การศึกษาและเปรียบเทียบการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบต่าง ๆ

STUDY AND COMPARISON OF FLUORESCENT OPERATION

นางสาวสกุณา รุ่งโรจน์ รหัส 50364843

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 20 ก.ค. 2558
เลขทะเบียน i6903460
เลขเรียกหนังสือ ว8
มหาวิทยาลัยนเรศวร ส126 ก 2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การศึกษาและเปรียบเทียบการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบต่าง ๆ

ผู้ดำเนินโครงงาน นางสาวสกุณา รุ่งโรจน์ รหัส 50364843

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพร เรืองสินชัยวานิช

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2553

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพร เรืองสินชัยวานิช)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัครพันธ์ วงศ์กังแห)

.....กรรมการ
(ดร. สุพรรณนิกา วัฒนะ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การศึกษาและเปรียบเทียบการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบต่าง ๆ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวสกุณา รุ่งโรจน์ รหัส 50364843
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2553

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอการเปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบต่าง ๆ **การศึกษานี้มุ่งเน้น**การเปรียบเทียบประสิทธิผลของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เช่น ความสว่าง และ**กำลังไฟฟ้า จาก**การศึกษาพบว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์มีประสิทธิภาพที่ดีในที่อุณหภูมิ 25 - 40 **องศาเซลเซียส และ**หลอดแอลอีดีมีปะสิทธิภาพที่ดี ที่อุณหภูมิ -20 – 45 องศาเซลเซียส

Project Title	Study and Comparison of Fluorescent Operation
Name	Miss Sakuna Rungrod ID.50364843
Project Advisor	Somporn Ruangsinchaiwanich, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic Year	2010

.....

Abstract

The project is to present the comparison of fluorescent lamp. The study is to focus the comparison to fluorescent performance such as lamp's brightness lamp's power. For this study, fluorescent lamp is performance well for 25 to 45 degrees Celsius, and LED lamp is performance well for -20 to 45 degrees Celsius

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือและการแนะนำอย่างดียิ่งของ อาจารย์ สมพร เรืองสินชัยวานิช อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ในการให้ความรู้ คำปรึกษาและข้อแนะนำเกี่ยวกับการค้นหาข้อมูล และแนวทางการวิเคราะห์ต่างๆ ตลอดจนการจัดหาอุปกรณ์ในการทดลอง ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ที่ดีเยี่ยม และขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงยิ่งที่กรุณาสละเวลา เป็นอาจารย์สอบโครงงาน พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขโครงงานนี้

ขอขอบคุณ พี่ตุ๊ก พี่อ้น และแม็ก ที่คอยแนะนำการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอย่างถูกต้องอีกด้วย

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และอบรมสั่งสอนให้ผู้จัดทำเป็นคนที่ดีของสังคม

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ให้กำเนิด และทำให้ผู้จัดทำมีวันนี้

คุณค่า และประโยชน์อันพึงมีจากโครงงานนี้ ทางผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้

นางสาวสกุณา รุ่งโรจน์

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1
1.4 การดำเนินโครงงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน 2
1.6 งบประมาณ 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 3
2.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) 3
2.1.1 โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนส์ 4
2.1.2 หลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 5
2.1.3 การเดิดสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 6
2.1.4 คุณสมบัติหลอดฟลูออเรสเซนต์ 7
2.1.5 ประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 8
2.1.6 การแปรียบเทียบแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 9
2.1.7 ข้อดีและข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 10
2.2 สตาร์เตอร์(Starter) 10
2.3 บัลลาสต์ (Ballast) 11
2.3.1 ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกบัลลาสต์ 12

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.2 บัลลาสต์แกนเหล็ก (Magnetic Ballast) 12
2.3.3 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(Electronic Ballasts) 14
2.4 หลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ 17
2.4.1 ส่วนประกอบของหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ 17
2.4.2 ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้า 22
2.4.3 รูปลักษณ์ของแอลอีดีและคุณสมบัติทางกล 25
2.4.4 ค่าคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์ 25
2.4.5 ข้อดีและข้อเสียของหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ 26

บทที่ 3 ขั้นตอนการศึกษาและออกแบบการทดลอง 27
3.1 หลักการออกแบบการทดลอง 28
3.2 วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์แกนเหล็ก 31
3.3 วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 32
3.4 วงจรหลอดไฟแอลอีดี 34
3.5 ขั้นตอนการทดลอง 35

บทที่ 4 ผลการทดลอง 37
4.1 ผลการทดลอง 37
4.2 การบันทึกการทดลองคุณลักษณะทางไฟฟ้าของหลอดไฟ 37
4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดไฟ 40
4.4 การบันทึกคุณลักษณะทางไฟฟ้าของหลอดไฟในกล่องทดลองที่ระยะ 30 เซนติเมตร 41

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 45
5.1 สรุปผลการทดลอง 45
5.1.1 การนำหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ มาทดสอบในกล่องทดลอง 45
5.1.2 การนำหลอดแอลอีดีขนาด 18 วัตต์ มาทดสอบในกล่องทดลอ 45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไข 46
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา 46

เอกสารอ้างอิง 47
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 48

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงสารที่ฉาบและสีที่ได้.....6
4.1 การบันทึกการทดลองวัดค่าเฉลี่ย จากการวัด 10 ครั้ง ของหลอดไฟ.....37
4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดไฟ ณ อุณหภูมิห้องที่ความสูง 1 เมตร..40
4.3 การบันทึกแรงดันอินพุต ณ อุณหภูมิต่างๆ ของหลอดไฟ.....41
4.4 การบันทึกกระแสอินพุต ณ อุณหภูมิต่างๆ ของหลอดไฟ.....42
4.5 การบันทึกกำลังอินพุต ณ อุณหภูมิต่างๆ ของหลอดไฟ.....43
4.6 การบันทึกค่าความส่องสว่าง ณ อุณหภูมิต่างๆ ของหลอดไฟ.....44

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 3

2.2 โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4

2.3 แสดงการต่อวงจรใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์ 6

2.4 หน้าตัดหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T12 T8 และ T5 7

2.5 ภาพแสดงสตาร์ทเตอร์ 10

2.6 บัลลาสต์ 11

2.7 ภาพแสดงบัลลาสต์แกนเหล็ก 13

2.8 วงจรบัลลาสต์แกนเหล็ก 13

2.9 ภาพแสดงบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 15

2.10 วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 16

2.11 หลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ 17

2.12 SMD3528 สำหรับหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ 18

2.13 ไดอะแกรมการทำงานของแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น 19

2.14 แหล่งจ่ายไฟในหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ 20

2.15 วงจรจ่ายไฟแบบสวิทซ์ชิ่ง 20

2.16 กรอบอลูมิเนียม 21

2.17 ขั้วหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ 21

2.18 ภาพแผนภูมิแสดงการกระจายแสงของหลอดแอลอีดีขนาด 120 องศา (ด้านละ 60 องศา) 23

2.19 ภาพแสดง SMD 24

3.1 แผนผังแสดงการทำงาน 27

3.2 กล่องที่ใช้ในการทดลอง 29

3.3 ฮีตเตอร์ 29

3.4 พัดลม 30

3.5 การวางหลอดในกล่อง 30

3.6 วงจรการวัดกระแสและแรงดันหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์แกนเหล็ก 31

3.7 บัลลาสต์แกนเหล็กที่ใช้ในการทดลอง 31

3.8 การต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์กับบัลลาต์แกนเหล็กที่ใช้ในการทดลอง 32

3.9 วงจรการวัดกระแสและแรงดันหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.10 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกที่ใช้ในการทดลอง 33
3.11 การต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการทดลอง 33
3.12 วงจรการวัดกระแสและแรงดันหลอดไฟแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ 34
3.13 หลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในการทดลอง 34
3.14 การต่อหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในการทดลอง 35
3.15 การวัดค่าหลอดที่อุณหภูมิห้อง 36
3.16 การวัดค่าหลอดในกล่องทดลอง 36
4.1 กราฟแสดงแรงดันอินพุตของหลอดไฟ 38
4.2 กราฟแสดงกระแสอินพุตของหลอดไฟ 38
4.3 กราฟแสดงกำลังอินพุตของหลอดไฟ 39
4.4 กราฟแสดงค่าตัวประกอบกำลังของหลอดไฟ 39
4.5 กราฟแสดงประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดไฟ 40

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันพลังงานแสงมีความสำคัญ ต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์เพราะแสงสว่างทำให้เรามองเห็นและมีความสำคัญต่อสายตา สถานที่บางแห่งต้องการแสงสว่างมากแต่บางแห่งต้องการแสงสว่างน้อย ซึ่งในปัจจุบันได้มีการคิดค้นอุปกรณ์ที่ให้แสงสว่างขึ้นมาอีกมากมาย หลอดไฟฟ้าซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ได้มีการพัฒนาประสิทธิภาพมาโดยตลอด แต่ละชนิดก็มีการทำงานที่แตกต่างกัน และยังมีบัลลาสต์เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่จำเป็นและสำคัญในวงจรแสงสว่างเพราะนอกจากจะช่วยในการทำงานของวงจรให้สมบูรณ์แล้ว ยังมีผลต่อปริมาณแสง อายุการใช้งานและพลังงานที่สูญเสียในวงจร บัลลาสต์ทำหน้าที่ช่วยสร้างแรงดันที่เพียงพอ ควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าให้มีค่าที่เหมาะสม หลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์จึงต้องมีค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เพียงพอให้ไหลในวงจรในขณะสตาร์ทและทำงาน เพื่อให้หลอดไฟฟ้าทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดการศึกษาหลอดฟลูออเรสเซนต์กับบัลลาสต์ รวมถึงหลอดแอลอีดีซึ่งเป็นหลอดรูปแบบใหม่ที่เข้ามามีบทบาทในตอนนี้ เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของหลอดในสภาพแวดล้อมอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะและการทำงานของฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลดีดี
2. เพื่อศึกษาอุณหภูมิภายนอกที่มีผลต่อการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดี

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษาอุณหภูมิภายนอกที่มีผลต่อความสว่างของหลอดฟลูเรสเซนต์และหลอดแอลอีดี
2. สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดี

1.4 การดำเนินโครงงาน

รายละเอียด	ปี 2555			
	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
1. รวบรวมข้อมูล	←	—	→	
2. ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดี		←	—	→
3. ทำการทดสอบและวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิต่อความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดี			←	— →
4. จัดทำรายงานและสรุปผลการทดลอง				← — →

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

1. สามารถแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดี
2. สามารถเข้าใจถึงวิธีการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดี
3. สามารถเลือกใช้งานหลอดให้เหมาะสมกับงานและสภาพแวดล้อมได้

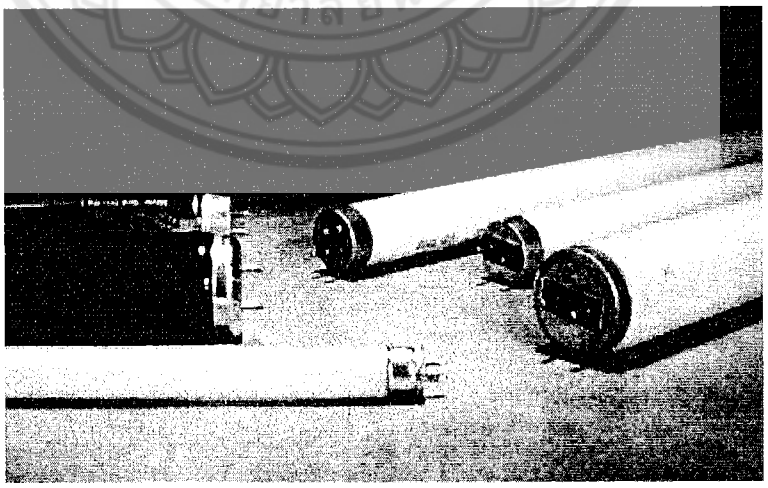
1.6 งบประมาณ

1. ถ่ายเอกสารและค่าเข้าเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์	300	บาท
2. ค่าอุปกรณ์ในการทำโครงงาน	500	บาท
3. ค่าหนังสือและเอกสารการค้นคว้า	200	บาท
รวมเป็นเงิน (หนึ่งพันบาทถ้วน)	1,000	บาท

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)

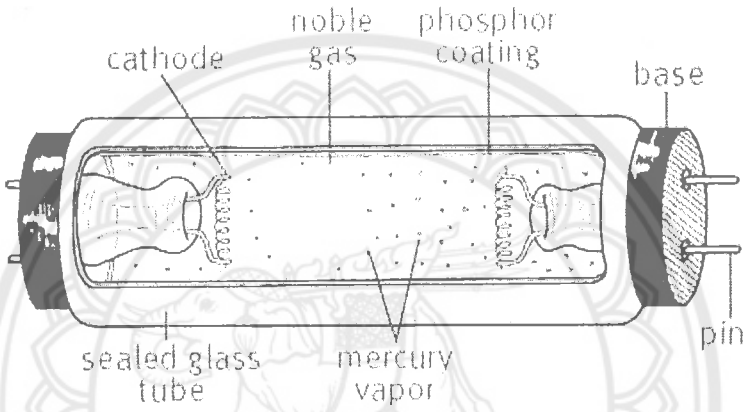
นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบหลักการเบื้องต้นที่ก่อให้เกิดแสงสว่างมานานหลายปี และจนกระทั่งปีพ.ศ. 2481 จึงได้มีการประดิษฐ์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ขึ้นมาเป็นหลอดแรก หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดเรืองแสงประเภทหนึ่ง ให้แสงสว่างโดย การเรืองแสงของสารเรืองแสงภายในหลอดประกอบด้วยหลอดแก้วยาว ๆ ที่หัวท้ายจะมีขาหลอดด้านละ 2 ขาซึ่งอยู่กับอิเล็กโทรด (Electrode) ภายในหลอดนี้อิเล็กโทรดนี้ทาด้วยโลหะทังสเตนเส้นเล็ก ๆ แล้วเคลือบด้วยวัตถุเคมีเรียกว่า Active material ซึ่งประกอบขึ้นจากแบรเรี่ยม (Barium) และ สตรอนเตียมคาร์บอเนต (Strontium Carbonate) ทำหน้าที่กระจายอิเล็กตรอนจากอิเล็กโทรดหนึ่งไปยังอีกอันหนึ่ง ทั้งยังช่วยให้อิเล็กโทรดทนทาน ไม่เปราะหรือขาดง่ายเมื่อร้อนจัด ที่หัวท้ายทั้งสองไม่มีส่วนที่เป็นตัวนำต่อถึงกันเลย ภายในบรรจุด้วยไอปรอท และก๊าซอาร์กอน หรือส่วนผสมของก๊าซอาร์กอนและก๊าซนีออน ที่ผิวด้านในของหลอดถูกเคลือบด้วยสารฟอสเฟอร์ (Phosphor) ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) ที่เกิดขึ้นภายในหลอดซึ่งตามองไม่เห็น ให้เป็นแสงที่ตามองเห็น (visible light) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์

2.1.1 โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนส์

หลอดฟลูออเรสเซนต์มีองค์ประกอบหลายอย่างรวมกัน เพื่อกำเนิดแสงสว่างที่ทำให้ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประกอบด้วย หลอดแก้วทรงกระบอกยาวภายในเคลือบด้วยสารเรืองแสง ขั้วหลอด ไส้หลอด ก๊าซความดันต่ำและไอปรอท ดังในรูปที่ 2.2 โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนส์แต่ละส่วนมีลักษณะและการทำงานดังนี้



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์

- ตัวหลอด (Fluorescent Tube) ภายในสูบอากาศออกจนหมดแล้วบรรจุไอปรอทและก๊าซอาร์กอนเล็กน้อยผิวด้านในของหลอดเรืองแสงฉาบด้วยสารเรืองแสงชนิดต่างๆแล้วแต่ความต้องการให้เรืองแสงเป็นสีใด เช่น ถ้าต้องการให้เรืองแสงสีเขียว ต้องฉาบด้วยสารซิงค์ซิลิเคต แสงสีขาวแกมฟ้าฉาบด้วยมักเนเซียมทังสเตนแสงสีชมพูฉาบด้วยแคดเนียมบอเรตเป็นต้น

- ไส้หลอด (Filament Lamp) ทำด้วยทังสเตนหรือวุลแฟรมอยู่ที่ปลายทั้งสองข้าง เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านไส้หลอดจะทำให้ไส้หลอดร้อนขึ้น ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้ไอปรอทที่บรรจุไว้ในหลอดกลายเป็นไอมากขึ้น แต่ขณะที่เกิดความร้อนที่ไส้หลอดกระแสไฟฟ้ายังผ่านไอปรอทไม่สะดวกเพราะปรอทยังเป็นไอน้อยทำให้ความต้านทานของหลอดสูง

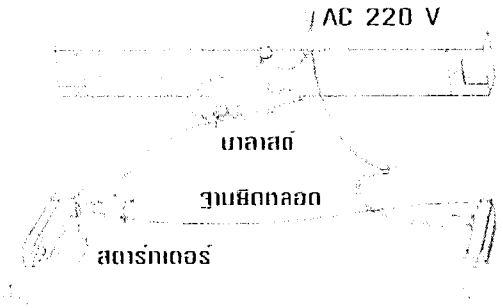
- **ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Lamp Terminal)** ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นส่วนที่รับพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกเข้าสู่ภายในหลอดเพื่อให้หลอดฟลูออเรสเซนต์สามารถกำเนิดแสงสว่างได้

- **ก๊าซความดันต่ำและไอปรอท (Mercury vapour and Gas discharge)** เมื่อไอปรอทที่ผสมอยู่ในก๊าซความดันต่ำถูกกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าจะให้กำเนิดแสงอัลตร้าไวโอเลตซึ่งเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็น แต่ก่อนจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้ติดสว่าง ก๊าซความดันต่ำ และไอปรอทจะเป็นฉนวนไฟฟ้า แต่ถ้าใช้แรงดันไฟฟ้าที่สูงพอที่จะสามารถกระตุ้นให้มีการปล่อยประจุและสามารถนำไฟฟ้าได้ เมื่อก๊าซความดันต่ำและไอปรอทนำกระแส ไอปรอทจะปล่อยแสงอัลตร้าไวโอเลตออกมา แสงนี้ไม่สามารถที่จะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นจะมีการเปลี่ยนให้เป็นแสงช่วงความถี่ที่ตามองเห็นได้ด้วยสารเรืองแสงซึ่งฉาบอยู่ภายในหลอด

- **สารเรืองแสง (Phosphor)** สารเรืองแสงซึ่งฉาบอยู่ด้านในของตัวหลอดแก้ว เป็นสารที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแสงอัลตร้าไวโอเลตที่ตาเปล่าสามารถมองเห็นได้ ความยาวคลื่นของแสงที่เปล่งออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมีของสารที่ฉาบภายในหลอดแก้ว การใช้ส่วนผสมที่แตกต่างกันไปจะทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์มีสีสันแตกต่างกันไป เมื่อยังไม่นำกระแสหลอดไฟจะยังเป็นสีขาวอยู่

2.1.2 หลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Typical Operating of Fluorescent Lamp)

เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านไอปรอท จะกายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ไอปรอท ซึ่งจะทำให้อะตอมของไอปรอทอยู่ในสภาวะถูกกระตุ้น (exited state) เป็นผลให้อะตอมปรอทคายพลังงานออกมาเพื่อลดระดับพลังงานในตัวเองในรูปของรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งมองไม่เห็น เมื่อรังสีชนิดนี้ไปกระทบกับสารเรืองแสงที่ฉาบไว้ที่ผิวด้านในของหลอดฟลูออเรสเซนต์ สารเหล่านี้จะเปล่งแสงได้ โดยให้แสงสีต่างๆตามชนิดของสารเรืองแสงที่ฉาบไว้ภายในหลอดนั้น การต่อใช้งานของวงจรเป็นดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการต่อวงจรใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์

2.1.3 การเกิดสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์

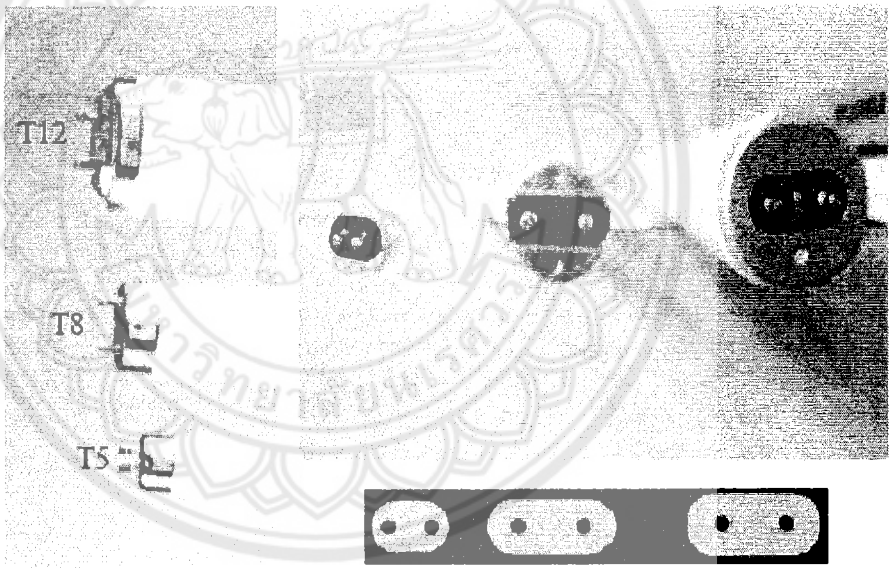
เกิดจากสารเคมีที่ฉาบภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งมีอยู่หลายอย่างทำให้สีที่เกิดขึ้นมีหลายสี ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงสารที่ฉาบและสีที่ได้

สารที่ฉาบ	สีที่ได้
แคลเซียมทังสเตน	สีน้ำเงิน
แมกนีเซียมทังสเตน	สีน้ำเงินอ่อน
แคลเซียมซิลิเกต	สีส้ม
ซิงค์ซิลิเกต	สีเขียว
แคลเซียมฮโลฟอสเฟต	สีเขียว
ซิงค์เอบร์เลียมซิลิเกต	สีเหลืองนวล
แคดมียมซิลิเกต	สีชมพูแก่
แคดเมียมโยเรต	สีชมพูแก่

2.1.4 คุณสมบัติหลอดฟลูออเรสเซนต์

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นเก่า (รุ่น T12) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร หรือเรียกว่า "รุ่นหลอดอ้วน" มีกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 40 วัตต์ และได้มีการเปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูอออเรสเซนต์รุ่นปัจจุบัน (รุ่น T8 หรือ TLD) ลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมาเป็น 26 มิลลิเมตร หรือเรียกว่า "รุ่นหลอดผอม" ซึ่งมีกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 36 วัตต์ต่อหลอด ซึ่งต้องใช้งานร่วมกับบัลลาสต์ ปัจจุบันผู้ผลิตหลอดไฟสามารถผลิตหลอดฟลูอเรสเซนต์ชนิดประสิทธิภาพสูง เรียกว่า "หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5" มีขนาดกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 28 วัตต์ต่อหลอด ซึ่งประหยัดไฟฟ้ามากขึ้นและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลดลงเหลือเพียง 16 มิลลิเมตร โดยต้องใช้งานร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 หน้าตัดหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T12 T8 และ T5

2.1.5 ประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์มีประสิทธิภาพของหลอด (อัตราส่วนของปริมาณของแสงสว่างที่ออกจากหลอดต่อกำลังลังไฟที่จ่ายให้หลอด) ประมาณ 30 - 83 ลูเมนต่อวัตต์ซึ่งจะสูงกว่าหลอดไส้ เนื่องจากไม่สูญเสียกำลังในการจุดหลอด

- **การส่งพลังงานออกมาของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Energy Distribution)** ในวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้น เมื่อให้พลังงานแก่วงจรพลังงานที่ทำให้เกิดการมองเห็นแก่ดวงตา (Visible Light) จะมีเพียง 22 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น พลังงานส่วนที่เหลือ คือ พลังงานที่ก่อให้เกิดรังสีอินฟราเรดและพลังงานสูญเสียตามลำดับ พลังงานที่เกิดในวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์

แสงสว่างที่ออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปนั้น ประสิทธิภาพของหลอดสามารถหาได้จาก อัตราส่วนของปริมาณเส้นแรงของแสงสว่างที่ออกจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใส่เข้าไปให้แก่หลอดนั้น ๆ ซึ่งมีหน่วยเป็น ลูเมนต่อวัตต์ (Lumen/Watt) ถ้าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่ามาก ก็หมายความหลอดฟลูออเรสเซนต์ดวงนั้นให้แสงสว่างออกมามากกว่าเมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีอัตราส่วนต่ำกว่า ณ ระดับพลังงานที่เท่ากันและหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้อยู่ในตลาดทั่วไปนั้น แต่ละชนิด แต่ละขนาด จะมีประสิทธิภาพแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับรูปร่าง กรรมวิธีการผลิต ฯลฯ

- **อายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์** หลอดฟลูออเรสเซนต์โดยทั่วจะมีอายุการใช้งานมากกว่าหลอดไส้ อายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์แต่ละหลอดจะมีค่าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับการเปิดปิด หากมีการเปิดปิดบ่อยจะทำให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลงเนื่องจากการเสื่อมของสารฟอสเฟอร์นอกจากนั้นอายุการใช้งานของหลอดยังขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของสตาร์ทเตอร์และบัลลาสต์ โดยปกติอายุการใช้งานเฉลี่ยของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะประมาณ 9,000 - 12,000 ชั่วโมง

ในทางปฏิบัติ อายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีองค์ประกอบในการพิจารณาหลายประการ เช่น ชนิดของสตาร์ทเตอร์ บัลลาสต์ ขั้วหลอด และแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะมีผลต่อการทำงานของหลอด และอาจเป็นสาเหตุทำให้คุณสมบัติการใช้งานเปลี่ยนไป

สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วแคโทดร้อน (Hot Cathode) อายุการใช้งานของหลอดจะขึ้นอยู่กับความถี่ในการปิดเปิด แต่ถ้าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแคโทดเย็น (Cold Cathode) จะไม่ขึ้นอยู่กับความถี่ของการปิดเปิด

- **เพาเวอร์แฟคเตอร์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์** เนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ประกอบด้วยบัลลาสต์ซึ่งเป็นขดลวดทำให้ค่าเพาเวอร์เป็นแบบล้าหลังมีค่าไม่ถึง 1 (หลอดไส้มีค่า

เพาเวอร์แฟคเตอร์เท่ากับ 1) ผลของค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ไม่ถึง 1 ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายสูงขึ้นจึงต้องแก้ไขโดยการต่อคาปาซิเตอร์ขนานกับวงจรของหลอดเพื่อเพิ่มค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้ใกล้เคียง 1 มากที่สุด

- **ผลกระทบของอุณหภูมิของหลอดฟลูออเรสเซนต์** ส่วนใหญ่ที่ใช้กันจะมีประสิทธิภาพที่ดีที่อุณหภูมิประมาณ 20 - 45 องศาเซลเซียสต่ำกว่าค่าดังกล่าวจะทำให้แรงดันปรอทที่บรรจุอยู่ภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์ลดลงและส่งผลให้พลังงานอัลตร้าไวโอเลตลดน้อยลงด้วย การทำปฏิกิริยาของพลังงานอัลตร้าไวโอเลตกับสารเรืองแสงสว่างก็จะลดน้อยลงไปด้วย ในทางตรงกันข้ามที่ความดันสูง ๆ จะทำให้เกิดแสงสว่างที่มีความยาวคลื่นยาวจนใกล้เคียงกับคลื่นของแสงสว่างที่ตามองเห็น ซึ่งความยาวคลื่นแสงสว่างในย่านนี้มีผลกระทบต่อสารเรืองแสงน้อยจึงทำให้แสงสว่างน้อยลงไปด้วย

2.1.6 การเปรียบเทียบแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์

- **Extra - Daylight (EX - D)** เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูง ปริมาณแสง ลูเมน/วัตต์ สีที่ได้ออกมาเป็นสีขาวใกล้เคียงธรรมชาติ เหมาะสำหรับ ห้างสรรพสินค้า, ร้านขายเสื้อผ้า, ขายผ้าม่าน, พรม, ภาพเขียน และงานอื่นๆ ที่ต้องการพิจารณาสีอย่างระเอียด
- **Daylight (D)** สีของหลอดขาวออกไปทางฟ้าอ่อนโทนแสงนวลสบายตาเป็นแสงสีธรรมชาติใกล้เคียงกับแสงของเวลากลางวันนิยมใช้กับอาคารบ้านเรือน ที่พักอาศัย
- **Coolwhite (CW)** เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงให้แสงสีขาวออกเหลืองนวลเป็นธรรมชาติใกล้เคียงกับแสงในเวลากลางวันเหมาะสำหรับ ห้องอาหาร, สำนักงาน, ห้องแลป, โรงพยาบาล, ลานจอดรถ, สนามบิน หรือที่พักอาศัย
- **Warmwhite (WW)** สีของหลอดออกไปทางสีเหลืองส้มทำให้สิ่งต่างๆ ที่อยู่โดยรอบๆ พวกสีส้ม เหลือง และสีเหลืองอมเขียว แจ่มใสขึ้นทำให้บรรยากาศดูอบอุ่น เหมาะสำหรับ ห้องอาหาร, สำนักงาน, ห้องแลป, โรงพยาบาล, ลานจอดรถ, สนามบิน หรือที่พักอาศัย
- **Blacklight (BL) and Blacklight - Blue (BL - B)** เป็นหลอดที่ให้สีของแสงเป็นสีน้ำเงินเข้ม ดูดกลืนสีของแสงจากสายตามนุษย์ให้รังสีอัลตร้าไวโอเลต เป็นหลอดที่ใช้สำหรับสร้างบรรยากาศในสถานเริงรมย์ เช่น บาร์, ไนต์คลับ, ดิสโก้เทค ส่วนในทางอุตสาหกรรมและในทางการค้าใช้สำหรับการตรวจหาวัตถุ ตรวจหาแร่ ใช้กับงานแผนที่ การทำเครื่องหมายงานแบบร่างหรือใช้ตรวจในงานรีดผ้า อีกทั้งหลอดประเภทนี้จะเปล่งคลื่นความถี่ของแสงในระดับที่สายตาของแมลงสามารถรับรู้ได้ชัดและชัดเจน ทำให้หลอดประเภทนี้เป็นจุดดึงดูดและล่อให้แมลงเกิดความสนใจเหมาะกับเครื่องดักแมลง

- **Deep Yellow (DY)** สีของหลอดออกไฟทางสีส้มเข้มกว่าสีเหลืองธรรมดา เหมาะสำหรับใช้งานตบแต่ง สร้างบรรยากาศ อีกทั้งโดยปกติ สายตาของแมลง ไม่ตอบสนองต่อสีเหลืองประเภท Deep Yellow ทำให้แมลงไม่สามารถรับรู้ต่อวัตถุหรือสิ่งของที่อยู่ในรัศมีของแสงสีเหลืองภายในบริเวณนั้นจึงไม่มีแมลงมารบกวน เหมาะสำหรับร้านอาหาร ห้องครัว สถานที่ที่ไม่ต้องการให้แมลงมารบกวน

2.1.7 ข้อดีและข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ข้อดี

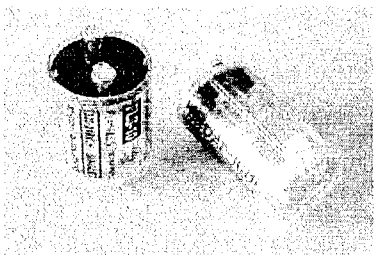
1. เมื่อให้พลังงานไฟฟ้าเท่ากัน จะให้แสงสว่างมากกว่าหลอดไส้ธรรมดาประมาณ 4 เท่า และมีอายุการใช้งานนานกว่าหลอดไส้ธรรมดาประมาณ 8 เท่า
2. อุณหภูมิของหลอดไม่สูงเท่ากับหลอดไส้แบบธรรมดา
3. ถ้าต้องการแสงสว่างเท่ากับหลอดไส้ธรรมดา จะใช้วัตต์ที่ต่ำกว่าจึงเสียค่าไฟฟ้าน้อยกว่า

ข้อเสีย

1. เมื่อติดตั้งจะเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าหลอดไส้แบบธรรมดาเพราะต้องใช้บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์เสมอ
2. หลอดเรืองแสงมักระพริบเล็กน้อยไม่เหมาะในการใช้อ่านหนังสือ

2.2 สตาร์ทเตอร์ (Starter)

หลอดไฟนีออนนั้นการใช้งานต้องมีอุปกรณ์อื่นช่วยคือสตาร์ทเตอร์ (starter) ดังรูปที่ 2.5 และบัลลาสต์ (Ballast) โดยที่ในการจุดหลอดครั้งแรกจะต้องใช้ไฟแรงสูงเสียก่อนเพื่อกระตุ้นให้หลอดทำงาน

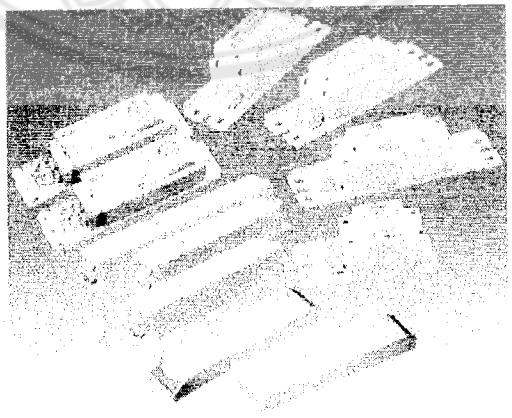


รูปที่ 2.5 ภาพแสดงสตาร์ทเตอร์

สตาร์ทเตอร์ทำงานโดยการปิดเปิด วงจรอย่างรวดเร็วทำให้เกิดแรงดันสูง เมื่อหลอดติดแล้ว หน้าที่ของสตาร์ทเตอร์ก็หมดไป และมีบัลลาสต์ทำหน้าที่ต่อแทน โดยมีการใช้ก๊าซเฉื่อยใส่เข้าไปในหลอดด้วยเพื่อช่วยในการกระตุ้นอิเล็กตรอนไอปรอท อาจจะกล่าวได้ง่าย ๆ ว่า หลอดฟลูออเรส-เซนต์ ใช้สตาร์ทเตอร์ช่วยจุดหลอดไฟนั่นเองเมื่อกดสวิทซ์ไฟ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านสวิทซ์สตาร์ทเตอร์ครบวงจร ทำให้ไส้หลอดตรงขั้วหลอดร้อนขึ้น และปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมาในหลอด สวิทซ์สตาร์ทเตอร์นั้นทำจากหลอดก๊าซขนาดเล็ก บรรจุด้วยก๊าซซีนอนเมื่อเรากดสวิทซ์ กระแสไฟฟ้าก็จะกระโดดข้ามช่องว่างในหลอดขั้วไฟฟ้าข้างหนึ่งของสตาร์ทเตอร์ทำด้วยโลหะติดกัน 2 ชนิดเรียกว่าไบเมทาลิค (Bimetallic) จะบิดตัว เมื่อกระแสไหลผ่านและเกิดความร้อน หลังจากที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ติดแล้ว กระแสไฟฟ้าจะไม่ไหลผ่านสตาร์ทเตอร์อีก ทำให้โลหะไบเมทาลิคเย็นลง และแยกออกจากกัน

2.3 บัลลาสต์ (Ballast)

บัลลาสต์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในชุดของชิ้นส่วนประกอบของหลอดเรืองแสง ดังรูปที่ 2.6 ทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไส้หลอด เปรียบเหมือนหม้อแปลงขนาดเล็ก ซึ่งมีหลักการทำงานพื้นฐานเช่นเดียวกับหม้อแปลงไฟฟ้าโดยทั่วไปคือ ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น ในขณะที่เริ่มต้นจุดให้หลอดเรืองแสงทำงาน นอกจากนี้ยังมีชิ้นส่วนภายใน ซึ่งทำหน้าที่บังคับหน่วงกระแสไฟฟ้าด้วยอำนาจแม่เหล็ก เพื่อควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลสู่ไส้ไม่ให้สูงเกินไป เพราะอาจทำให้ไส้หลอดขาดเร็วกว่าที่ควร



รูปที่ 2.6 บัลลาสต์

หลอดเรืองแสงที่ใช้กันอยู่ในประเทศไทยเป็นแบบระบบเก่า ตัวบัลลาสต์จะลดค่าแรงดันไฟฟ้าที่จำเป็นสำหรับใช้ในการเริ่มจุดให้หลอดทำงาน ด้วยการเริ่มให้ความร้อนแก่ไส้หลอดก่อน โดยผ่านกระแสไฟฟ้าปริมาณเล็กน้อยผ่านทางสตาร์ทเตอร์ ส่วนหลอดเรืองแสงที่ใช้กันอยู่ในต่างประเทศเป็นแบบระบบใหม่จะมีการสร้างแรงดันไฟฟ้าในขณะเริ่มจุดหลอด โดยไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ จะมีอายุใช้งานนานประมาณ 12 ปี การเปลี่ยนบัลลาสต์ใหม่ให้ต่อสายไฟตามผังสายไฟที่แสดงไว้บนบัลลาสต์

2.3.1 ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกบัลลาสต์

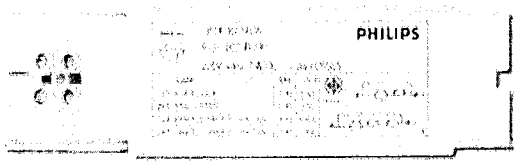
- บัลลาสต์แฟคเตอร์ (Ballast Factor) หมายถึง อัตราส่วนปริมาณแสงสว่างที่ได้จากหลอดที่ใช้กับบัลลาสต์ที่ต้องการพิจารณาต่อปริมาณแสงที่ได้จากหลอดที่ใช้บัลลาสต์อ้างอิง ที่แนะนำสำหรับบัลลาสต์ทุกชนิดควรอยู่ระหว่าง 0.9 - 1.10
- ตัวประกอบยอดคลื่น (Current Crest Factor) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างค่ายอดของกระแสต่อค่ากระแสเฉลี่ย RMS อาจวัดได้ 2 อย่างคือ กระแสด้านเข้าและกระแสผ่านหลอด โดยทั่วไปตัวประกอบยอดคลื่นที่ผ่านหลอดไม่ควรเกิน 1.7

2.3.2 บัลลาสต์แกนเหล็ก (Magnetic Ballast)

บัลลาสต์แกนเหล็กที่ใช้งานกันทั่วไปจะเป็นชนิดความเหนี่ยวนำแกนเหล็กประกอบมาจากแผ่นเหล็กนำมาเรียงกันและพันรอบด้วยขดลวดทองแดงมีการสูญเสียพลังงาน 9 - 13 วัตต์แล้วแต่คุณภาพของวัสดุแกนเหล็กขดลวดที่นำมาใช้และขนาดกำลังของหลอดไฟฟ้าซึ่งจะทำให้บัลลาสต์มีอุณหภูมิขณะใช้งานอยู่ในช่วง 55 - 70องศาเซลเซียส ภายหลังมีการปรับปรุงวัสดุแกนเหล็กและขดลวดให้มีคุณภาพดีขึ้นที่เรียกว่าบัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำซึ่งมีการสูญเสียพลังงานไม่เกิน 6 วัตต์ ส่วนอุณหภูมิขณะใช้งาน 35 - 50 องศาเซลเซียส

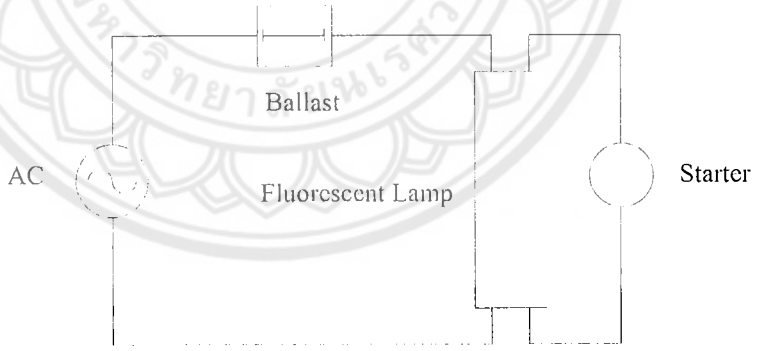
- **อุณหภูมิใช้งานสูงสุดที่กำหนดของขดลวด** (tw, Rated maximum operating tempetature of a ballast winding) หมายถึง อุณหภูมิสูงสุดที่กำหนดให้ของขดลวด และสามารถทำงานได้นาน 10 ปี ค่า tw มีค่าเป็น 90, 105, 120, 130, 150 องศาเซลเซียส
- **อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นที่กำหนดของขดลวด** (Δt, Rated temperature rise of a ballast winding) หมายถึง พิกัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสูงสุด Δt มีค่าเป็น 30, 40, 55, 60, 65, 70, 80 องศาเซลเซียส กรณีที่ผู้ผลิตไม่ได้ระบุค่าถือว่ามีค่า 55 องศาเซลเซียส

ถ้าอุณหภูมิของขดลวดขณะใช้งานสูงเกินกว่า tw จะทำให้อายุการใช้งานของบัลลาสต์สั้นลง



รูปที่ 2.7 ภาพแสดงบัลลาสต์แกนเหล็ก

จากหลักการทำงานของหลอดไฟ วงจรสำหรับควบคุมการทำงานจึงมีลักษณะเปรียบเสมือนเป็นแหล่งจ่ายกระแส เพื่อให้การทำงานมีเสถียรภาพสามารถทำได้โดยนำอุปกรณ์ที่มีค่าอิมพีแดนซ์สูงมาต่อแบบอนุกรมกับแหล่งจ่ายแรงดันโดยอุปกรณ์พื้นฐานอย่างง่ายที่มีค่าอิมพีแดนซ์สูงได้แก่ขดลวดเหนี่ยวนำ (Inductor) ซึ่งตัวเหนี่ยวนำนี้ถูกเรียกในชื่อใหม่ว่า "บัลลาสต์" และเพื่อให้การทำงานสามารถตอบสนองเงื่อนไข การทำงานที่ถูกแบ่งออกเป็นสองช่วงจึงจำเป็นที่จะต้องมีสวิตช์อัตโนมัติเพื่อแบ่งช่วงการทำงานนี้ซึ่งสวิตช์อัตโนมัตินี้ถูกเรียกในอีกชื่อหนึ่งว่า "สตาร์ทเตอร์" โดยวิธีการต่อเป็นดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.8 วงจรบัลลาสต์แกนเหล็ก

ขั้นตอนการทำงานของวงจรบัลลาสต์พื้นฐานนี้คือ เมื่อเปิดสวิตช์แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ จะไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำไปยังไส้หลอดทำให้เกิดแรงดันสูงตกคร่อมสตาร์ทเตอร์ก่อให้เกิดความร้อนที่วัสดุไบเมทัลภายในตัวสตาร์ทเตอร์ทำให้งอเข้าหากันกระแสจึงไหลผ่านไปได้ซึ่งปริมาณกระแสที่ไหลผ่านไปนี้จะถูกจำกัดด้วยบัลลาสต์เมื่อมีกระแสไหลผ่าน

แรงดันที่ตกคร่อมสตาร์ทเตอร์จะลดลงอุณหภูมิจึงลดลงตามหน้าสัมผัสของแผ่นวัสดุไบเมทัลจึงดีดตัวแยกจากกันอย่างรวดเร็วก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในวงจรอย่างฉับพลันทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่ขดลวดเหนี่ยวนำยุบตัวตัดแกนเหล็กเกิดเป็นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำค่าสูงเสริมกับแรงดันจากแหล่งจ่ายเกิดเป็นแรงดันสูงที่มีค่ามากกว่าแรงดันจุดหลอดทำให้หลอดถูกจุดขึ้นจากนั้นกระแสจะสามารถไหลผ่านหลอดได้อย่างต่อเนื่อง โดยบัลลาสต์ทำหน้าที่ในการช่วยควบคุมปริมาณกระแสและรักษาระดับแรงดันที่ไหลผ่านหลอด สำหรับสตาร์ทเตอร์นั้นจะมีบทบาทในช่วงก่อนหลอดนำกระแสหลังจากหลอดนำกระแสได้เป็นปกติแล้วสตาร์ทเตอร์ก็จะหมดความสำคัญในวงจร ดังรูปที่ 2.8

ข้อดี

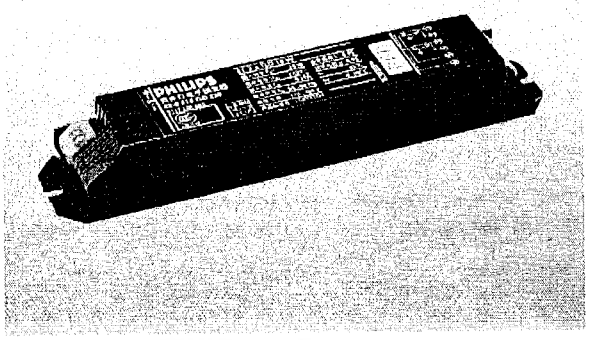
1. ราคาต่ำและอายุใช้งานยาวนานมาก (20 ปี)
2. ทนต่อสภาพแวดล้อมเช่น แรงดันไม่คงที่ที่อุณหภูมิสูง
3. ช่างติดตั้งได้อย่างคุ้นเคยและหาซื้อได้ทั่วไป

ข้อเสีย

1. มีการสูญเสียพลังงานสูงประมาณ 6 - 13 วัตต์
2. เกิดความร้อนสู่สภาพแวดล้อมสูงและมีเสียงครางี
3. มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ (PF = 0.27 - 0.52)
4. ใช้เวลา 2 - 3 วินาทีจึงให้แสงสว่างและมีการกระเพื่อม
5. มีการกระพริบเมื่อหลอดไฟฟ้า บัลลาสต์หรือสตาร์ทเตอร์เสื่อมทำให้เปลืองไฟ อาจทำให้เกิดไฟไหม้ได้เพราะกระแสสูงผิดปกติทำให้ชุดขดลวดร้อนผิดปกติ

2.3.3 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballasts)

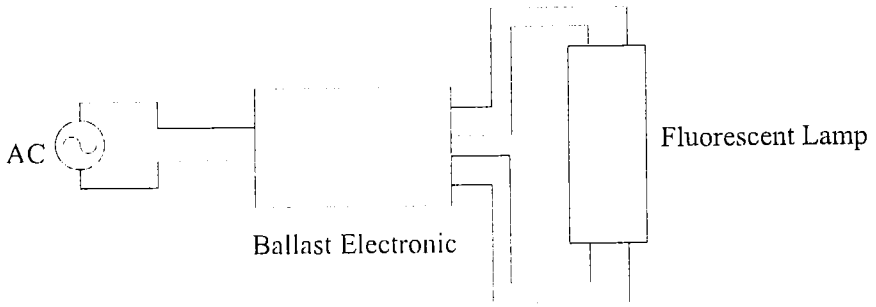
คืออุปกรณ์ที่ใช้คู่กับหลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อทดแทนบัลลาสต์แบบแกนเหล็กโดยอาศัยหลักการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงในการลดกำลังสูญเสียของบัลลาสต์และยังสามารถที่จะควบคุมกระแสที่ผ่านหลอดและจุดหลอดได้ในตอนเริ่มต้นโดยไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์โดยทั่วไปแล้วจะมีค่าตัวประกอบกำลังต่ำต้องใช้อุปกรณ์ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังซึ่งจะถูกต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์อุปกรณ์ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังถูกออกแบบให้อยู่ในรูปขดลวดเหนี่ยวนำหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ภาพแสดงบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

แนวคิดในการออกแบบวงจรสำหรับควบคุมการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์แทนที่บัลลาสต์แบบขดลวดเหนี่ยวนำเกิดจากความต้องการลดขนาดของส่วนบัลลาสต์ลงเพื่อให้สามารถนำมาประกอบรวมเป็นชิ้นเดียวกับตัวหลอดแก้วเพื่อความสะดวกสำหรับการเปลี่ยนแทนที่หลอดอินแคนเดสเซนต์ได้ทันทีซึ่งส่งผลให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น

ในทางวิศวกรรมเมื่อกำหนดให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ทำงานที่ความถี่สูงจะทำให้เกิดข้อดีกว่าหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานที่ความถี่ต่ำวงจรที่ออกแบบจะต้องยังคงคุณสมบัติทางไฟฟ้าและตอบสนองพฤติกรรมการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์วงจรที่เข้ามาทำหน้าที่แทนบัลลาสต์แบบแกนเหล็กได้แก่วงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งสามารถแปลงความถี่ไฟฟ้ากระแสสลับปกติ 50 เฮิรตซ์ (Hz) เป็นความถี่สูงได้มากกว่า 20 กิโลเฮิรตซ์ (kHz) วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ได้รับความนิยมในการนำมาควบคุมการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์คือ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบกึ่งบริดจ์ (Half - bridge Inverter) เนื่องจากวงจรไม่ยุ่งยากมีอุปกรณ์สวิตช์เพียงสองตัวซึ่งอาจเป็นทรานซิสเตอร์หรือมอสเฟต (MOSFET) วงจรอินเวอร์เตอร์แบบกึ่งบริดจ์นี้มีข้อดีกว่าวงจรที่ใช้อุปกรณ์สวิตช์เพียงตัวเดียว เนื่องจากวงจรที่ใช้อุปกรณ์สวิตช์เพียงตัวเดียวอุปกรณ์สวิตช์จะต้องทนระดับแรงดันได้สูงมากทำให้มีราคาแพง



รูปที่ 2.10 วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบมาใช้ควบคุมการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังรูปที่ 2.10 สามารถทำงานแทนที่บัลลาสต์แบบแกนเหล็กได้และไม่จำเป็นต้องต่อร่วมกับสตาร์ทเตอร์ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาใช้แทนนี้จึงถูกเรียกในชื่อใหม่ว่า "บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์"

ข้อดี

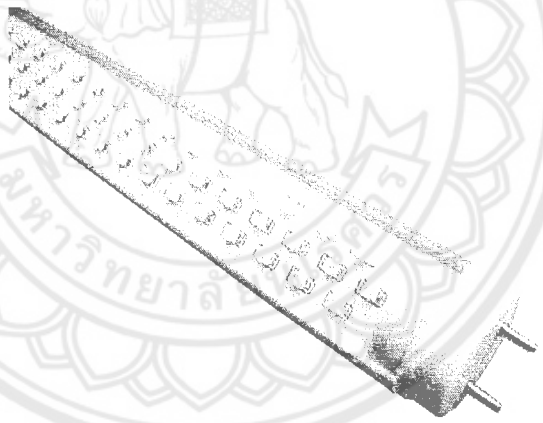
1. ลดการสูญเสียพลังงานที่ตัวบัลลาสต์ประมาณ 8 - 9 วัตต์ (สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด18 W และ 36 W)
2. มีค่าตัวประกอบกำลังสูง (โดยทั่วไป PF>0.96)
3. ให้แสงสว่างทันทีไม่มีการกระเพื่อมและหรี่แสงได้
4. มีวงจรควบคุมตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าเมื่อผิดปกติ
5. การเสื่อมของหลอดลดลงอายุใช้งานนานขึ้น
6. ลดความร้อนสู่สภาพแวดล้อม ลดเสียงคราง น้ำหนักเบาไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ภายนอกใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงได้

ข้อเสีย

1. ราคาสูงและอายุการใช้งานสั้น
2. มีข้อจำกัดในการใช้งานในสถานที่มีอุณหภูมิสูง มีฝุ่นละอองน้ำ ไอน้ำมันหรือแรงดันไม่คงที่
3. มีข้อที่ต้องระมัดระวังในการเลือกซื้อและการเลือกใช้ให้เหมาะสมต่อลักษณะการใช้งาน
4. มีข้อเสียเรื่องสิ่งแวดล้อมที่ขยะอิเล็กทรอนิกส์ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เหมือนขยะจากบัลลาสต์แกนเหล็ก

2.4 หลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์

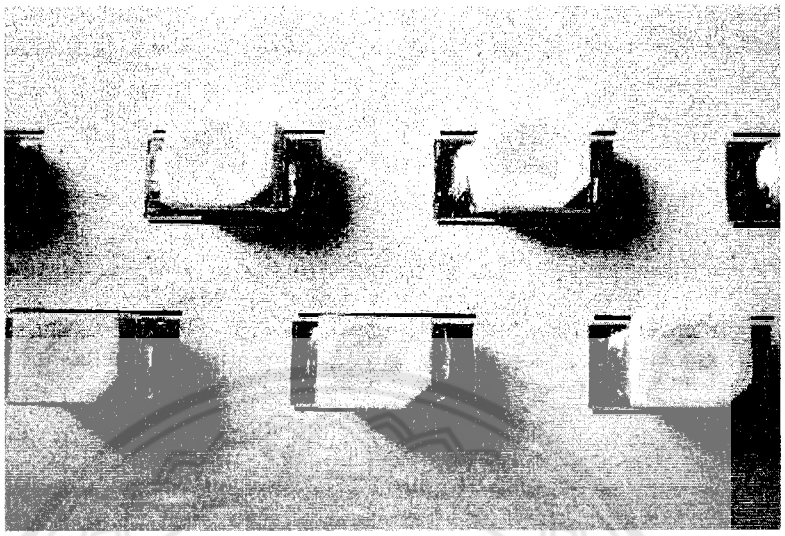
เป็นหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ที่ใช้แอลอีดีชนิด SMD3528 (Surface Mount Device) ที่มีค่าความสว่างสูง ใช้กระแสไฟฟ้าน้อยเพียง 18 วัตต์มีมุมการกระจายแสงถึง 120 องศา ที่สามารถใช้ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบธรรมดาที่ใช้อยู่ทั่วไปในขนาด 36 วัตต์ ได้โดยไม่ต้องดัดแปลงเพิ่มเติมอุปกรณ์เสริมแต่อย่างใด ดังรูปที่ 2.11 ทั้งนี้ หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบธรรมดา เฉพาะตัวหลอดใช้กระแสไฟฟ้าที่ 36 วัตต์ บาลาสต์สำหรับจุดไส้หลอดอีก 10 วัตต์ รวมเป็น 46 วัตต์ แต่ถ้าใช้หลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์จะใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 18 วัตต์เท่านั้น โดยที่ค่าความสว่างยังมากกว่าเดิม อายุการใช้งานมากกว่าเดิม โดยมีอายุการใช้งานถึง 50,000 ชั่วโมง หากเปิดใช้งานวันละ 12 ชั่วโมง จะมีอายุการใช้งานได้นานถึง 11 ปี ทั้งๆ ที่หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบธรรมดาจะมีอายุการใช้งานเพียง 8,000 ชั่วโมงเท่านั้น ถ้าเปิดใช้งานวันละ 12 ชั่วโมงเช่นเดียวกับหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์จะมีอายุการใช้งานเพียง 1.8 ปี เท่านั้น



รูปที่ 2.11 หลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์

2.4.1 ส่วนประกอบของหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์

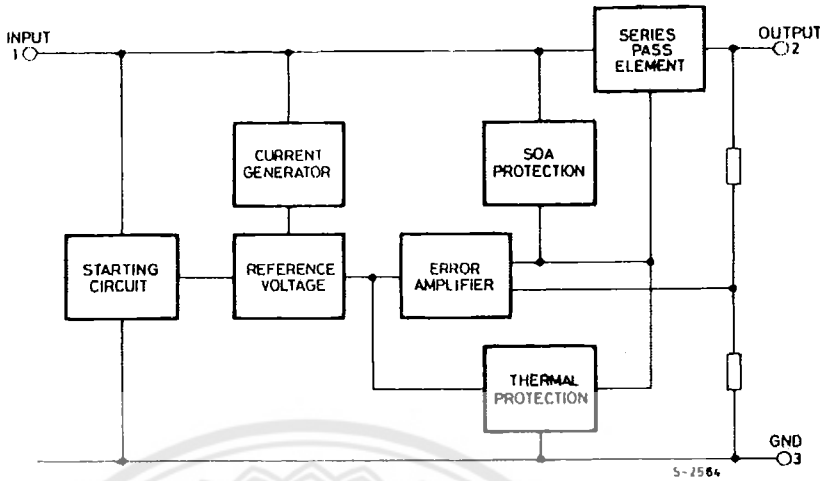
- **หลอดแอลอีดี SMD3528 (Surface Mount Device)** เป็นหลอดแอลอีดีที่ดีที่สุดมีความสว่างเพียงพอและราคาที่เหมาะสม และก็มีคุณภาพที่เชื่อถือได้ นอกจากนั้นสามารถประหยัดพลังงานได้มากถึง 80 เปอร์เซนต์ เมื่อเทียบกับหลอดไฟธรรมดาจนเป็นที่ยอมรับของคนทั่วโลก ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 SMD3528 สำหรับหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์

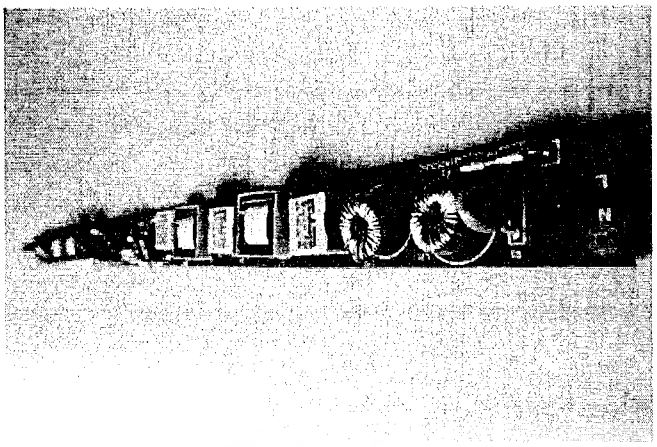
- **แหล่งจ่ายไฟของหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ (Power Supply of Fluorescent)** โดยปกติจะเป็นตัวควบคุมแรงดัน บางทีก็เรียกว่าคอนเวอร์เตอร์ (Converter) ซึ่งหมายถึงการปรับเปลี่ยนค่าแรงดันไฟตรงค่าหนึ่งมาสู่ค่าแรงดันไฟตรงอีกค่าหนึ่ง แต่ถ้าเป็นการขับและควบคุมกระแสมักจะเรียกว่าตัวขับ (Driver) แหล่งจ่ายไฟไม่ว่าจะเป็นการขับด้วยกระแสหรือแรงดันก็จะแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. **แหล่งจ่ายไฟแบบเชิงเส้น (Linear Power Supply)** จะทำงานตรงไปตรงมาคือจะกันแรงดันส่วนเกินไว้ในตัวและจะจ่ายแรงดันเท่าที่โหลดหรือแอลอีดีต้องการ ดังนั้นถ้าแรงดันขาเข้ามามาก (กระแสจะแปรผันตามกันอยู่แล้ว) ก็จะมีกำลังในตัวมาก ทำให้มีความร้อนสะสมในตัวมากด้วย และทำให้ประสิทธิภาพของกำลังที่ออกมาน้อยตามกันไป แหล่งจ่ายไฟแบบนี้จึงเหมาะกับการควบคุมแรงดันที่ขาเข้าและขาออกใกล้เคียงกัน แต่ก็ต้องมากพอที่ทำให้แหล่งจ่ายไฟทำงานได้ เพราะถ้าแรงดันใกล้กันเกินไปแหล่งจ่ายไฟจะตัดวงจรไม่ปล่อยไฟออกมาทำงานโหลดไม่ทำงาน โดยปกติความต่างของแรงดันเข้ากับแรงดันออกนี้จะอยู่ที่ 3 - 5 โวลต์ (แรงดันขาเข้ามากกว่าออก) ดังรูปที่ 2.13



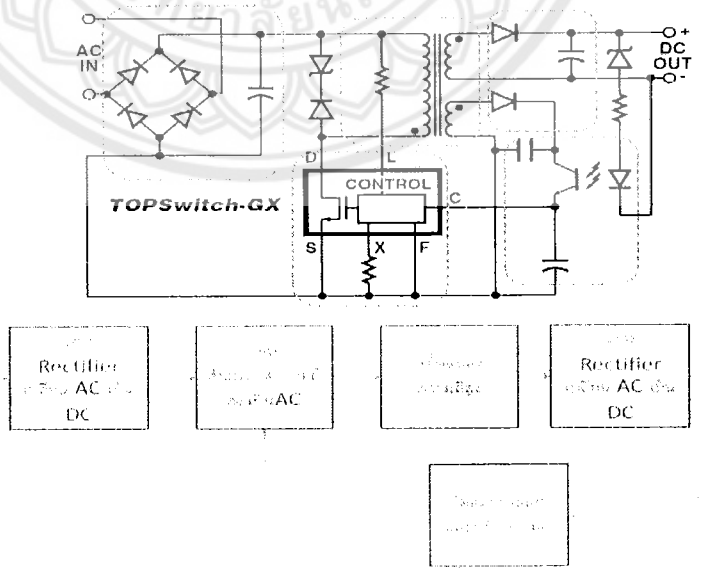
รูปที่ 2.13 ไดอะแกรมการทำงานของแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น

2. แหล่งจ่ายไฟแบบสวิทซ์ชิ่ง (Switching Power Supply) เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟแบบเชิงเส้นมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในตัวมันสูงมาก (มากเท่าไหร่ก็ขึ้นอยู่กับความต่างระหว่างแรงดันขาเข้ากับขาออก) ดังนั้นแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตซ์จึงถือกำเนิดมาเพื่อแก้ปัญหานี้ เพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบทำงานอย่างสูงสุด หลักการก็คือการใช้หม้อแปลงเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าจากขาเข้าค่าหนึ่งให้เป็นขาออกอีกค่าหนึ่ง เพราะหม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ส่งผ่านกำลังไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงมาก (มากกว่า 90 เปอร์เซนต์) แต่หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเท่านั้น ถ้าป้อนไฟตรงเข้าไปจะเกิดความเสียหายทันที ดังนั้น จะต้องเอาแรงดันไฟตรงที่เข้ามานั้นทำเป็นไฟสลับโดยการใช้วงจรสับกระแส (chopper) หรือเปิด-ปิด-เปิด-ปิดแรงดันไฟตรงขาเข้าด้วยความถี่หนึ่ง (หลัก 10 กิโลเฮิรตซ์ หรือเป็น 10,000 รอบต่อนาที เพื่อให้หม้อแปลงมีขนาดเล็กและประสิทธิภาพสูงขึ้น) เมื่อเป็นไฟสลับแล้วก็จะนำแรงดันผ่านหม้อแปลงปรับเปลี่ยนค่าแรงดันใหม่ตามขาออกที่เราต้องการจากนั้นเราก็เปลี่ยนแรงดันไฟสลับนี้ให้กลับมาเป็นไฟตรงเพื่อใช้งานอีกครั้งหนึ่ง ดังรูปที่ 2.14



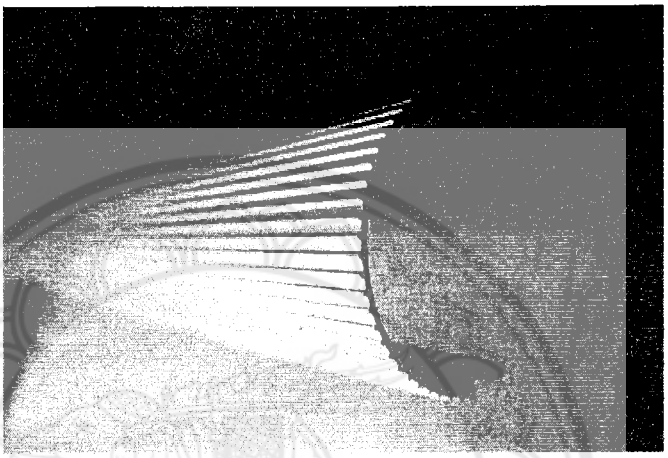
รูปที่ 2.14 แหล่งจ่ายไฟในหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์

แหล่งจ่ายไฟแบบสวิทซ์ชิ่งมักมีประสิทธิการส่งถ่ายกำลังงานสูงกว่า 80 เปอร์เซนต์ ขณะที่แหล่งจ่ายไฟแบบเชิงเส้นมักจะประสิทธิการส่งถ่ายกำลังงานประมาณ 30 - 70 เปอร์เซนต์ ขึ้นอยู่กับความต่างของแรงดันขาเข้าและขาออก และยังมีขนาดที่เล็กและเบากว่า แต่รับโหลดที่มีกำลังต่ำไม่ค่อยดี เนื่องจากโหลดที่เปลี่ยนจะทำให้ความถี่สวิทซ์ชิ่งเปลี่ยนตามไปด้วยโดยการใช้ระบบควบคุมแบบป้อนกลับและที่ความถี่ต่ำลงหม้อแปลงจะทำงานหนักขึ้นจนทำให้ประสิทธิภาพต่ำลง หรือกระทั่งเกิดความเสียหายได้ในกรณีที่โหลดแปรปรวนมาก ดังรูปที่ 2.15



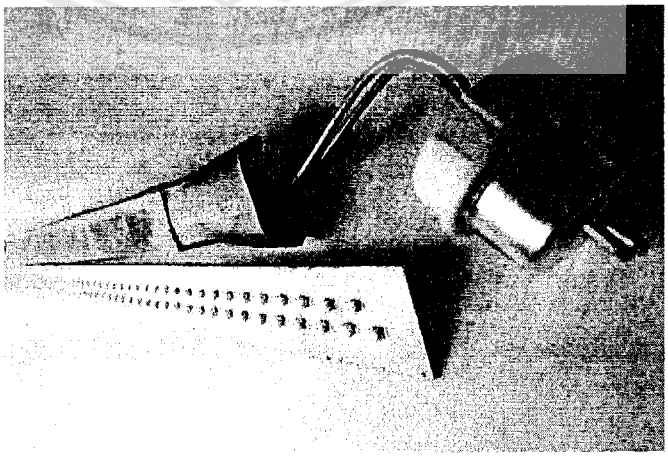
รูปที่ 2.15 วงจรจ่ายไฟแบบสวิทซ์ชิ่ง

- **กรอบอลูมิเนียม (Aluminium Frame)** ด้วยการออกแบบที่ดีที่จะช่วยลดอุณหภูมิในการทำงานของแสงมีความเสถียรภาพมากขึ้นและปลอดภัยกว่ากรอบพลาสติก ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 กรอบอลูมิเนียม

- ขั้วหลอด สามารถเชื่อมต่อกับ AC110V/220V/240V: AC85 - 265V เป็นขนาดเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ขั้วหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์

2.4.2 ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้า

- **แรงดันใช้งานของแอลอีดี (Forward Voltage; VF)** เป็นค่าที่บอกว่าหลอดแอลอีดีนี้ต้องการแรงดันไฟฟ้าเท่าไหร่ เพื่อที่จะให้กระแสไหลผ่านในจุดที่ผู้ผลิตแนะนำ (Forward current; IF) แอลอีดีแต่ละยี่ห้อ แต่ละรุ่น และแต่ละสีจะมีค่า VF แตกต่างกัน เช่น สีแดงจะมีค่าประมาณ 1.8 - 2.2 โวลต์ สีเขียวจะมีค่าประมาณ 2.8 - 3.2 โวลต์ สีน้ำเงินและสีขาวจะมีค่าประมาณ 3.2 - 3.6 โวลต์ เป็นต้น หรือ ถ้าเป็นหลอดพิเศษ เช่น LED arrays หรือ LED module ก็อาจจะใช้แรงดันสูง ตั้งแต่ 12 โวลต์ ไปจนถึง 40 โวลต์ เลยก็ได้ ดังนั้นควรต้องเลือกให้เหมาะสมระหว่างแรงดันของแหล่งจ่ายไฟกับค่าแรงดันใช้งานของแอลอีดีนี้

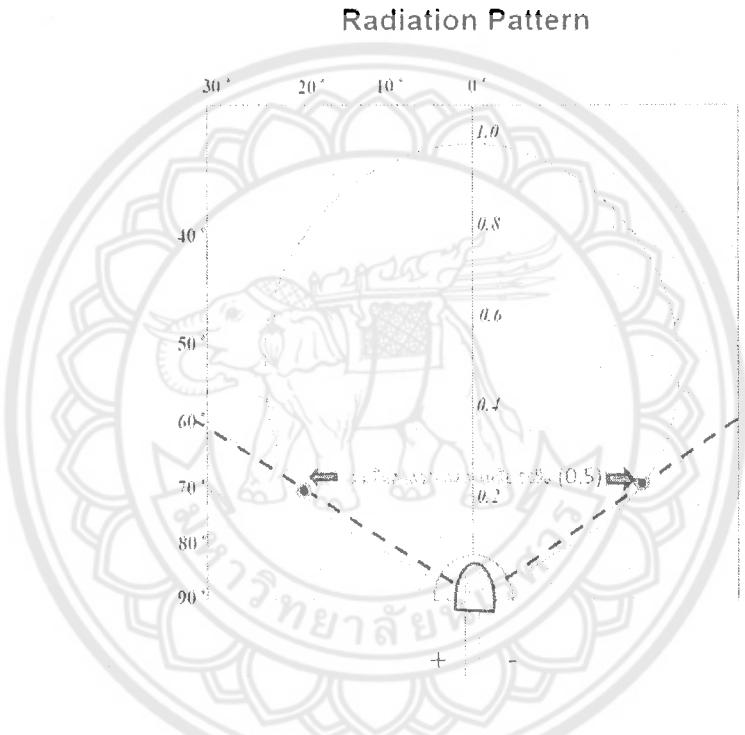
- **กระแสใช้งานของแอลอีดี (Forward current หรือ Continuous current; IF)** เป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดที่ผู้ผลิตแนะนำผู้ใช้งาน เป็นค่าที่สัมพันธ์กับแรงดันใช้งานอย่างที่กล่าวมาแล้ว (ที่ค่ากระแส IF จะมีแรงดันตกคร่อมแอลอีดีเท่ากับ VF) ค่านี้จะเป็นตัวบอกว่าควรจะหาแหล่งจ่ายไฟที่มีขนาดการจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ต่ำที่สุดได้แค่ไหน เช่น หลอดแอลอีดีมีแรงดันใช้งานที่ 3 โวลต์ กินกระแสหรือมีค่ากระแสใช้งานที่ 100 มิลลิแอมป์ ดังนั้นเราต้องหาแหล่งจ่ายไฟตรงที่ให้แรงดันไฟฟ้าออกมาที่ 3 โวลต์พอดี และสามารถจ่ายกระแสไม่น้อยกว่า 120 มิลลิแอมป์ (เผื่อไว้ประมาณ 20 เปอร์เซนต์ เพื่อความปลอดภัย) แหล่งจ่ายไฟสามารถจ่ายกระแสมากกว่านี้ได้ แต่จะใหญ่ขึ้นและสิ้นเปลืองขึ้น

มีค่าอีกตัวที่เกี่ยวกับกระแสคือ ค่ากระแสใช้งานสูงสุด (Peak current; IPK) ซึ่งจะบ่งบอกว่าหลอดแอลอีดีนี้ทนกระแสได้มากที่สุดที่เท่าไหร่ในช่วระยะเวลาสั้นๆ (แต่มักจะไม่ระบุเวลาไว้ให้) โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 2-10 เท่าของกระแสใช้งานปกติ ค่านี้มีประโยชน์ในการใช้กับแหล่งจ่ายไฟ (กรณีนี้จะเรียกว่าตัวขับกำลัง หรือ Driver มากกว่า) แบบ PWM

- **กำลังใช้งานของหลอดแอลอีดี (Power consumption หรือ Power dissipation; PD)** ค่ากำลังไฟฟ้ามักจะไม่บ่งบอกชัดเจนในคุณสมบัติ แต่มักจะบอกเป็นขนาดของหลอดแอลอีดีเสียส่วนใหญ่ เช่น แอลอีดีขนาด 1 วัตต์ เป็นต้น ค่านี้เกิดจากการคูณกันของแรงดันใช้งานกับค่ากระแสใช้งาน (PD = VF*IF) เช่น แอลอีดีใช้แรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์ กินกระแส 350 มิลลิแอมป์ หรือ 0.35 แอมป์ จะมีค่ากำลังไฟฟ้าใช้งานที่ 1.115 วัตต์ แต่เราจะเรียกหลอดนี้ว่า แอลอีดีขนาด 1 วัตต์ เป็นต้น

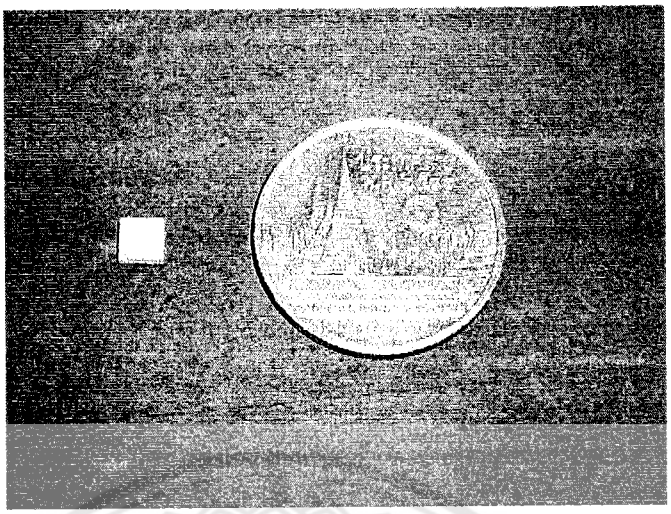
- **มุมกระจายแสง (Viewing angle)** เป็นมุมที่วัดจากด้านหน้าตรงของหลอดแอลอีดีที่มีความสว่างสูงสุดไปยังตำแหน่งด้านหนึ่งที่ความสว่างลดลงเหลือ 50 เปอร์เซนต์ ถ้าหลอดไส้ธรรมดามุมกระจายแสงจะสว่างรอบตัวเป็นทรงกลม 360 องศา แต่ด้วยโครงสร้างหลอดแอลอีดี ที่วางชิ้นงานลงบนชิพของสารกึ่งตัวนำที่ทึบแสง ดังนั้น แอลอีดีจึงไม่มีทางที่จะส่องแสงออกด้านหลังได้ ทำให้มุมกระจายแสงสูงสุดเท่าที่จะทำได้ไม่เกิน 180 องศา หรือครึ่งทรงกลม การ

กระจายแสงของหลอดแอลอีดีถูกกำหนดด้วยโดมสะท้อนแสง และเลนส์ที่ออกแบบอยู่บนตัวถัง ว่าจะให้มุมกระจายแสงเท่าไหร่ และขอบของแสงมีความคมแค่ไหน ถ้าเราต้องการแสงที่มีทิศทางแคบ หรือพุ่งเป็นลำก็เลือกหลอดแอลอีดีที่มีค่ามุมกระจายแสงน้อยๆ เช่น 15, 30 หรือ 45 องศา แต่ถ้าต้องการการกระจายแสงให้กว้างเห็นทั่วถึงก็เลือกหลอดที่มีทิศทางการกระจายแสงที่กว้าง เช่น 90, 120, 150, 170 องศา เป็นต้น



รูปที่ 2.18 ภาพแผนภูมิแสดงการกระจายแสงของหลอดแอลอีดีขนาด 120 องศา (ด้านละ 60 องศา)

หลอดแอลอีดีส่วนใหญ่ที่ให้มุมกระจายแสงกว้างมันจะเป็นแบบ SMD (Surface Mount Device) หรือแบบที่แปะบนแผ่นวงจรพิมพ์ เนื่องจากโครงสร้างตัวถังที่แบน ซึ่งมุมของแสงมักจะอยู่ที่ 120 องศา ดังรูปที่ 2.18 ขณะที่หลอดแบบกลมทั่วไปที่ต้องเจาะรูบนแผ่นพิมพ์เพื่อจะเสียบขาบัดกรีนั้น (through hole) จะมีมุมกระจายแสงหลากหลายค่าเนื่องจากการออกแบบเลนส์กระจายแสงทำได้หลากหลายกว่า แต่โดยรวมมักจะแคบกว่าแบบ SMD ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ภาพแสดง SMD

ข้อดีของการกระจายแสงที่เลือกค่าได้นี้ทำให้เราไม่จำเป็นต้องหาโคมสะท้อนแสงมาติดตั้งเหมือนหลอดไฟแบบอื่น เช่นหลอดไส้ หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองราคา และเสียพื้นที่ติดตั้ง นอกจากนี้โคมกระจายแสงที่ติดข้างนอกยังเกิดการสูญเสียความสว่างโดยเปล่าประโยชน์ และต้องมีการบำรุงดูแลเนื่องจากฝุ่นที่มาเกาะจะทำให้ประสิทธิการส่องสว่างลดลงมากขึ้นไปอีก

- ประสิทธิภาพทางแสง (Luminous Efficacy หรือ Optical Efficiency; lm/W) เป็นค่าที่บ่งบอกความคุ้มค่าของการใช้กำลังงานไฟฟ้า โดยเป็นการรวมของพารามิเตอร์ทางแสงกับทางไฟฟ้าเข้าด้วยกัน นั่นคือเป็นตัวที่บอกว่า ในกำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ที่ป้อนให้กับหลอดแอลอีดีนั้น จะให้ความเข้มของความสว่างกี่ลูเมนส์ ค่าที่แสดงออกมานั้นยิ่งมากยิ่งดี เช่นหลอดที่มีประสิทธิภาพทางแสง 100 ลูเมนส์ต่อวัตต์ (lm/W) จะให้แสงที่สว่างกว่าหลอดที่มีประสิทธิภาพทางแสง 90 ลูเมนส์ต่อวัตต์ ในกรณีที่ป้อนกำลังไฟฟ้าของแต่ละตัวเท่ากัน (แต่ตัวเลขไม่เป็นความจริงเสมอไปเนื่องจากมาตรฐานของการทดสอบแอลอีดีในปัจจุบันยังไม่รัดกุมชัดแจ้งมากนัก จึงจำเป็นต้องเข้าใจเงื่อนไขของมันอีกด้วย แต่ในเบื้องต้นก็ขอให้เข้าใจในลักษณะที่กล่าวมาไว้ก่อน)

2.4.3 รูปลักษณ์ของแอลอีดีและคุณสมบัติทางกล

- **มิติหรือขนาดของแอลอีดี** (dimension) นั้นมีความจำเป็น เช่นพื้นที่การติดตั้งงานในงานบางงานที่คำนึงถึงเรื่องพื้นที่ ขนาดของแอลอีดีเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมาก เช่นในโคมไฟรถยนต์ที่มีลักษณะแคบมุมกระจายแสงถูกบังคับจากโคม (โดยเฉพาะไฟหน้ารถ) หรือไฟเพดาน

ที่มีพื้นที่จำกัดมากที่หลอดความสว่างสูงบางแบบถึงแม้จะให้ความสว่างสูงแต่ใหญ่เกินไปที่จะนำมาใช้เป็นต้น ดังนี้ควรจะตรวจสอบขนาดทั้งความกว้าง ความยาว และความสูงให้ดีก่อนที่จะหาหลอดมาใช้ แต่การใช้งานต้องเผื่อพื้นที่สำหรับการระบายความร้อนของหลอด และทางไฟฟ้าซึ่งอาจจะเป็นลายวงจรหรือสายไฟฟ้าที่มีขนาดพอที่รับกระแสไฟฟ้าของระบบไฟไว้ด้วย

- **ขนาดของแพดบัดกรี** (Solder pad size) เป็นขนาดที่ผู้ผลิตแนะนำมาสำหรับการออกแบบลายวงจรพิมพ์ ในจุดที่จะวางตำแหน่งของหลอดแอลอีดีจะเป็นแอลอีดีแบบมีขา ผู้ผลิตก็มักจะบอก เส้นผ่าศูนย์กลางของขามาให้เพื่อรูที่เจาะบนแผ่นวงจรพิมพ์มีขนาดที่เหมาะสมถ้าหลอดแอลอีดีเป็นแบบไร้ขา หรือ SMD ผู้ผลิตก็มักจะบอกขนาดแพดทองแดงของลายวงจรพิมพ์ไว้ให้ซึ่งค่านี้สำคัญมากเนื่องจากถ้าขนาดผิดไปจะทำให้หลอดแอลอีดีไม่เกาะแผ่นวงจร หรือเกิดการเลื่อนไหลขึ้นในเวลาที่ตะกั่วหลอมละลาย เกิดการเสียรูปการวางและอาจถึงขั้นใช้งานไม่ได้ เนื่องจากบัดกรีไม่ติด หรือมีการลัดวงจรกัน

2.4.4 ค่าคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์

- **อุณหภูมิรอยต่อ (Junction Temperature)** อุณหภูมินี้คล้ายๆ กับอุณหภูมิไส้หลอดเป็นค่าที่บอกถึงอุณหภูมิสูงสุดที่หลอดแอลอีดีทำงานได้โดยไม่เกิดความเสียหาย แต่ต่างกับหลอดไส้ธรรมดาตรงที่หลอดไส้ธรรมดายิ่งร้อนยิ่งดี ความเสียหายของหลอดแทบไม่มีผลนอกจากจะเสื่อมสภาพไปตามอายุ (หลอดไส้ธรรมดาจะมีอุณหภูมิไส้หลอดประมาณ 2200 องศาเซลเซียส และถ้าเป็นหลอดฮาโลเจนอาจจะสูงถึง 3000 องศาเซลเซียส เพื่อให้หลอดฮาโลเจนมีประสิทธิภาพการส่องสว่างที่ดีกว่าและมีอุณหภูมิแสงสีขาวมากกว่า) ขณะที่หลอดแอลอีดีมีประสิทธิภาพในการทำงานที่อุณหภูมิสูงไม่ดีค่าอุณหภูมิรอยต่อมักจะอยู่ที่ 125 - 150 องศาเซลเซียสเท่านั้น

- **อุณหภูมิใช้งานของหลอดแอลอีดี (Operating Temperature)** เป็นย่านอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ที่หลอดแอลอีดียังใช้งานอยู่ได้เพราะค่านี้จะมีผลต่อการระบายความร้อนด้วย เช่น ผู้ผลิตอาจบอกในเอกสารว่าหลอดนี้สามารถใช้ในย่านอุณหภูมิที่ -40 ถึง 100 องศาเซลเซียสเป็นต้น

- **ค่าความต้านทานเชิงความร้อน (Thermal Resistance)** ค่านี้จะบ่งบอกว่าการถ่ายเทความร้อนจากตัวหลอดไปยังผิวนอกของแอลอีดีทำได้ดีแค่ไหนหรืออีกนัยหนึ่งคือหลอดจะคงความร้อนไว้มากแค่ไหน เช่น ถ้าคุณสมบัติบอกว่า ค่าความต้านทานทางความร้อนของหลอดมีค่า 10 องศาเซลเซียส (หรือเคลวิน) ต่อวัตต์ (10 °C/W) หมายถึง ในกำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ที่เราป้อนให้หลอดแอลอีดี จะมีความร้อนแฝงอยู่ในหลอด 10 องศาเซลเซียส ดังนั้นถ้าเราวัดอุณหภูมิที่พื้นผิวได้ 90 องศาเซลเซียส เราก็จะรู้ว่าอุณหภูมิที่รอยต่อหรือไส้หลอดจะเท่ากับ 100 องศาเซลเซียสนั่นเอง ค่าตัวแปรนี้เป็นประโยชน์มากในการออกแบบหลอดแอลอีดีให้มีเสถียรภาพดีใช้ได้อย่างยาวนาน

หรือป้องกันปัญหาหลอดเสื่อมสภาพทั้งแบบชั่วคราวและถาวรอันเนื่องมาจากความร้อนเกินค่านี้ ควรจะต่ำเข้าไว้เพราะหมายถึงหลอดจะคงความร้อนไว้น้อยนั่นเอง

2.4.5 ข้อดีและข้อเสียของหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์

ข้อดี

1. ตัวหลอดทนทานต่อแรงกระแทกต่างๆ เพราะชิปเปล่งแสงบรรจุอยู่ในพลาสติกใสซึ่งแข็งและเหนียว

2. อายุการใช้งานหลอดแอลอีดีนาน 80,000 - 100,000 ชั่วโมง มากกว่าหลอดฟลูออเรส-เซนต์และหลอดไส้ธรรมดา

3. หลอดแอลอีดีกินไฟน้อย

4. ตัวหลอดมีขนาดเล็กจึงสามารถประยุกต์หรือปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้งานได้หลากหลาย

5. หลอดแอลอีดีเกิดความร้อนเพียงเล็กน้อยในขณะทำงาน จึงไม่อันตรายเมื่อสัมผัสหลอด

6. หลอดแอลอีดีเหมาะกับการใช้งานที่ต้องมีการปิดเปิดไฟบ่อยครั้ง โดยไม่มีผลต่ออายุการใช้งาน ต่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่หากเปิดปิดบ่อยครั้งจะเสียง่าย

7. หลอดแอลอีดีไม่ใช้สารปรอทเหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์

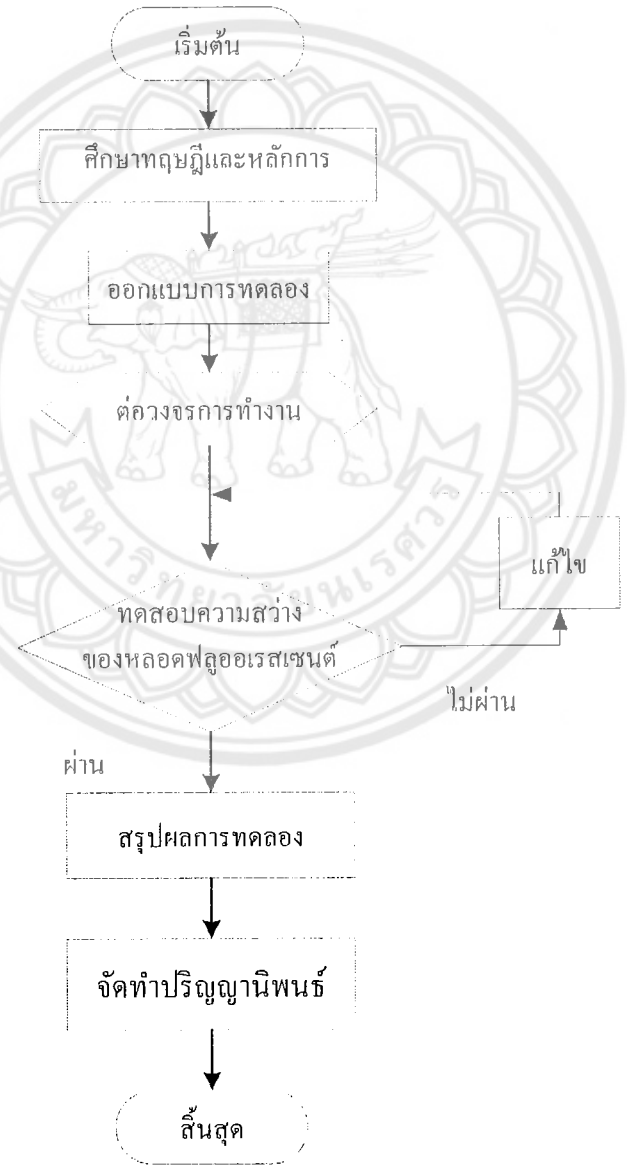
ข้อเสีย

1. หลอดแอลอีดีแสงสีขาวยังมีราคาค่อนข้างแพง เช่นหลอดแอลอีดีติดตั้งทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ราคาสูงถึงประมาณ 1,500 บาท ซึ่งราคาแพงกว่าชุดหลอด T8 เดิม หลายเท่า

2. ปัจจุบันหลอดแอลอีดียังมีประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างน้อยกว่าหลอดฟลูออเรส-เซนต์

บทที่ 3
ขั้นตอนการศึกษาและออกแบบทดลอง

ในการสร้างและออกแบบการทำงานทั้งหมดได้มีการวางแผนการดำเนินงานเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน สามารถแสดงได้ดังแผนผังการทำงานดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการทำงาน

ในบทที่ 2 ได้กล่าวถึงความรู้พื้นฐานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ บัลลาสต์แกนเหล็กบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ หลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ และการส่องสว่างที่เกิดขึ้น ทำให้เข้าใจถึงทฤษฎีการทำงานของหลอดไฟเป็นอย่างดี

ในบทที่ 3 นี้จะกล่าวถึงแนวทางในการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษา และวิเคราะห์ความสว่างที่เกิดขึ้นของหลอดไฟ และมีการกำหนดค่าอุณหภูมิโดยรอบของหลอด

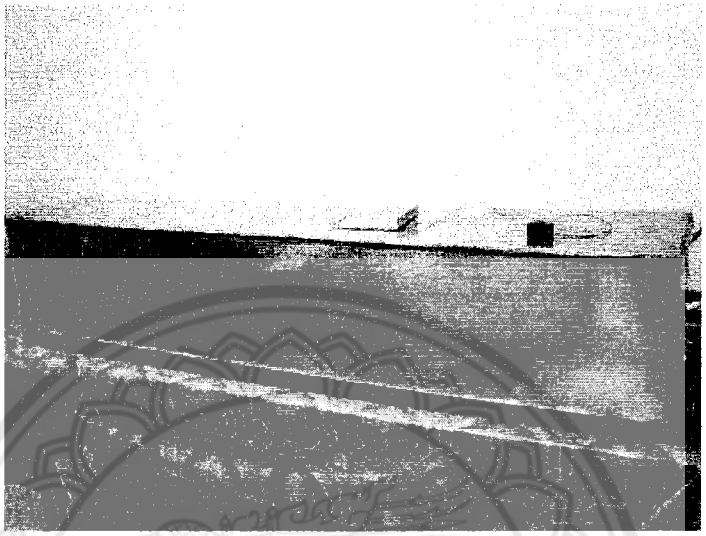
3.1 หลักการออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองการศึกษาอุณหภูมิภายนอกของหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดีจะต้องทำการทดลองและบันทึกค่า เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลกระทบต่อการทำงานและประสิทธิภาพโดยค่าพารามิเตอร์ดังนี้

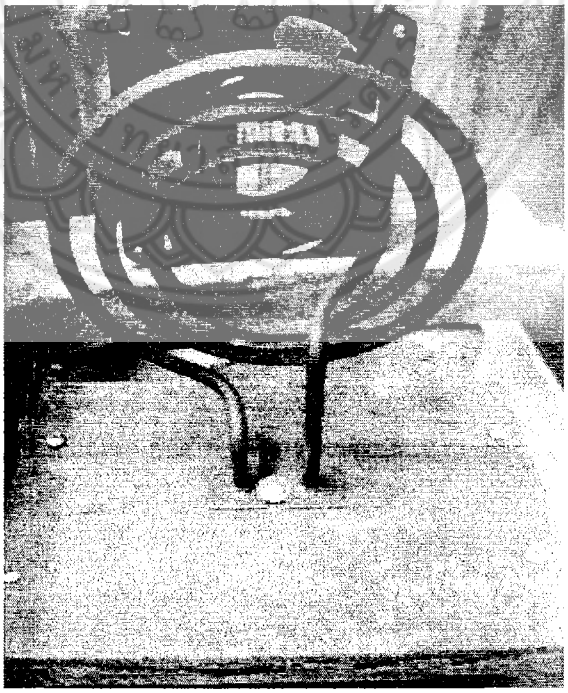
1. ค่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้า
2. ค่ากระแสไฟฟ้าขาเข้า
3. ค่ากำลังไฟฟ้าขาเข้า
4. ค่าความส่องสว่าง
5. ประสิทธิภาพความสว่าง

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกจะทำการทดสอบหลอดในห้องที่โล่งโดยมีอุณหภูมิโดยรอบ 25 องศาเซลเซียส วัดที่ระยะ 1 เมตร ส่วนที่สองจะนำหลอดไปใส่ในกล่องทดลองแบบปิดขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 160 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร โดยภายในกล่องจะมีฮีตเตอร์เป็นตัวทำความร้อน มีพัดลมเพื่อกระจายความร้อนให้ทั่วกล่อง และมีเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลในการอ่านค่า

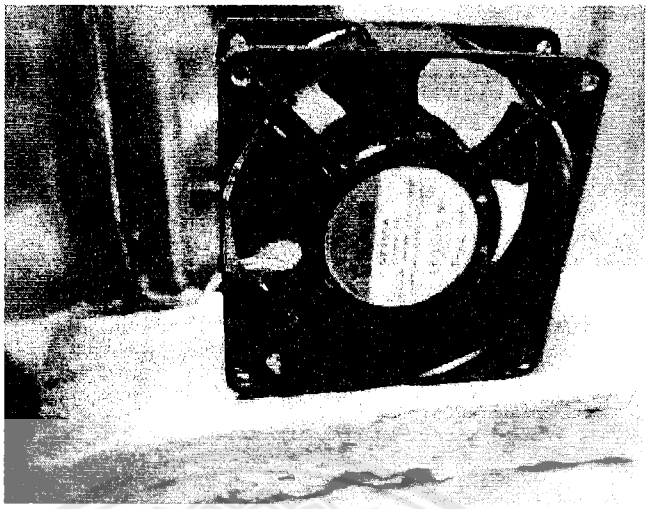
อุปกรณ์ในกล่องทดลอง



รูปที่ 3.2 กล่องที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.3 ฮีตเตอร์

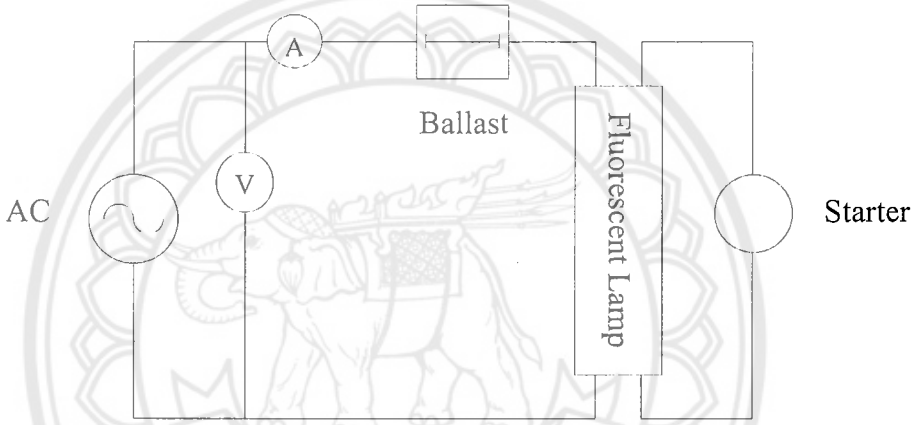


รูปที่ 3.4 พัดลม

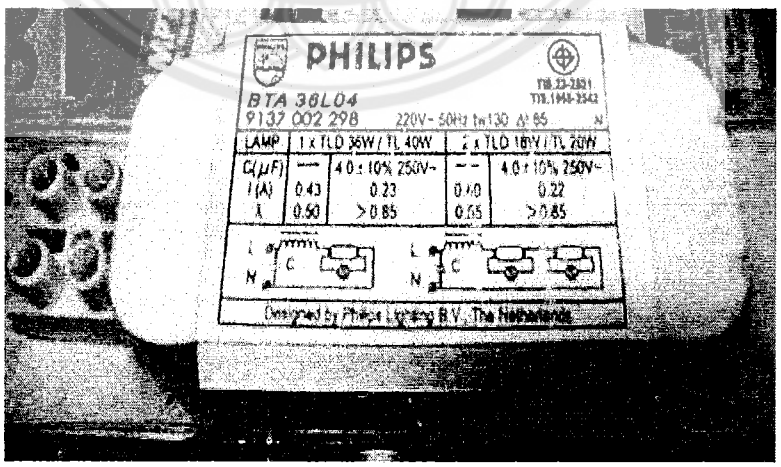
รูปที่ 3.5 การวางหลอดในกล่อง

3.2 วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์แกนเหล็ก

การต่อวงจรการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์, 220 โวลต์ ชนิด T8 ต่อกับบัลลาสต์แกนเหล็ก การต่อวงจรใช้งานเริ่มจากต่อแหล่งจ่ายไฟ 220 โวลต์ เส้นหนึ่งต่อเข้ากับบัลลาสต์แกนเหล็ก จากบัลลาสต์แกนเหล็กต่อไปยังขั้วหลอดหนึ่งขั้วหลอดสองต่อไปยังสตาร์ทเตอร์และต่อเข้าขั้วหลอดอีกด้านหนึ่งจากขั้วหลอดจะต่อเข้าไฟกระแสสลับอีกเส้นหนึ่งจนครบวงจรแสดงการต่อวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อใช้งานและวัดค่าต่างๆ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรการวัดกระแสและแรงดันหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์แกนเหล็ก

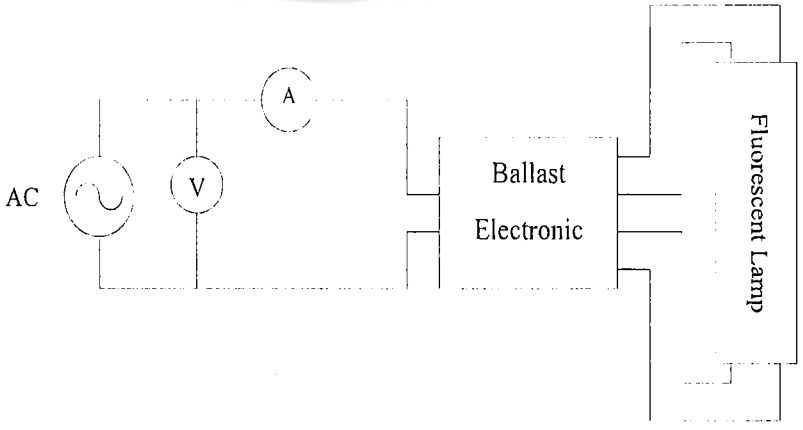


รูปที่ 3.7 บัลลาสต์แกนเหล็กที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 3.8 การต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์กับบัลลาต์แกนเหล็กที่ใช้ในการทดลอง

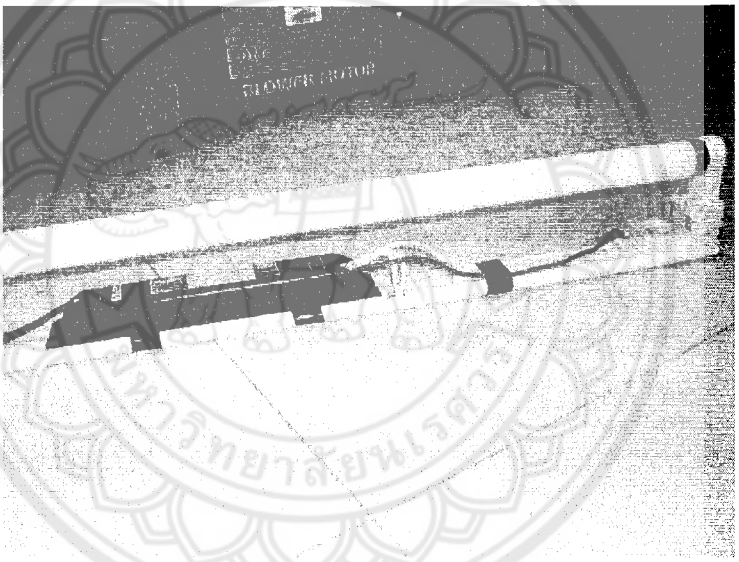
3.3 วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ต่อวงจรการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) โดยใช้หลอดฟลูออเรส-เซนต์ขนาด 36 วัตต์, 220 โวลต์ ชนิด T8 ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ปกติ 50 เฮิรตซ์ (Hz) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงค่าระหว่าง 25 ถึง 50 กิโลเฮิรตซ์ (kHz) เพื่อป้อนให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ การต่อเริ่มจากต่อแหล่งจ่ายไฟ 220 โวลต์ โดยสายไฟทั้ง 2 เส้นต่อเข้ากับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ และมีสายอีก 4 เส้นออกจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ต่อเข้ากับหลอดฟลูออเรสเซนต์แล้ววัดค่าต่างๆ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วงจรการวัดกระแสและแรงดันหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

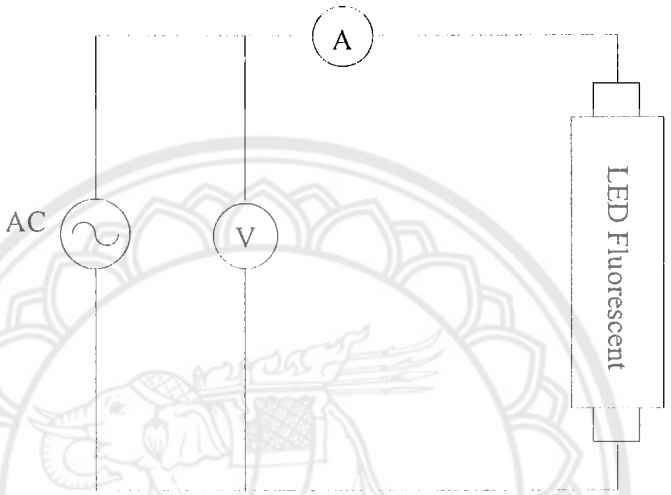
รูปที่ 3.10 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.11 การต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการทดลอง

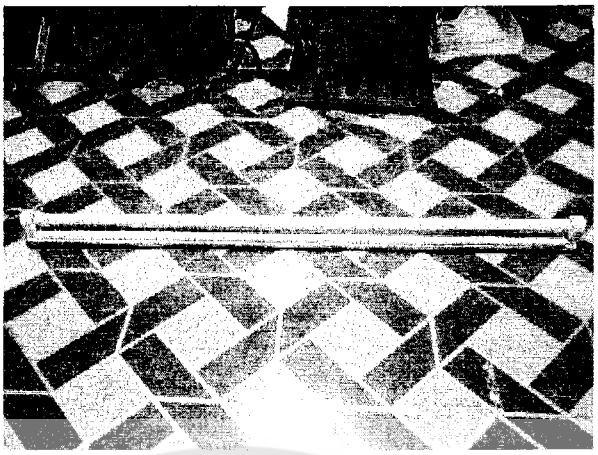
3.4 วงจรหลอดไฟแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์

ต่อวงจรการใช้งานหลอดไฟแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้แหล่งจ่ายไฟแบบสวิทซ์ชิ่ง โดยใช้หลอดขนาด 18 วัตต์, 220 โวลต์ ชนิด T8 ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 วงจรการวัดกระแสและแรงดันหลอดไฟแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์

รูปที่ 3.13 หลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.14 การต่อหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในการทดลอง

3.5 ขั้นตอนการทดลอง

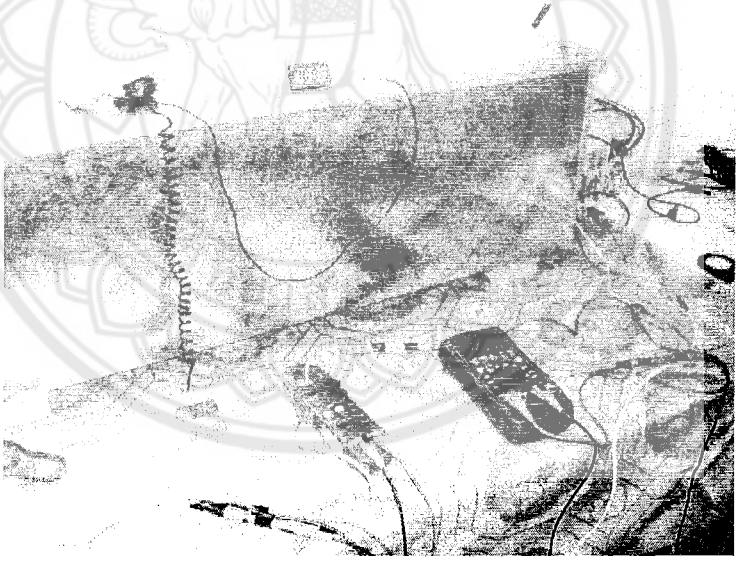
1. ใช้แอมป์มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าและโวลต์มิเตอร์วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของหลอด ซึ่งวัดเมื่อติดหลอดไฟสว่างแล้วทุก ๆ 5 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ 25 องศาเซลเซียส ถึง 80 องศาเซลเซียส แล้วบันทึกผลการทดลอง

2. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่ากำลังไฟฟ้ารวมทั้งวงจร ซึ่งการวัดค่ากำลังไฟฟ้าจะเช่นเดียวกับ ข้อ1 แล้วบันทึกผลการทดลอง

3. ใช้ลักซ์มิเตอร์วัดค่าความส่องสว่างของหลอดไฟ โดยทำการวัดการส่องสว่างจากช่องด้วยบนของกล่องทดลองอุณหภูมิ

4. นำค่าที่ได้จากการวัดมาคิดเปรียบเทียบกับจำนวนวัตต์ที่ใช้เป็นอันสิ้นสุดการทดลอง

รูปที่ 3.15 การวัดค่าหลอดที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 3.16 การวัดค่าหลอดในกล่องทดลอง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทที่ 3 ได้กล่าวถึงการออกแบบทดลองและขั้นตอนในการทดลองของหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์

ในบทนี้ จะแสดงถึงผลการทดสอบอุณหภูมิที่มีผลต่อการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ได้แก่

1. อุณหภูมิห้องปกติที่ระยะ 1 เมตร
2. อุณหภูมิ 25 - 80 องศาเซลเซียส ในกล่องทดลองที่ระยะ 30 เซนติเมตร

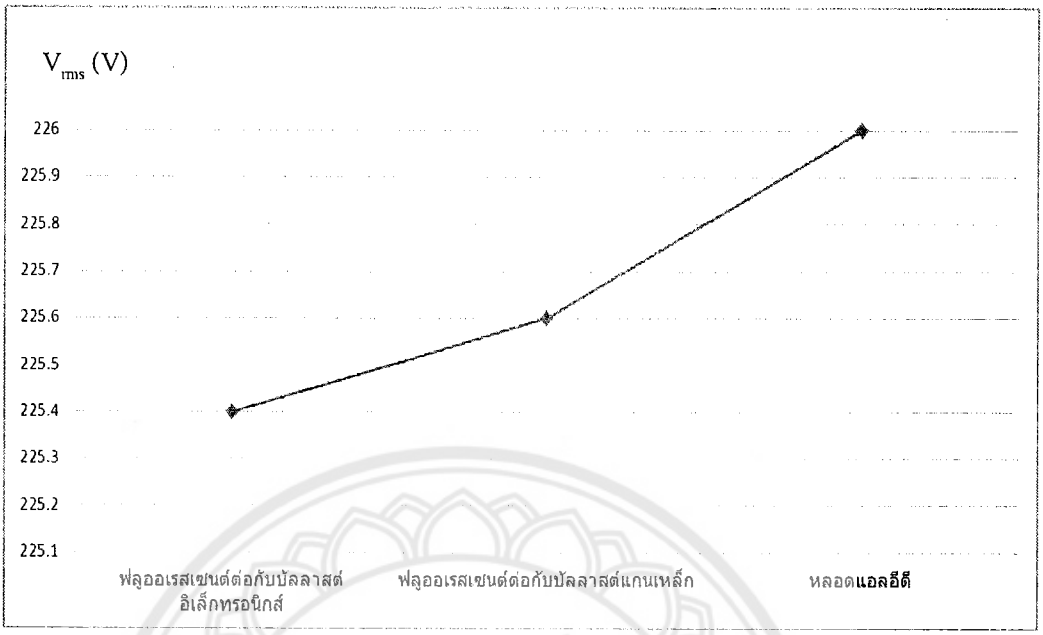
4.1 ผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาอุณหภูมิภายนอกที่มีผลต่อการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ รวมถึงการทดลองวัดปริมาณทางไฟฟ้า ทั้งกระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้า และค่าความส่องสว่าง โดยค่าที่ได้จากการวัดจากเครื่องมือวัดโดยใช้ วัตต์มิเตอร์ ลักซ์มิเตอร์ และเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล ใช้วัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ไป วัดค่าความส่องสว่าง และวัดอุณหภูมิ แล้วนำมาวิเคราะห์

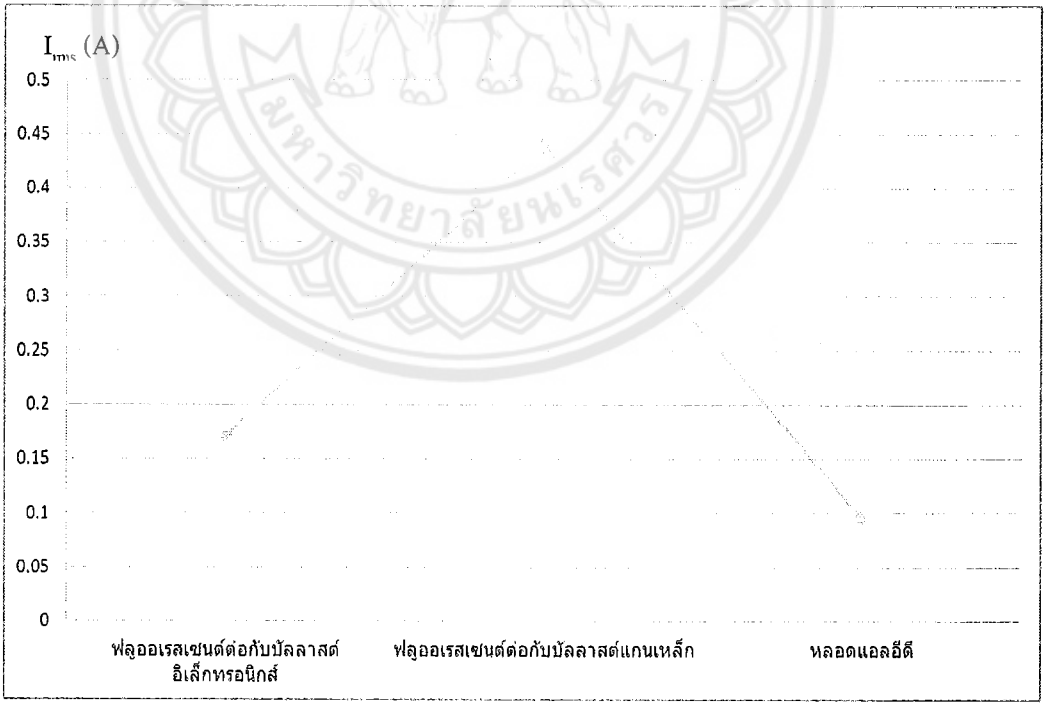
4.2 การบันทึกการทดลองคุณลักษณะทางไฟฟ้าของหลอดไฟ

ตารางที่ 4.1 การบันทึกการทดลองวัดค่าเฉลี่ย จากการวัด 10 ครั้ง ของหลอดไฟ

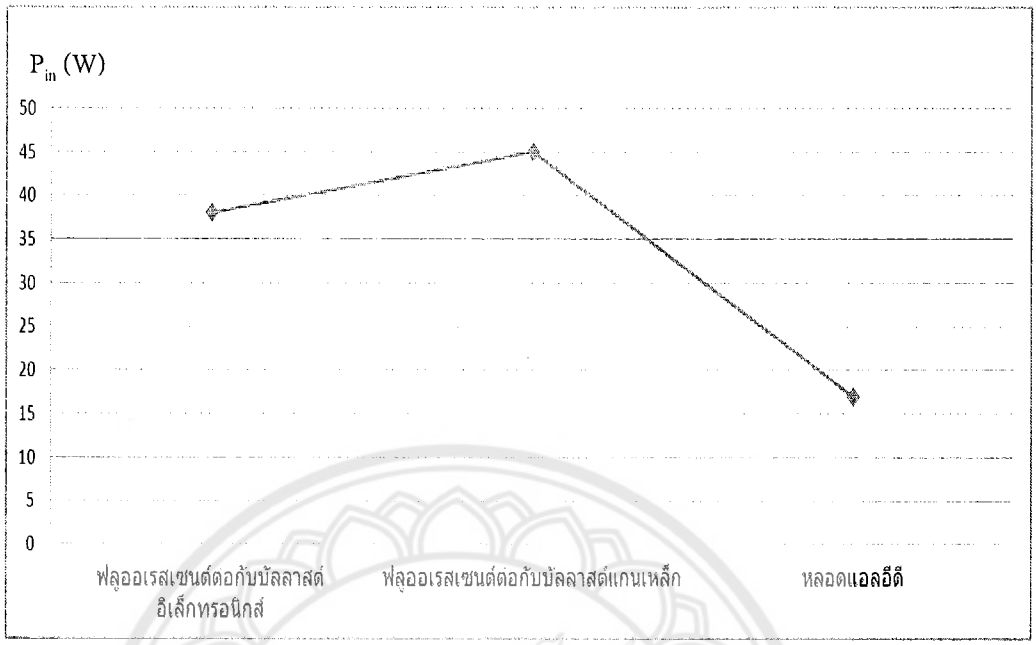
เปรียบเทียบคุณลักษณะทางไฟฟ้าที่สำคัญที่วัดได้จริง			
คุณลักษณะทางไฟฟ้าของวงจรทดสอบ	ผลการทดลอง		
	ฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	ฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์แกนเหล็ก	หลอดแอลอีดี
แรงดันอินพุตของวงจร V_{rms} (V)	225.4	225.6	226
กระแสอินพุตที่ไหลในวงจร I_{rms} (A)	0.171	0.440	0.095
กำลังอินพุตของวงจร P_{in} (W)	38	45	17
ค่าตัวประกอบกำลังของวงจร PF	0.99	0.45	0.79



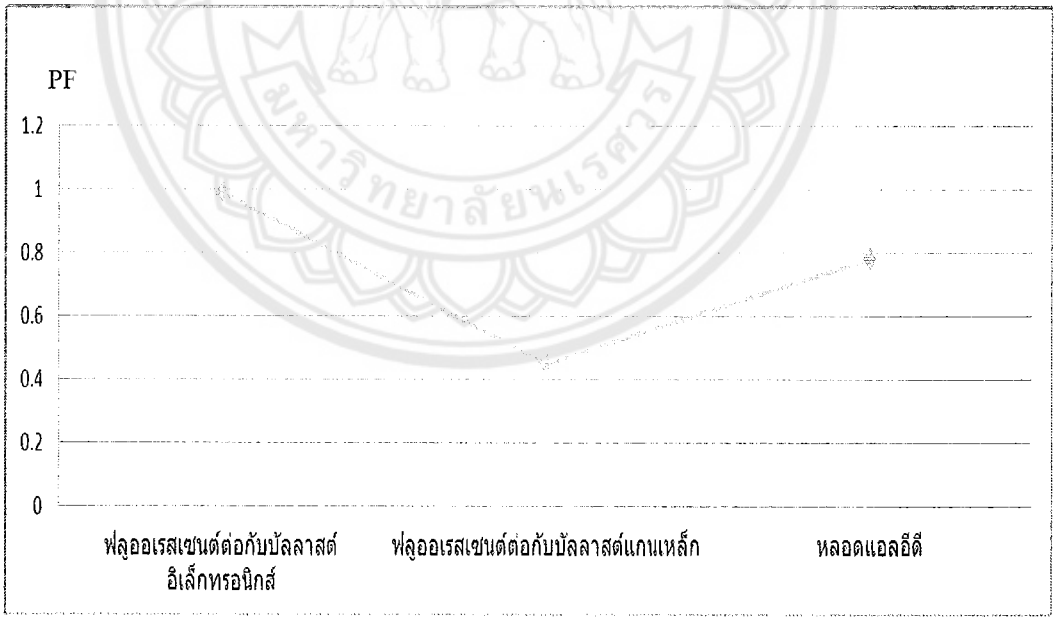
รูปที่ **4.1** กราฟแสดงแรงดันอินพุตของหลอดไฟ



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงกระแสอินพุตของหลอดไฟ



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงกำลังอินพุตของหลอดไฟ

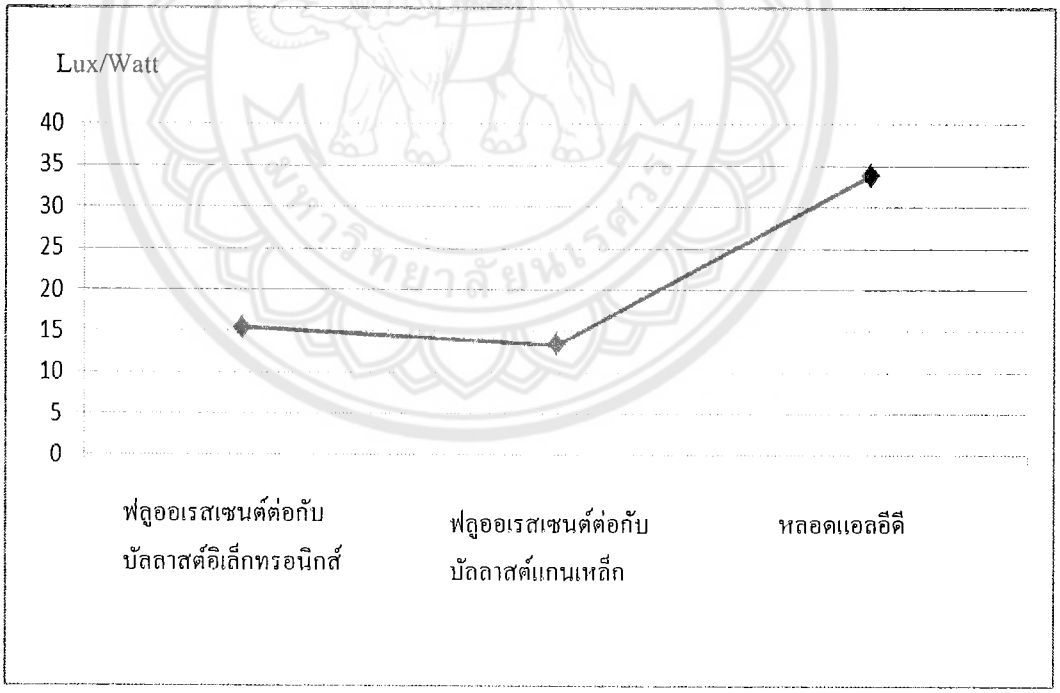


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าตัวประกอบกำลังของหลอดไฟ

4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดไฟ

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดไฟ ณ อุณหภูมิห้องที่ความสูง 1 เมตร

หลอดไฟ	จำนวนวัตต์ (W)	ความสว่างของหลอด (Lux)	ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (Lux/Watt)
ฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	38	586	15.42
ฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์แกนเหล็ก	45	602	13.38
หลอดแอลอีดี	17	576	33.88



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดไฟ

4.4 การบันทึกคุณลักษณะทางไฟฟ้าของหลอดไฟในกล่องทดลองที่ระยะ 30 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.3 การบันทึกแรงดันอินพุต ณ อุณหภูมิต่างๆ ของหลอดไฟ

แรงดันอินพุตของวงจร V_{rms} (V)													
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
ฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์แกน	ครั้งที่ 1	228	228	228	228	228	228	228	228	228	227	227	227
	ครั้งที่ 2	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	227	227
	ครั้งที่ 3	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	227	227
	ค่าเฉลี่ย	228	228	228	229	228	228	228	228	228	228	227	227
ฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	ครั้งที่ 1	223	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224
	ครั้งที่ 2	223	224	224	224	224	224	224	224	224	223	223	223
	ครั้งที่ 3	223	224	224	224	224	224	224	224	224	223	233	223
	ค่าเฉลี่ย	223	224	224	224	224	224	224	224	223.56	223	223	223
หลอดแอลอีดี	ครั้งที่ 1	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224
	ครั้งที่ 2	224	224	224	225	225	225	224	224	224	224	224	224
	ครั้งที่ 3	224	224	224	225	225	225	224	224	224	224	224	224
	ค่าเฉลี่ย	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224

จากตารางที่ 4.3 พบว่าแรงดันหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กจะมีการใช้แรงดันมากเนื่องจากต้องใช้แรงดันเพื่อจุดติดหลอดและสตาร์ทเตอร์ ส่วนหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ และหลอดแอลอีดีจะมีการใช้แรงดันที่สม่ำเสมอและแรงดันมีขนาดเท่ากับแหล่งจ่าย

ตารางที่ 4.4 การบันทึกกระแสอินพุต ณ อุณหภูมิต่างๆ ของหลอดไฟ

กระแสอินพุตที่ไหลในของวงจร I_{rms} (A)													
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
ฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์แกนเหล็ก	ครั้งที่ 1	0.43	0.44	0.45	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.42	0.40	0.40	0.39
	ครั้งที่ 2	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.42	0.40	0.39	0.39
	ครั้งที่ 3	0.44	0.45	0.45	0.44	0.43	0.44	0.43	0.43	0.42	0.40	0.40	0.39
	ค่าเฉลี่ย	0.44	0.45	0.45	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.42	0.40	0.40	0.39
ฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	ครั้งที่ 1	0.170	0.170	0.168	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	ครั้งที่ 2	0.17	0.17	0.170	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	ครั้งที่ 3	0.17	0.170	0.170	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15
	ค่าเฉลี่ย	0.17	0.170	0.169	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
หลอดแอลอีดี	ครั้งที่ 1	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
	ครั้งที่ 2	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
	ครั้งที่ 3	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
	ค่าเฉลี่ย	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09

จากตารางที่ 4.4 พบว่ากระแสหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กจะมีการใช้กระแสมาก เนื่องจากต้องใช้กระแสเพื่อจุดติดหลอดและสตาร์ทเตอร์ ส่วนหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จะมีค่ากระแสที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากบัลลาสต์ไม่สามารถทนความร้อนได้ หลอดแอลอีดีจะมีการใช้กระแสที่สม่ำเสมอ

ตารางที่ 4.5 การบันทึกกำลังอินพุต ณ อุณหภูมิต่างๆ ของหลอดไฟ

กำลังอินพุตของวงจร P_{in} (W)													
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
ฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์แกนเหล็ก	ครั้งที่ 1	44	43	43	44	43	42	42	43	42	40	40	40
	ครั้งที่ 2	43	43	44	43	42	42	43	42	40	40	40	40
	ครั้งที่ 3	44	43	43	42	43	42	41	42	40	41	40	40
	ค่าเฉลี่ย	43.7	43	43.7	43	42.7	42	42	42.3	40.7	40.3	40	40
ฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	ครั้งที่ 1	36	36	35	34	32	32	32	29	27	26	26	25
	ครั้งที่ 2	32	32	29	29	27	26	25	26	26	26	25	25
	ครั้งที่ 3	37	36	32	30	29	29	27	26	25	26	27	25
	ค่าเฉลี่ย	35	34.7	32	31	29.3	29	28	27	26	26	26	25
หลอดแอลอีดี	ครั้งที่ 1	16	18	16	17	16	17	17	16	17	17	17	16
	ครั้งที่ 2	16	16	16	15	16	15	15	15	15	15	15	15
	ครั้งที่ 3	17	17	16	15	16	17	15	15	15	16	15	15
	ค่าเฉลี่ย	16.3	17	16	15.7	16	16.3	15.7	15.3	15.7	16	15.7	15.3

จากตารางที่ 4.5 พบว่ากำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กจะมีการใช้กำลังไฟฟ้ามากในตอนเริ่มแล้วจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเช่นเดียวกันกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ส่วนหลอดแอลอีดีจะมีการใช้กำลังไฟฟ้าที่สม่ำเสมอ

ตารางที่ 4.6 การบันทึกค่าความส่องสว่าง ณ อุณหภูมิต่างๆ ของหลอดไฟ

ค่าความส่องสว่าง (x 10 Lux)													
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
ฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์แกนเหล็ก	ครั้งที่ 1	326	331	326	324	307	297	285	250	240	230	220	210
	ครั้งที่ 2	312	328	319	305	284	276	260	243	235	222	215	204
	ครั้งที่ 3	328	330	326	315	306	285	278	264	245	226	217	210
	ค่าเฉลี่ย	322	330	324	315	299	286	274	252	240	226	217	208
ฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	ครั้งที่ 1	324	332	330	324	306	285	267	261	248	239	226	218
	ครั้งที่ 2	278	332	320	311	299	284	265	252	243	235	226	220
	ครั้งที่ 3	280	331	319	312	298	285	264	252	244	236	225	220
	ค่าเฉลี่ย	294	332	323	316	301	285	265	255	245	237	226	219
หลอดแอลอีดี	ครั้งที่ 1	420	420	420	420	417	416	415	411	411	408	401	399
	ครั้งที่ 2	396	396	395	395	394	393	390	389	388	386	384	380
	ครั้งที่ 3	415	415	415	415	411	409	407	404	403	398	395	392
	ค่าเฉลี่ย	410	410	410	410	407	406	404	401	401	397	393	390

จากตารางที่ 4.5 พบว่าค่าความส่องสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กจะมีความสว่างที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเช่นเดียวกันกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ส่วนหลอดแอลอีดีจะมีความสว่างที่ลดลงแต่ไม่มากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลที่ได้จากการทดลอง

จากบทที่ 4 ได้แสดงถึงผลการทดสองอุณหภูมิที่มีผลต่อการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์ โดยมีอุณหภูมิตั้งแต่ 25 - 80 องศาเซลเซียส ในกล่องทดลองที่ระยะ 30 เซนติเมตร พบว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์มีประสิทธิภาพที่ดีในที่อุณหภูมิ 25 - 30 องศาเซลเซียส และหลอดแอลอีดีมีปะสิทธิภาพที่ดี ที่อุณหภูมิ 25 - 30 องศาเซลเซียส

5.1.1 การนำหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ มาทดสอบในกล่องทดลอง

เมื่อต่อกับบัลลาสต์แกนเหล็กพบว่า ที่อุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าคงที่ กระแสไฟฟ้าขาเข้ามีค่าลดลง กำลังไฟฟ้าก็ลดลงเช่นกันกับความส่องสว่างของหลอด การทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อมีอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม 30 องศาเซลเซียสให้ความส่องสว่าง 329.7 ลักซ์ และเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 80 องศาเซลเซียส ความสว่างลดลงถึง 208 ลักซ์

เมื่อต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์พบว่า ที่อุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันคงที่ แต่มีผลทำให้กระแสขาเข้าลดลงจากที่ 25 องศาเซลเซียส ใช้กระแส 0.169 แอมป์ และเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 80 องศาเซลเซียส กระแสที่ใช้เหลือเพียง 0.151 แอมป์ เท่านั้นแล้วยังทำให้กำลังไฟฟ้าลดลงด้วย นอกจากนั้นความส่องสว่างของหลอดก็ยังลดลงด้วยเช่นกันการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อมีอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม 30 องศาเซลเซียส ให้ความส่องสว่าง 323 ลักซ์ และเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 80 องศาเซลเซียส ความสว่างลดลงเหลือเพียง 219.3 ลักซ์ เท่านั้น

5.1.2 การนำหลอดแอลอีดีขนาด 18 วัตต์ มาทดสอบในกล่องทดลอง

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดัน และ กระแสขาเข้าคงที่ค่ากำลังไฟฟ้าลดลงเล็กน้อย ค่าความส่องสว่างของหลอดก็ลดลงเล็กน้อยเช่นกัน โดยการทำงานของหลอดแอลอีดีจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อมีอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมระหว่าง 25 - 30 องศาเซลเซียสให้ความสว่าง 410.3 ลักซ์ จะค่อย ๆ ลดลงจนถึงอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสให้ความสว่างเหลือเพียง 390.3 ลักซ์ เท่านั้น

5.2 ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไข

1. อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเร็ว ทำให้วัดค่าต่าง ๆ ไม่ทัน จึงควรทำการทดลองหลายๆ ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำ

2. วัตต์มิเตอร์ไม่สามารถวัดค่ากระแสต่ำๆ ได้จึงต้องเปลี่ยนเครื่องวัดใหม่

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา

1. ในการทดลองควรใช้ความระมัดระวัง เพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นอาจทำให้หลอดเสียหายได้

2. ในการทำการทดสอบควรเพิ่มจำนวนหลอดให้มากขึ้นเพื่อที่จะได้ค่าเฉลี่ยของหลอดที่ละเอียดมากขึ้น

3. ควรใช้เครื่องมือที่เป็นแบบดิจิตอลเพื่อให้การจดค่าต่างๆ ไม่คาดเคลื่อน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

[1] ณรงกรณ์ ผกาแก้ว, การออกแบบและวิเคราะห์บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรส-เซนต์ 36 W 2 หลอด ที่สามารถหรี่แสงได้โดยใช้การออสซิลเลตด้วยตัวเองวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, 2549

[2] นางสาวเดือนแรม แพ่งเกี่ยว,นางสาวพรพรรณ อำภาราม, การศึกษาและลดฮาร์มอนิกส์ในบัล-ลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์, 2551

[3] หลอดไฟแอลอีดีฟลูออเรสเซนต์.
แหล่งที่มา:http://ledlights-hotban.com/SupportCenter/Newsshow_138.html สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2556