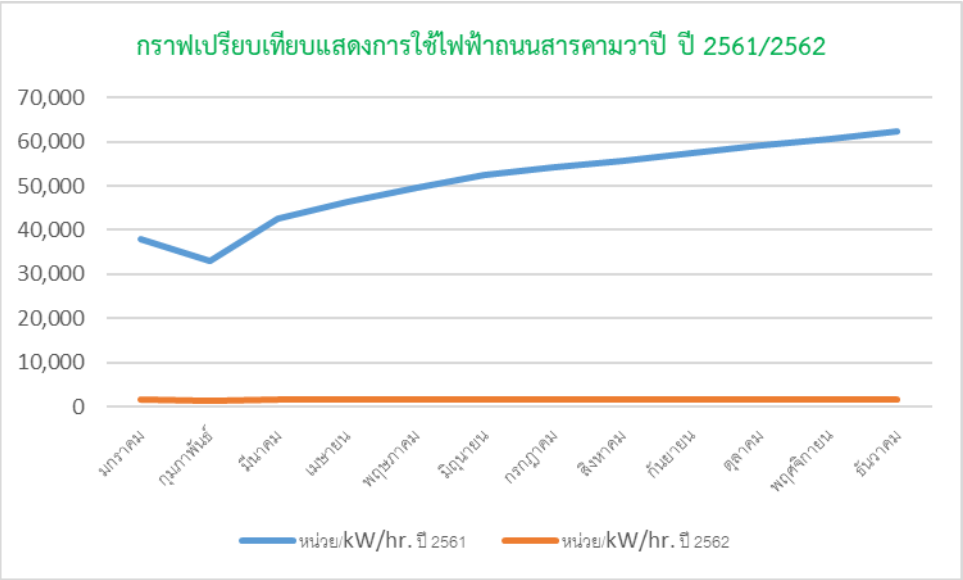
ลำดับที่	เดือน	หน่วย/kW/hr. ปี 2561	หน่วย/kW/hr. ปี 2562	จำนวนkW/hr.ลดลง
1	มกราคม	26,972	2,797	24,175
2	กุมภาพันธ์	28,256	2,502	25,754
3	มีนาคม	29,734	2,644	27,090
4	เมษายน	31,142	2,073	29,069
5	พฤษภาคม	32,673	1,678	30,995
6	มิถุนายน	34,205	1,583	32,622
7	กรกฎาคม	35,671	1,610	34,061
8	สิงหาคม	37,223	1,632	35,591
9	กันยายน	38,209	1,694	36,515
10	ตุลาคม	38,910	1,748	37,162
11	พฤศจิกายน	39,671	1,770	37,901
12	ธันวาคม	40,394	1,842	38,552



ภาพประกอบ 5.19 การเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าสาธารณะสวนสุขภาพสมถวิล ปี พ.ศ. 2561/2562

ตาราง 5.6 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าสาธารณะถนนสารคามวาปีปทุม กิ่งคู่ จำนวน 36 ต้น ประจำปี พ.ศ.2561/2562

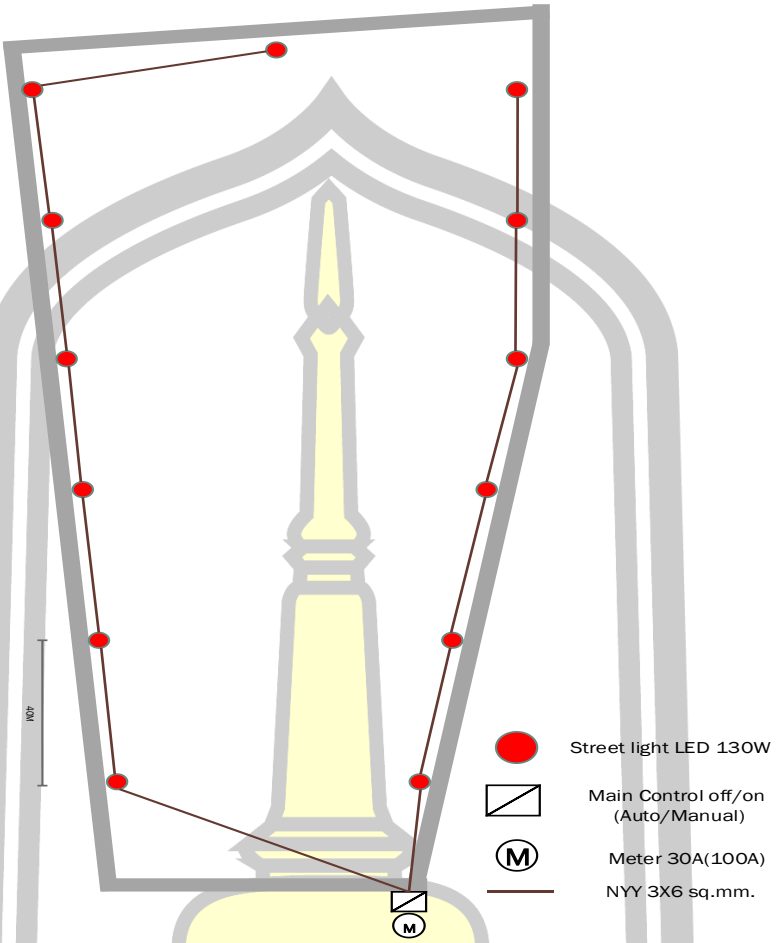
ลำดับที่	เดือน	หน่วย/kW/hr. ปี 2561	หน่วย/kW/hr. ปี 2562	จำนวนkW/hr.ลดลง
1	มกราคม	37,865	1,752	36,113
2	กุมภาพันธ์	32,890	1,553	31,337
3	มีนาคม	42,655	1,590	41,065
4	เมษายน	46,255	1,593	44,662
5	พฤษภาคม	49,440	1,613	47,827
6	มิถุนายน	52,556	1,556	51,000
7	กรกฎาคม	54,143	1,561	52,582
8	สิงหาคม	55,787	1,622	54,165
9	กันยายน	57,415	1,652	55,763
10	ตุลาคม	59,030	1,683	57,347
11	พฤศจิกายน	60,678	1,651	59,027
12	ธันวาคม	62,346	1,731	60,615



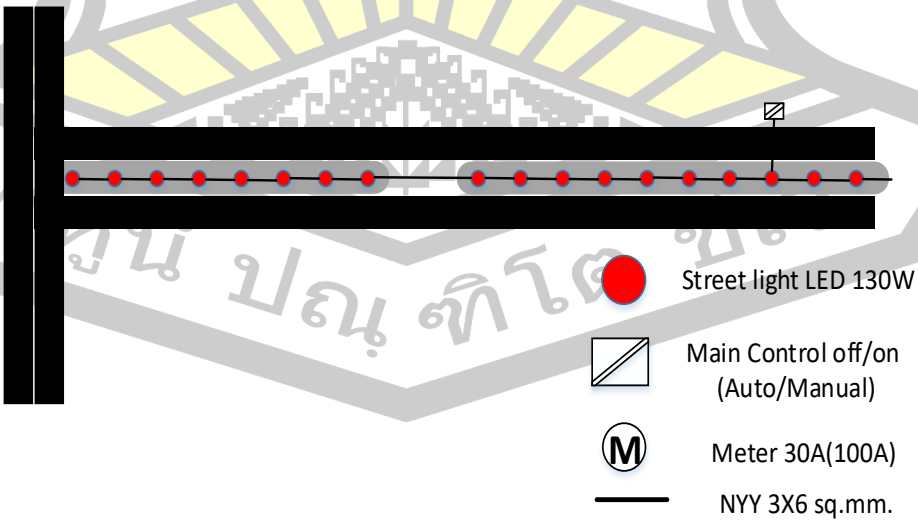
ภาพประกอบ 5.20 แสดงการเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าสาธารณะถนนสารคามวาปี ปี พ.ศ. 2561/2562

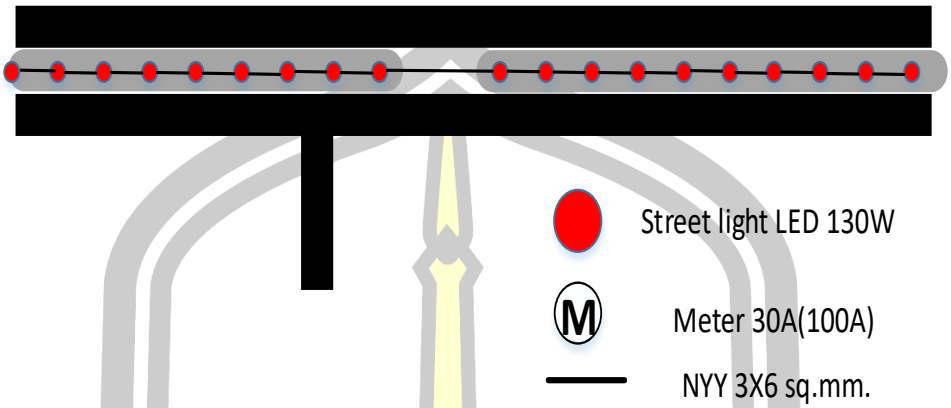
จากตารางข้างบนเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าสาธารณะ เทศบาลเมืองมหาสารคามซึ่งได้มีการปรับเปลี่ยนโครงการตามที่ได้รับงบประมาณสนับสนุนโครงการเพิ่มประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานในหน่วยงานภาครัฐ จากสำนักงานกองทุนส่งเสริมสนับสนุนด้านกิจการการพลังงาน กระทรวงพลังงาน เมื่อปี พ.ศ. 2561 ได้ดำเนินการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแบบเดิมที่ใช้เป็นหลอดโซเดียม ขนาด 250 วัตต์ เป็นหลอดแบบ แอล อี ดี ขนาด 130 วัตต์ ซึ่งได้ดำเนินการปรับเปลี่ยนเป็นที่เรียบร้อยและเห็นการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจนด้วยการที่ลดหน่วยการใช้ไฟฟ้าสาธารณะต่อเดือน ปี ลงมากประหยัดพลังงานเกือบ 80-90% เปอร์เซ็นต์ ช่วยให้สำนักงานเทศบาลเมืองมหาสารคามได้ลดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าสาธารณะในองค์กรและเป็นการประหยัดพลังงานช่วยชาติ ดังแสดงในแผนผังต่อไปนี้

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 5.21 ผังบริเวณการติดตั้งระบบไฟฟ้าสาธารณะถนนสารคามวาปี จำนวน 36 ต้น





ภาพประกอบ 5.22 ผังบริเวณการติดตั้งระบบไฟฟ้าสาธารณะถนนสารคามวาปี จำนวน 36 ต้น

ช่วงการเดินสายระบบไฟฟ้าใต้ดินจะเดินสายช่วงยาวประมาณระยะทาง 40 เมตร ต่อต้น สายไฟฟ้าที่ใช้ถ้าเป็นแบบเดิมจะเป็นขนาดสาย NYY 3 x 10 Sq,mm ปัจจุบันการเดินสายไฟฟ้าที่เป็นหลอดแบบชนิดใหม่จะเป็นสาย NYY 3 x 6 Sq.mm ซึ่งลดลงตามขนาดพิกัดของหลอดไฟฟ้าอุปกรณ์ที่ใช้งานจริงเป็นชุดควบคุมแบบอัตโนมัติใช้นาฬิกา เปิด ปิด ดังที่แสดงมาจากข้างต้นเป็นเวลากลางคืน 12 ชั่วโมงของการใช้งานต่อวัน

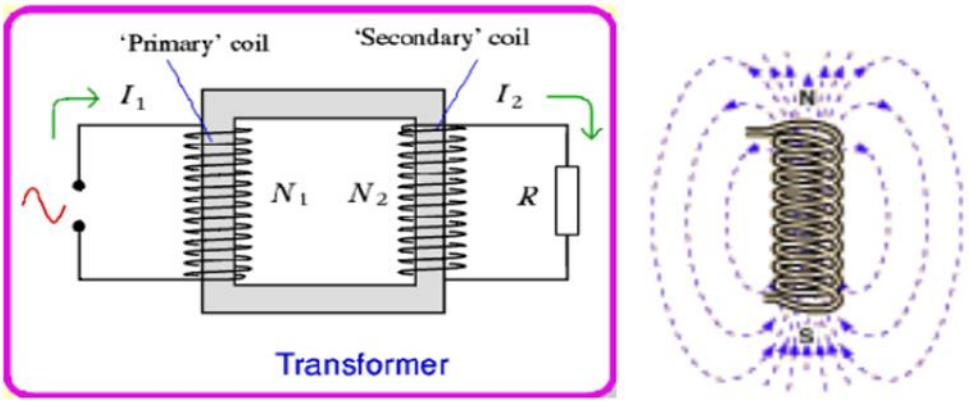
5.4.2 การคิดค่า (Loss) สูญเสียในหม้อปลงไฟฟ้า

กำลังสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าสามารถนำมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้าได้ ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่จ่าย}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่จ่าย} + \text{กำลังไฟฟ้าที่เสียไปขณะไม่มีโหลด} + \text{กำลังไฟฟ้าที่เสียไปขณะมีโหลด}}$$

โดยประสิทธิภาพสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อ Copper Loss = Core Loss

หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า



ภาพประกอบ 5.23 แสดงการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเครื่องกลที่แปลงแรงดันไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าแรงสูง High Voltage (HV) ซึ่งรับจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ Low Voltage (LV) ตามพิกัดของโหลดไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าประกอบด้วย ขดลวดด้านปฐมภูมิและขดลวดด้านทุติยภูมิ พันอยู่รอบๆแกนเหล็กที่กั้นด้วยฉนวน เมื่อให้แรงดันกับขดลวดปฐมภูมิจะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าทำให้เกิดแรงดันขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิ อัตราการเกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นอยู่กับการพันขดลวดของแกนเหล็กที่ขดปฐมภูมิและทุติยภูมิ ซึ่งมีขนาดขดลวดเป็นตัวกำหนดของการไหลกระแสไฟฟ้า

5.4.3 แนวทางการเลือกใช้พิจารณาหม้อแปลงไฟฟ้าความสูญเสียต่ำ

สามารถใช้เฉพาะอุปกรณ์บางอย่างพิจารณาอุปกรณ์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าประเภทหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังชนิดฉนวนเป็นน้ำมัน พพ. 1011-1-2547 ของกรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งกำหนดขีดพิกัดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นเกณฑ์การเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าไว้ดังนี้

ตาราง 5.7 แสดงพิกัดกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า

ขนาดหม้อแปลง (kVA)	ขีดพิกัดกำลังไฟฟ้าสูญเสียสูงสุด (W) ที่ไม่มีภาระ (No Load) สำหรับแรงดันระบบไม่เกิน		ขีดพิกัดกำลังไฟฟ้าสูญเสียสูงสุด (W) ที่ภาระเต็มพิกัด (Full Load) ที่อุณหภูมิ 75°C
	22/ 24 kV	33 kV	
50	160	170	950
100	250	260	1,550
160	360	370	2,100
250	500	520	2,950
315	600	630	3,500
400	720	750	4,150
500	860	900	4,950
630	1,010	1,050	5,850
800	1,200	1,270	9,900
1,000	1,270	1,300	12,150
1,250	1,500	1,530	14,750
1,500	1,820	1,850	17,850
2,000	2,110	2,140	21,600
2,500	2,300	2,350	25,650
3,000	2,700	2,750	29,700

ทั้งนี้ประสิทธิภาพของหม้อแปลง ที่อุณหภูมิ 75 °C จะต้อง

- ไม่น้อยกว่า 98% ที่ครึ่งภาระเต็มพิกัด ที่ตัวประกอบกำลังเป็น 1 (1/2 of rated power and P.F. =1.0)
- ไม่น้อยกว่า 97% ที่ภาระเต็มพิกัด ที่ตัวประกอบกำลังเป็น 1 (rated power and P.F. =1.0)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 5.8 ข้อมูลจำเพาะของหม้อแปลงไฟฟ้าบางรายที่ใช้อ้างอิงในการคำนวณ

พิกัดหม้อแปลง (kVA)	กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก (W)	กำลังสูญเสียตามโหลดที่พิกัดที่ 75° C (W)	แรงดันอิมพีแดนซ์ที่ 75° C (%)	ประสิทธิภาพที่โหลดค่าต่าง ๆ เทียบเป็นร้อยละกับพิกัด (P.F. = 1)		น้ำหนักของหม้อแปลง (kg)
				50%	100%	
50	210	1,050	4	98.15	97.54	425
100	340	1,750	4	98.47	97.95	640
160	480	2,350	4	98.68	98.26	890
200	570	2,850	4	98.73	98.32	995
250	670	3,250	4	98.83	98.46	1,175
315	800	3,900	4	98.89	98.53	1,345
400	900	4,600	4	98.99	98.64	1,475
500	1050	5,500	4	99.07	98.71	1,780
630	1,250	6,500	4	99.10	98.78	2,035
750	1,450	9,000	5	99.02	98.63	2,320
800	1,450	9,900	5	99.03	98.60	2,320
1,000	1,750	12,500	5.5	99.03	98.60	2,755
1,250	2,000	14,500	6	99.11	98.70	3,140
1,500	2,200	17,500	6	99.13	98.70	3,790
1,600	2,200	19,500	6	99.12	98.66	3,850
2,000	2,800	22,500	6	99.16	98.75	4,550
2,500	3,200	26,500	6	99.22	98.83	5,350

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตัวอย่างการคำนวณเปรียบเทียบพลังงานสูญเสียของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ฉนวนเป็นน้ำมันแบบทั่วไปและแบบความสูญเสียต่ำ

กรณีใช้หม้อแปลงแบบทั่วไป

$$P_{Load} = \left[\frac{kVA^2}{kVA_{rated}^2}\right] \times P_{Load_rated}$$

เมื่อ

P_{Load}	คือ ค่ากำลังสูญเสียที่โหลดใดๆ (kW)
P_{Load_rated}	คือ ค่ากำลังสูญเสียตามโหลดที่พิกัด (kW)
kVA	คือ ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏที่จ่ายจริงในขณะใช้งาน (V)
kVA_{rated}	คือ ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏที่พิกัด (V)

หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 50 kVA ทำงานเต็มพิกัดและมีการใช้งานตลอดเวลา

จากตารางการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้าฉนวนเป็นน้ำมันแบบทั่วไป 50 kVA

No Load Loss + Load Loss = 210 W + 1,050 W = 1.26 kW

พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไป = 1.26 kW x 8,760 ชั่วโมง 11,037.6 kWh/ปี

ค่าไฟฟ้าสูญเสียต่อปี = 11,037.6 kWh x 4.00 บาท/kWh = 44,150.4 บาท/ปี

หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 50 kVA ทำงานเต็มพิกัดและมีการใช้งานตลอดเวลา

จากตารางการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้าฉนวนเป็นน้ำมันแบบความสูญเสียต่ำ 50 kVA

No Load Loss + Load Loss = 160 W + 950 W = 1.1 kW

พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไป = 1.1 kW x 8,760 ชั่วโมง 9,636 kWh/ปี

ค่าไฟฟ้าสูญเสียต่อปี = 9,636 kWh x 4.00 บาท/kWh = 38,544 บาท/ปี

ดังนั้น

พลังงานที่ประหยัดได้ = 11,037.6 - 9,636 kWh/ปี = 1,401.6 kWh/ปี

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 44,150.4 - 38,544 บาท/ปี = 5,606.4 บาท/ปี

5.4.4 สายไฟฟ้า (Cable) หรือสายตัวนำไฟฟ้า

สายไฟฟ้า (Cable) หรือสายตัวนำไฟฟ้าชนิดต่างๆ เช่น บัสบาร์ (Bus bar) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญไม่ยิ่งไปกว่าหม้อแปลงไฟฟ้า และแผงจ่ายวงจรไฟฟ้า เนื่องจากการเลือกขนาดของสายไฟฟ้าจะต้องเลือกความต้านทานต่ำ และรวมถึงการติดตั้งที่เหมาะสมจะช่วยให้มีความสูญเสียระหว่างการจ่ายโหลดไปยังปลายทางได้อย่างเหมาะสม โดยทั่วไปตัวนำจะมีความต้านทานมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

a.) ขนาดและตัวนำไฟฟ้า เส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่จะทำให้ความต้านทานลดลง

b.) อุณหภูมิสูงทำให้ความต้านทานลดลง

ระดับแรงดันไฟฟ้ายังมีผลต่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลในสาย การเลือกระดับแรงดันไฟฟ้าสูงทำให้ลดกระแสไฟฟ้าที่ผ่าน ตัวนำได้เมื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าเท่ากันกับการใช้ระดับแรงดันต่ำ จึงสามารถทำให้การจ่ายกำลังไฟฟ้าสูญเสียและทำให้แรงดันตกต่ำ (Voltage Drop) หรือกลุ่มโหลดไฟฟ้าอยู่ห่างไกลจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า จะต้องเลือกระดับแรงดันที่เหมาะสมในการจ่ายกำลังไฟฟ้า เพื่อลดค่าการสูญเสียและแรงดันไฟฟ้าตก

ตาราง 5.9 การคำนวณค่าการสูญเสียในสายไฟฟ้าขณะใช้งานจริงสวนสุขภาพสมถวิล จำนวน 13 ต้นกิ่งเดี่ยว

รายละเอียด	**250 W (HPS)**	**130 W (LED)**
โหลดไฟฟ้า	400 kVA	400 kVA
ค่ากระแสไฟฟ้าใช้งาน	14.77 A	7.68 A
ชนิดของสายไฟฟ้า	NYY	NYY
ขนาดของสายไฟฟ้า	3x10 Sq.mm	3x6 Sq.mm
ความยาวของสายไฟฟ้า	520 m	520 m
ความต้านทานของสายไฟฟ้า ®	0.08 Ohm	0.07 Ohm
ความสูญเสียในสายไฟฟ้า [3 I^2R]	52.36 Watt	12.39 Watt
ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน	12	12
พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในสายไฟฟ้า	0.052 kWh	0.013 kWh
ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ย	4/kWh	4/kWh
ค่าไฟฟ้าสูญเสียในสายต่อวัน	0.21 บาท	0.052 บาท
ค่าไฟฟ้าสูญเสียในสายต่อเดือน	6,3 บาท	0.21 บาท

ตาราง 5.10 การคำนวณค่าการสูญเสียในสายไฟฟ้าขณะใช้งานจริงถนนสารคามวาปี จำนวน 36 ต้นกิ่งคู่

รายละเอียด	250 W (HPS)	130 W (LED)
โหลดไฟฟ้า	400 kVA	400 kVA
ค่ากระแสไฟฟ้าใช้งาน	81.81 A	42.54 A
ชนิดของสายไฟฟ้า	NYY	NYY
ขนาดของสายไฟฟ้า	3x10 Sq.mm	3x6 Sq.mm
ความยาวของสายไฟฟ้า	1,500 m	1500 m
ความต้านทานของสายไฟฟ้า ®	0.08 Ohm	0.07 Ohm
ความสูญเสียในสายไฟฟ้า [3 I^2R]	1,606.30 Watt	380.07 Watt
ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน	12	12
พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในสายไฟฟ้า	1.61 kWh	0.381 kWh
ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ย	4/kWh	4/kWh
ค่าไฟฟ้าสูญเสียในสายต่อวัน	6.44 บาท	1.524 บาท
ค่าไฟฟ้าสูญเสียในสายต่อเดือน	193.2บาท	45.72 บาท

การคำนวณหาค่า IRR (Internal Rate Of Return) อัตราผลตอบแทนภายใน

สูตรการหาค่า

$$\mathrm{IRR} = \sum_{i=0}^{n} \frac{\mathrm{Valuei}}{(1+\mathrm{IRR})\mathrm{i}} = 0$$

การหาค่า NPV (Net Present Of Value) หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ อัตราการลดค่า (Discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสด ที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุนเท่ากับปัจจุบันของกระแสมูลค่าเงินสดที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการโครงการ ประหยัดพลังงานตลอดอายุของโครงการการที่จะหาค่า IRR ได้จะต้องประกอบได้ 3 อย่างดังนี้

1. กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ
2. กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุของโครงการ
3. ระยะเวลาโครงการ

การหาค่า NPV (Net Present Of Value) หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ผลต่างของ Present Value มูลค่าปัจจุบันของผลรวมกระแสเงินสดจ่ายสุทธิและกระแสเงินสดรับสุทธิเราใช้ Net Present Value (NPV) เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. กระแสเงินสดจ่ายเงินลงทุนสุทธิ
2. ระยะเวลาโครงการ
3. กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ
4. อัตราลดค่าหรือค่าของทุนของธุรกิจ

NPV > 0 = สามารถลงทุนได้ผลตอบแทนจากการลงทุนมีมากกว่า

NPV = 0 = คุ้มทุนพอดีควรพิจารณาจากปัจจัยอื่นนอกเหนือจากเรื่องเงิน

NPV < 0 = ควรหลีกเลี่ยงผลตอบแทนจากการลงทุนมีน้อยกว่า

โครงการที่ 1

YEAR	C.F
0	-175,000.00
1	35,000.00
2	20,000.00
3	15,000.00
4	10,000.00
5	5,000.00
rate	7%
NPV	฿73,617.41
IRR	-26%

โครงการที่ 2

YEAR	C.F
0	-612,000.00
1	50,000.00
2	35,000.00
3	25,000.00
4	15,000.00
5	13,500.00
rate	7%
NPV	฿118,775.52
IRR	-41%

ผลจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมเอกเซลล์จะได้ตามที่คำนวณโดยโครงการที่ 1 จะอยู่ที่ประมาณ 26% และโครงการที่ 2 ประมาณ 41% ซึ่งได้คำนวณจากการลงทุนในปีแรกที่มีการเปลี่ยนโคมไฟฟ้าแบบ (LED) ถือว่ามีความคุ้มค่าและประหยัดการใช้พลังงานเพิ่มประสิทธิภาพให้กับหน่วยงานภาครัฐเพื่อเป็นแบบอย่างขององค์กรที่มีคุณภาพใส่ใจปัญหารักษาสิ่งแวดล้อมช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและภาวะโลกร้อนด้วยต่อไป

5.5 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยจะเห็นได้ว่าเมื่อทำการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าที่เป็นแบบเดิมชนิดหลอดไฟถนนแบบโซเดียมขนาด 250 W เป็นหลอดไฟถนน Street Lighting LED ขนาด 130 W และหลอดไฟถนนแบบฟลูออเรสเซนต์เดิม ขนาด 36 W เป็นหลอด LED T8 และหลอดประหยัดไฟตะเกียบหรือหลอดไส้ Blub ขนาด 23 W เป็น LED 13 W ในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม ก็จะทำให้ได้ประสิทธิภาพการส่องสว่างเพิ่มมากขึ้น Efficiency ให้แสงสว่างมากกว่าแต่ประหยัดพลังงานไฟฟ้า ถ้าคิดเป็นเปอร์เซนต์ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดทำให้เทศบาลเมืองมหาสารคามได้มีส่วนร่วมในการลดคาร์บอนไดออกไซด์ ลงประมาณ 1,070 tCO2/year และยังได้รับเงินสนับสนุนจากองค์กรก๊าซเรือนกระจกของประเทศเยอรมัน ประมาณปีล่ะ 270,000 บาทต่อปี เพื่อพัฒนาองค์กรเกี่ยวกับการลดก๊าซเรือนกระจกในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคามอย่างต่อเนื่อง และเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนทำให้เป็นเมืองน่าอยู่ในอนาคตก้าวสู่เมืองอัจฉริยะหรือ Smart ต่อไป

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บรรณานุกรม

[1] TDLIGHTLED, “ต้นกำเนิดหลอดไฟ,” 2557. https://sites.google.com/site/tdlight2015/tdlightnews/tn-kaneid-hlxd-fi (accessed Feb. 17, 2021).

[2] P. C. Hewitt, *Method of Manufacturing Vapor or Gas Lamps*. New York, 1901.

[3] Arthur Konze, “หลอดไฟฟ้า,” 2004. http://www.neutron.rmutphysics.com/news/index.php?option=com_content&task=view&id=2694&Itemid=4 (accessed Feb. 01, 2021).

[4] อัจฉรา ปัญญา, *รางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ประจำปี พ.ศ. 2557 (ค.ศ. 2014): LED สีน้ำเงิน*, vol. 31. 2557.

[5] Mitsuhiro Koden, *OLED Displays and Lighting*. USA and Canada: Wiley-IEEE Press, 2017.

[6] กรมทางหลวง, “ข้อกำหนดและมาตรฐานทั่วไปงานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง,” 2554. https://www.yotathai.com/yotanews/lighting-installation (accessed Feb. 12, 2021).

[7] ชุติพนธ์ อู่ยายโสม, “การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมทางไฟฟ้าของบริภัณฑ์ส่องสว่าง,” สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 2559.

[8] มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, “การออกแบบระบบส่องสว่างไฟถนน.” http://www.elfit.ssru.ac.th/athisamai_so/file.php/1/Illumination_System_Design_Chap7.pdf (accessed Feb. 01, 2021).

[9] บริษัท ฟิลลิปส์อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด, “ระบบส่องสว่าง LED สำหรับไฟถนนเพื่อความปลอดภัยและคงทน,” 2021. https://www.philips.co.th/ (accessed Feb. 15, 2021).

[10] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, *โครงการพัฒนาอาคารอนุรักษ์พลังงานเป็นอาคารต้นแบบในการประยุกต์ใช้หลอด LED*. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2561.

[11] สภาวิศวกร, *แนวทางการปฏิบัติด้านประสิทธิผลทางพลังงานของโคมไฟถนน*. กรุงเทพฯ: สภาวิศวกร, 2554.

[12] สาโรช บัวศรี, “โคมไฟถนน LED,” *การสัมมนาและอภิปรายเชิงวิชาการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, vol. 1, pp. 1–16, 2557.

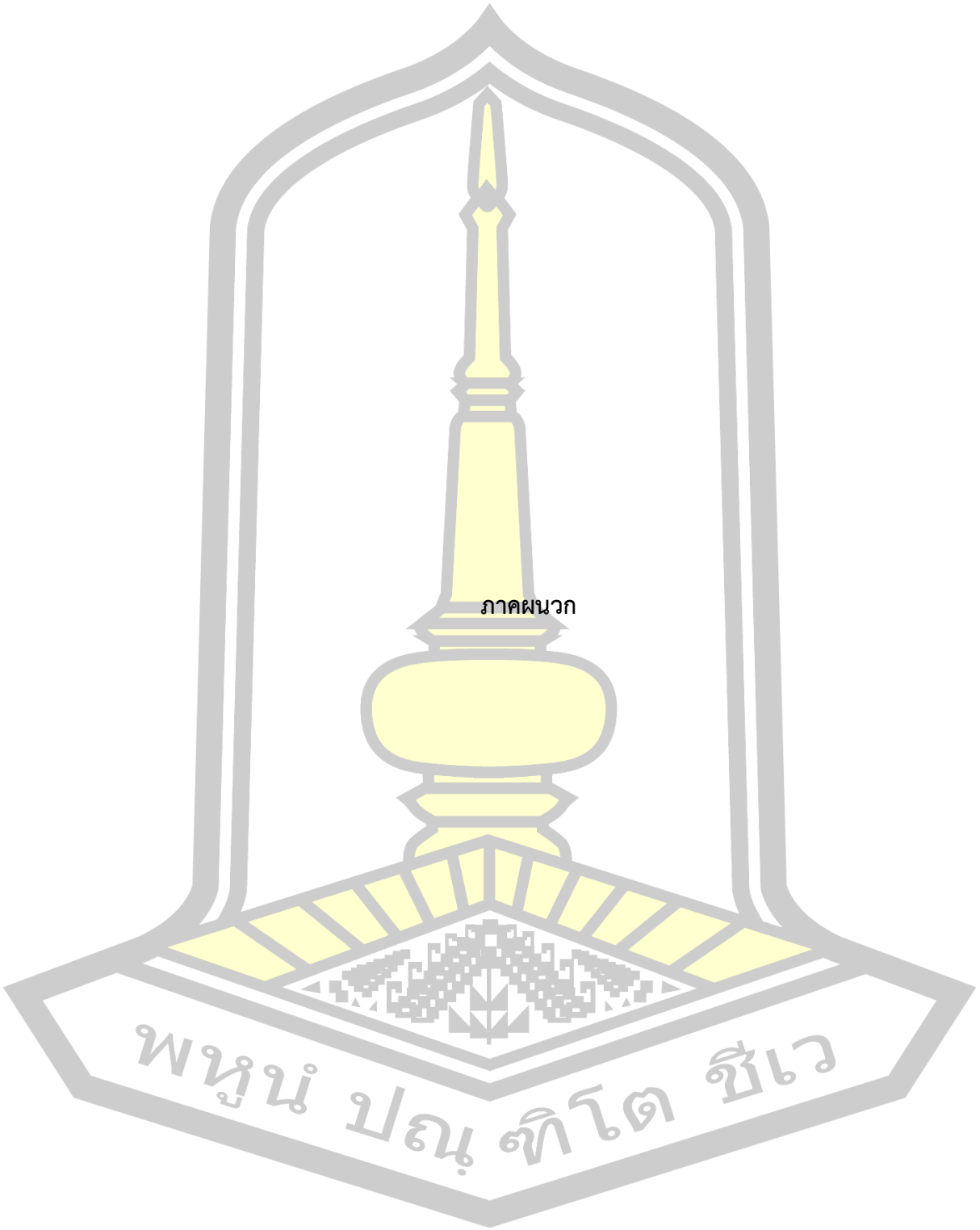
[13] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, “เอกสารเผยแพร่ความรู้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน,” 2561. https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=category&id=38&Itemid=323 (accessed Feb. 12, 2021).

[14] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, “สร้างความยั่งยืนด้านพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานของประเทศเพื่อให้เกิดการผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม,” 2559. https://www.egov.go.th/th/government-agency/507/ (accessed Feb. 01, 2021).

[15] กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, “มาตรฐานไฟฟ้าสาธารณะ.” http://www.dla.go.th/work/e_book/eb1/stan3.htm (accessed Feb. 12, 2021).

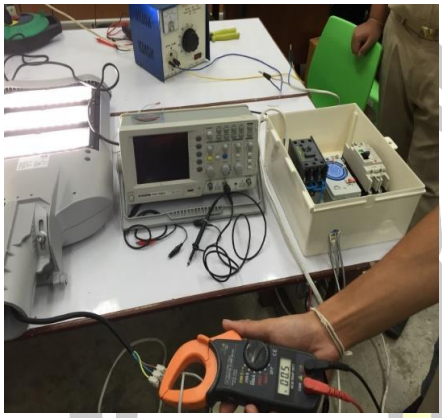
[16] ศูนย์ข้อมูลข่าวสารอิเล็กทรอนิกส์ราชการ PEA จังหวัดมหาสารคาม, “การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มหาสารคาม แผนกบัญชีและการเงิน,” 2562. http://www.oic.go.th/INFOCENTER11/1134/ (accessed Feb. 15, 2021).

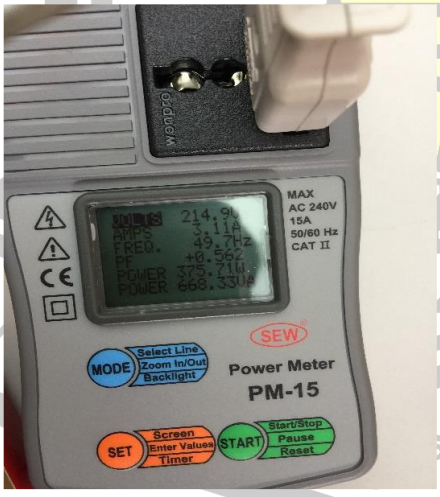
พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

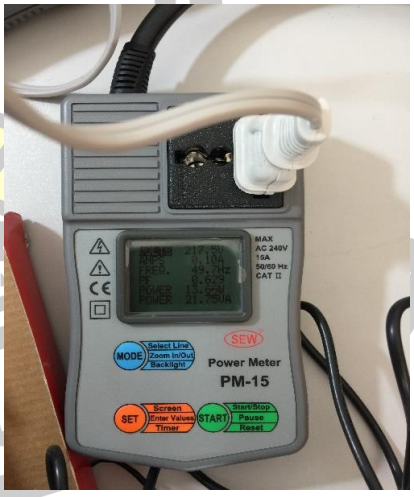


ภาคผนวก

เครื่องมือวัดที่ใช้ในงานวิจัย

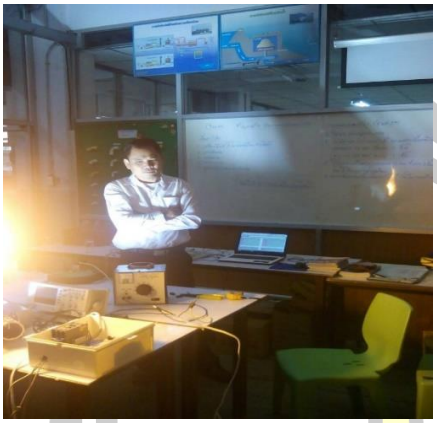


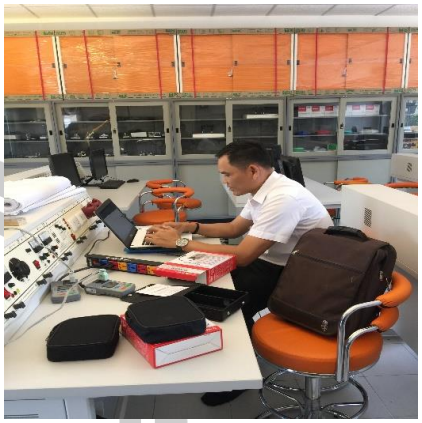


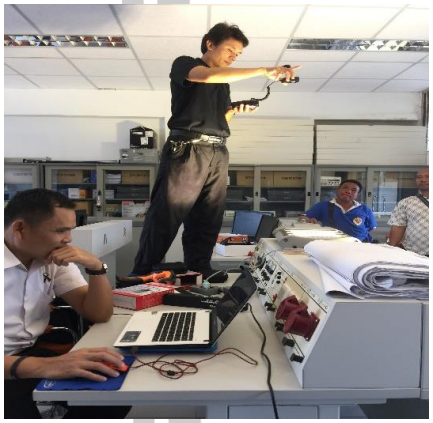


ห้องทดลองวิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม **ห้องทดลองมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด**

การวัดแสงสว่างหลอด HPS และหลอด LED

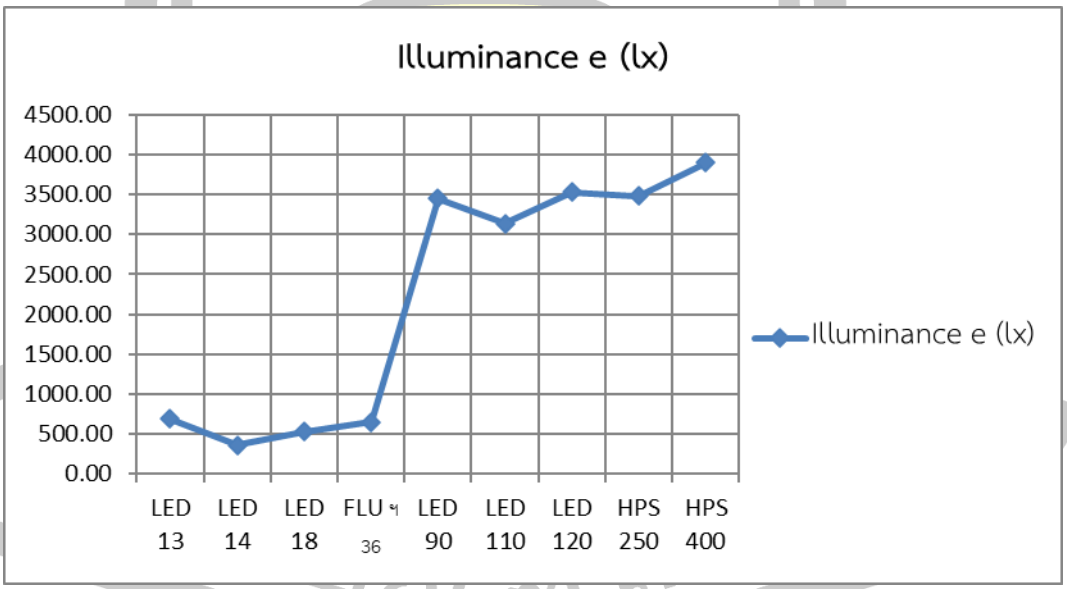




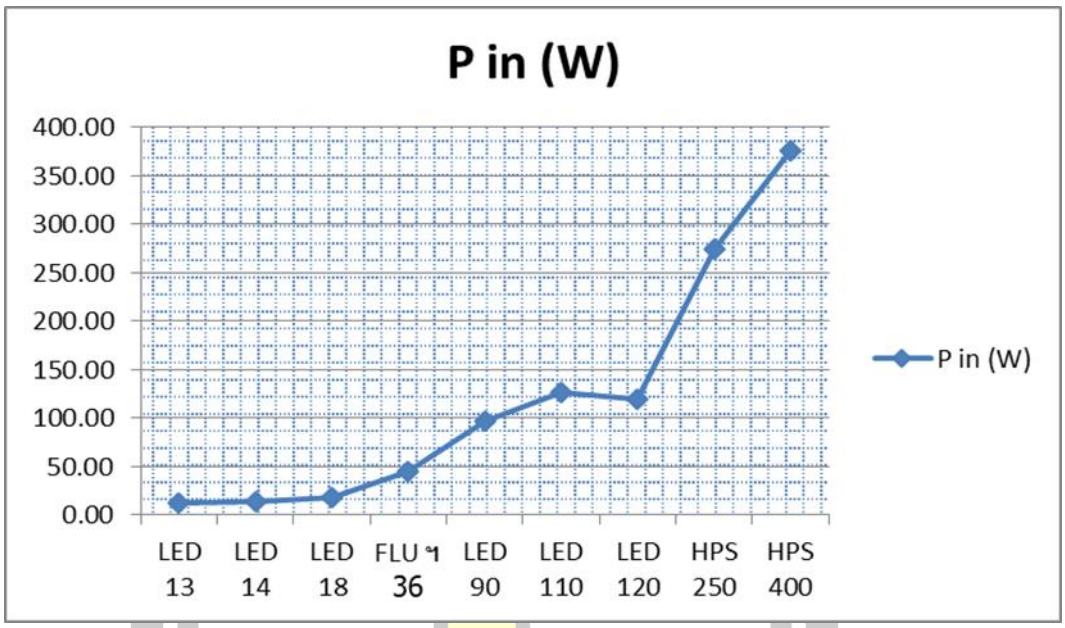


ตาราง ก.1 ชนิดหลอดไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัย

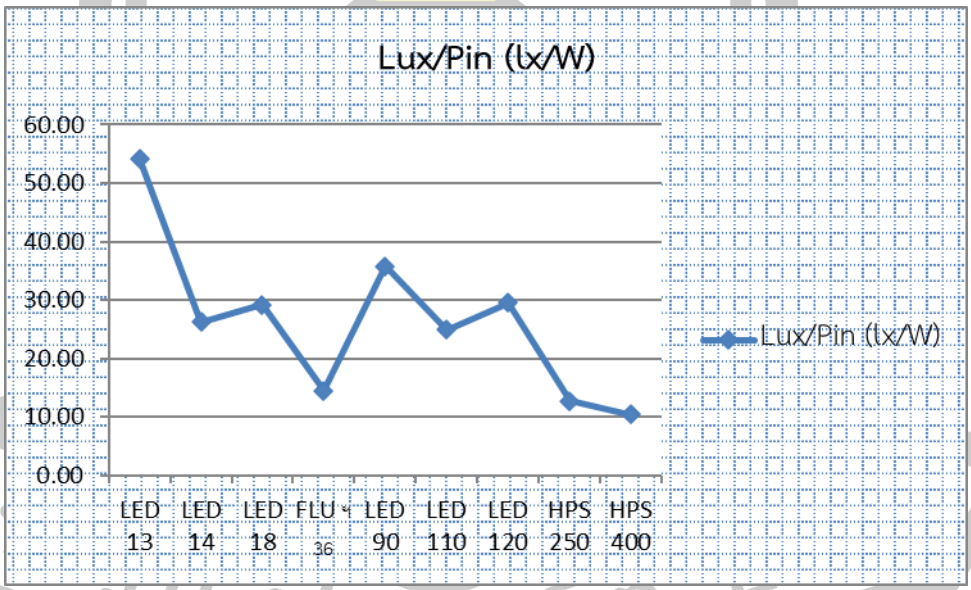
order	Type of lamp	Illuminance e (lx)	P in (W)	Lux/Pin (lx/W)	PF	Temp	หมายเหตุ
1	LED 13	687.00	12.68	54.18	0.65	30.30	ปิงปอง
2	LED 14	357.80	13.66	26.19	0.63	77.00	เกลียว
3	LED 18	525.00	18.00	29.17	0.63	32.50	ยาว T8
4	FLU ฯ 36	647.00	44.71	14.47	0.52	39.00	แกนเหล็ก
5	LED 90	3450.00	96.48	35.76	1.00	48.00	wram
6	LED 110	3137.00	126.10	24.88	0.99	39.00	DAYLIGHT
7	LED 120	3530.00	119.50	29.54	0.97	51.40	wram
8	HPS 250	3483.00	273.83	12.72	0.57	108.00	wram
9	HPS 400	3901.00	375.71	10.38	0.56	128.00	DAYLIGHT



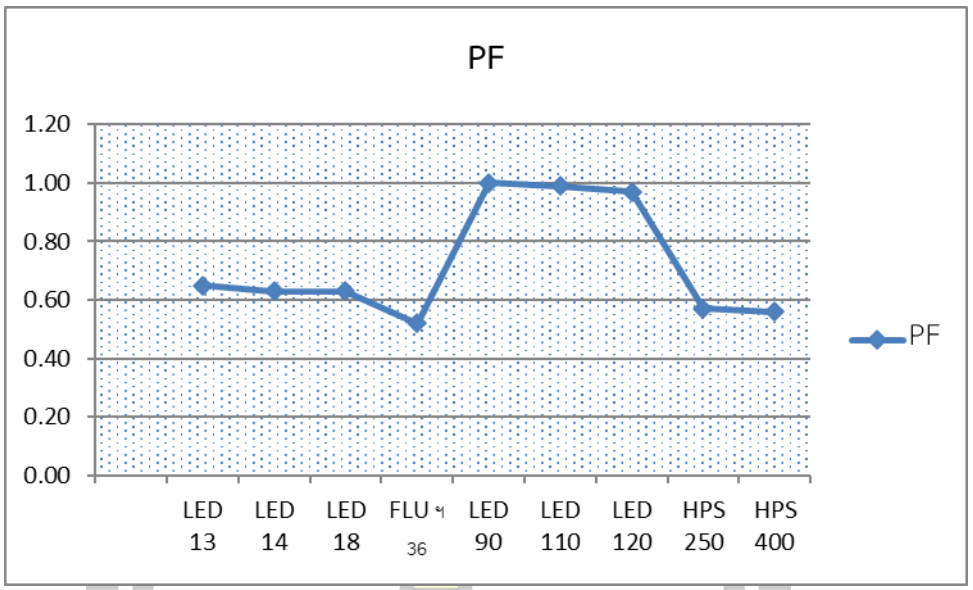
ภาพประกอบ ก.1 แสดงค่าประสิทธิผลส่องสว่าง



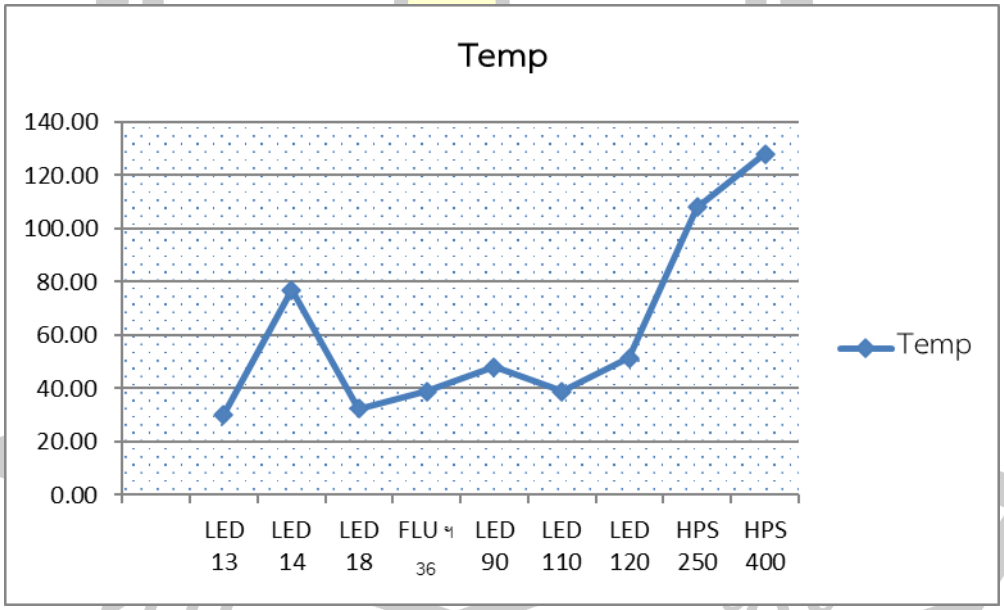
ภาพประกอบ ก.2 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าแต่ละชนิดหลอด



ภาพประกอบ ก.3 แสดงค่าลักซ์การส่องสว่าง



ภาพประกอบ ก.4 แสดงค่า PF (Power Factor)



ภาพประกอบ ก.5 แสดงค่าอุณหภูมิแต่ละชนิดหลอด

การทดสอบผลการประหยัดพลังงาน

การนำหลอดไฟฟ้ากำจัดทำลายอย่างถูกวิธี

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายสมบูรณ์ รัตนพลแสน
วันเกิด	วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2520
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 65/35 เฟสสอง บ้านค้อใหญ่ ตำบลตลาด ถนนค้อใหญ่ ซอย 2 อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2536 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนมหาวิชานุกูล จังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2539 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นต้น (ปวช.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2541 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2545 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2564 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว