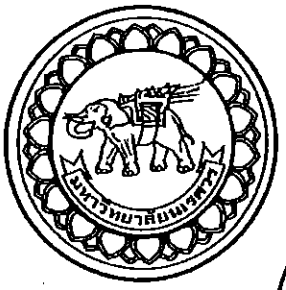


ทดสอบประสิทธิภาพหลอดฟลูออเรสเซนต์

FLUORESCENT TEST LAMPS

นายวัลลภ ใจจา รหัส 51384017

นายจุฑาภัทร พานิช รหัส 51384826

ห้องสมุด คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 12 ส.ค. 56
เลขทะเบียน 16111300
เลขเรียกหนังสือ ฝร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร วิ147 ฝ 2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ทดสอบประสิทธิภาพหลอดฟลูออเรสเซนต์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายวัลลภ ใจจา รหัส 51384017
	นายจุฑาภัทร พานิช รหัส 51384826
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. อัครพันธ์ วงศ์กังแห
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2554

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร. อัครพันธ์ วงศ์กังแห)

.....กรรมการ
(ดร. สุพรรณิกา วัฒนะ)

.....กรรมการ
(ดร. แคทรียา สุวรรณศรี)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ทดสอบประสิทธิภาพหลอดฟลูออเรสเซนต์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายวัลลภ ใจจา รหัส 51384017
	นายจุฑาภัทร พานิช รหัส 51384826
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. อัครพันธ์ วงศ์กังแห
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมศาสตร์และคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2554

.....

บทคัดย่อ

หลอดฟลูออเรสเซนต์ได้ถูกประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อให้แสงสว่าง และปัจจุบันได้มีการพัฒนาการผลิต การเพิ่มประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยการพัฒนาจะมีการพัฒนาทั้งอุปกรณ์ต่างๆร่วมกันไปด้วยโดยตัวหลอดที่จะจุดติดได้นั้นจะมีตัวอุปกรณ์คือ บัลลาสต์ และสตาร์ทเตอร์ แต่ในปัจจุบันตัวบัลลาสต์มีการพัฒนาการใช้เป็นอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์เข้ามาทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และยังประหยัดไฟฟ้าอีกด้วย ส่วนตัวหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้มีการพัฒนาขึ้นให้มีขนาดเล็กลง ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยลง มีค่าความสว่างมากขึ้น ซึ่งค่าเหล่านี้จะเป็นตัวชี้วัดถึงประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ในการศึกษาในปริญญานิพนธ์นี้จะศึกษาถึงค่าต่างๆดังกล่าว คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ ค่าความสว่าง ค่ากระแส แรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะมีการศึกษาโดยจะประกอบวงจรกับบัลลาสต์ 3 ชนิด คือบัลลาสต์แกนเหล็กสูญเสีย บัลลาสต์แกนเหล็กสูญเสียต่ำและบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์

จากการศึกษาพบว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ประกอบกับบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์จะให้ค่าความสว่างสูงถึง 3023.892 ลูเมน โดยใช้กำลังไฟฟ้าเพียง 28.87 วัตต์ ทำให้ค่าประสิทธิภาพสูงถึง 104.74ลูเมนต่อวัตต์ ซึ่งให้ค่าประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอื่น

Project title	Fluorescent Test Lamps
Name	Mr. Wanlob Jaija ID. 51384017
	Mr. Chuthaphat Phanich ID. 51384826
Project advisor	Dr. Akaraphunt Vongkunghae (Ph.D)
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2011

Abstract

Fluorescent lamps, fluorescent was invented for lighting. And currently has a production. Optimization of fluorescent lamps Fluorescent. The development is the development of both devices together with tube to a point adjacent to it is a device that ballast and starter, but now the ballast with the development of the electronic devices.

. Electronics came into efficiency. It also saves electricity as well. Private fluorescent tube fluorescent has been developed to a size smaller. Use less electricity. The greater light.These values, which is a measure of the efficiency of fluorescent tubes.Studies in this thesis to study the parameters such that the power to the light is the voltage that will be studied by the circuit with ballast 3 types of ballast core.iron loss. Ballasts and low core loss and Electronic ballast.

The study found that fluorescent type T5 with Ballast Electronic will make the brightness up to 3023.892 lumen by using power only 28.87 watts, the efficiency as high as 104.74. lumens per watt. Which is more efficient than other types.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ทดสอบประสิทธิภาพหลอดฟลูออเรสเซนต์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งเป็นที่ปรึกษาหลักของโครงงานนี้ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมอีก 2 ท่าน คือ ดร.สุพรรณิกา วัฒนะ และ ดร.แคทรียา สุวรรณศรี ที่ได้เสียสละเวลาและความเอื้อเฟื้อ เพื่อประสิทธิประสาทวิชาความรู้แก่ผู้ดำเนินโครงงาน อีกทั้งยังคอยช่วยแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงานขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งที่ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำต่างๆ และคอยชี้แนะแนวทางการดำเนินงาน คำแนะนำที่ดีจนลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณบุคคลสำคัญที่สุด คือ บิดา มารดา ที่ข้าพเจ้าเคารพรักยิ่งที่คอยให้ความสนับสนุนกำลังใจในการศึกษาและให้โอกาสเสมอในการศึกษานี้อย่างเต็มที่ ข้าพเจ้าน้อมรำลึกพระคุณอันใหญ่หลวงนี้ ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

นายวัลลภ ใจจา

นายจุฑาภัทร พานิช

สารบัญ

หน้า

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

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน 1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.6 งบประมาณที่ใช้ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีบทเบื้องต้น 3
2.1 ชนิดของหลอดไฟ 3
2.2 ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 5
2.3 หลักการทำงานของหลอดเรืองแสง 10
2.4 การเปรียบเทียบแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 16
2.5 ข้อดีและข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 17
2.6 ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ 18
2.7 สตาร์ทเตอร์ 20
2.8 บัลลาสต์ 21
2.9 คุณสมบัติทางสี 23
2.10 ค่าประสิทธิภาพ 26
2.11 ระนาบของจุดหัววัดความสว่าง 28

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 31

3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 31

3.2 การออกแบบการทดลอง 31

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 33

3.4 ประเภทของดวงโคมที่ใช้ในการทดลอง 42

บทที่ 4 ผลการทดลอง 43

4.1 การทดสอบทางกายภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ 43

4.2 การทดลองวัดค่าแรงดันด้านออกจากบัลลาสต์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 46

4.3 การทดลองวัดค่าแรงดันขาเข้าของบัลลาสต์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 49

4.4 รูปสัญญาณแรงดันจากบัลลาสต์เทียบกับแรงดันขาเข้า 49

4.5 การทดลองวัดค่ากระแสขาออกของบัลลาสต์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 53

4.6 การทดลองวัดค่ากระแสขาเข้าของบัลลาสต์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 56

4.7 การทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ .. 56

4.8 การคำนวณหาค่าตัวประกอบกำลังของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ 59

4.9 การวัดการกระจายของแสง 62

4.10 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการกระจายความสว่าง ของหลอด 3 ขนาด 71

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 77

5.1 สรุปผลการทดลอง 77

5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง 80

5.3 แนวคิดในการพัฒนาต่อ 80

เอกสารอ้างอิง 81

ภาคผนวก ก การคำนวณหามุมตันกรณีฐานเป็นพื้นระนาบและค่าความสว่าง 82

ภาคผนวก ข ภาพการทดลอง 85

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 90

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงสารที่ฉาบและแสงที่ได้ 10

2.2 แสดงคุณสมบัติหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบต่างๆ 12

2.3 เปรียบเทียบหลอดเรืองแสงกับหลอดไฟฟ้าแบบธรรมดาชนิดไส้ 17

4.1.1 แสดงผลที่ได้จากการสังเกตในขณะจุดติดหลอดและเมื่อหลอดติดแล้วของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กธรรมดา 43

4.1.2 แสดงผลที่ได้จากการสังเกตในขณะจุดติดหลอดและเมื่อหลอดติดแล้วของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ชนิดประหยัดไฟเบอร์ 5 44

4.1.3 แสดงผลที่ได้จากการสังเกตในขณะจุดติดหลอดและเมื่อหลอดติดแล้วของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดต่างๆร่วมกับบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ 45

4.2.1 แสดงค่าแรงดันด้านออกของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กธรรมดาร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 46

4.2.2 แสดงค่าแรงดันด้านออกของบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์5ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ .. 47

4.2.3 แสดงค่าแรงดันด้านออกของบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 48

4.5.1 แสดงค่ากระแสด้านขาออกของบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดาร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 53

4.5.2 แสดงค่ากระแสด้านขาออกของบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์5ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 54

4.5.3 แสดงค่ากระแสด้านขาออกของบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์.... 55

4.7.1 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็ก 56

4.7.2 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์5..... 57

4.7.3 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์..... 58

4.8.1 แสดงค่าตัวประกอบกำลังของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็ก 59

4.8.2 แสดงค่าตัวประกอบกำลังของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ประหยัดไฟ 60

4.8.3 แสดงค่าตัวประกอบกำลังของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 61

4.9.1 ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T8 Extra ร่วมกับบัลลาสต์..... 62

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.9.1 ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T8 Extra ร่วมกับบัลลาสต์(ต่อ) 63
4.9.2 ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T8 Super ร่วมกับบัลลาสต์ 64
4.9.2 ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T8 Super ร่วมกับบัลลาสต์ (ต่อ) 65
4.9.3 ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T12 ร่วมกับบัลลาสต์ๆ 66
4.9.3 ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T12ร่วมกับบัลลาสต์(ต่อ) 67
4.9.4 ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T5 ร่วมกับบัลลาสต์ 68
4.9.4 ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T5ร่วมกับบัลลาสต์(ต่อ) 69
5.1.1 เปรียบเทียบผลการทดลองของบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา 77
5.1.2 เปรียบเทียบผลการทดลองของบัลลาสต์แกนเหล็กสูญเสียต่ำ 78
5.1.3 เปรียบเทียบผลการทดลองของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 79

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ภายนอก 5
2.2 หลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายในชนิดแกนเหล็ก 6
2.3 แสดงอายุการใช้งานและการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ของหลอด 6
2.4หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์ภายในชนิดอิเลคทรอนิกส์ 7
2.5หลอดเรืองแสงหรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ 8
2.6การต่อวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 9
2.7หน้าตัดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T12, T8 และ T5 11
2.8 ขนาดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 13
2.9 โคมไฟที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 และ TLD 13
2.10 เปรียบเทียบรูปการจัดวางโคมหลอด T5 และ โคมหลอด TLD ในพื้นที่สำนักงาน 13
2.11 ลักษณะและทิศทางการกระจายแสงของโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด TLD และ T5 14
2.12ทิศทางการกระจายแสงของโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด 2x28 W และ 2x36 W 14
2.13ตัวอย่างการติดตั้งโคมไฟสำหรับหลอด TLD (36 W) และหลอด T5 (28 W) 15
2.14 ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ 18
2.15 ขั้วหลอดชนิดต่างๆ 19
2.16 อิเลคโทรด 19
2.17 การทำงานของสตาร์ทเตอร์ 20
2.18 สตาร์ทเตอร์ 20
2.19 บัลลาสต์ 21
2.20ภาพแสดงบัลลาสต์แม่เหล็กไฟฟ้า 22
2.21 ภาพแสดงบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 23
2.22 คุณลักษณะทางแสงสี 23
2.23 การตรวจวัดคลื่นแสง 24
2.24 การหักเหของแสง 25
2.25 แม่สี 26
2.26 แสดงมุมC ที่ศูนย์องศา 28
2.28 แสดงมุมที่ 90องศา 29
2.29 แสดงมุมที่ 45องศา 29
2.30 แสดงมุมต่างๆ ในแนวแกนดิ่งของดวงโคม 30

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.1 วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ 31

3.2 วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ 32

3.3 ออสซิโลสโคป 33

3.4 สายวัดหรือโพรบ 34

3.5แอมมิเตอร์ 36

3.6โวลต์มิเตอร์ 37

3.7 แสดงการวัดแรงดันโดยโวลต์มิเตอร์ 37

3.8 ลักซ์มิเตอร์ 39

3.9 แสดงการวัดความเข้มแสงโดยลักซ์มิเตอร์ 39

3.10 โครงสร้างของวัตต์มิเตอร์ แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ 40

3.11 แสดงขั้วต่อใช้งานของวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ 41

3.12 วัตต์มิเตอร์ 41

3.13 แสดงการใช้วัตต์มิเตอร์ 42

3.14 ควงโคมแบบให้แสงกึ่งโดยตรง 42

4.4.1 (ก) แสดงรูปสัญญาณแรงดันขาเข้าเทียบขาออกของบัลลาสต์แกนเหล็กร่วมกับ หลอดฟูลออเรสเซนต์ขนาด T8 49

4.4.1 (ข) แสดงรูปสัญญาณแรงดันขาเข้าเทียบขาออกของบัลลาสต์แกนเหล็กร่วมกับ หลอดฟูลออเรสเซนต์ขนาด T5 50

4.4.2 (ก) แสดงรูปสัญญาณแรงดันขาเข้าเทียบขาออกของบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5 ร่วมกับหลอดฟูลออเรสเซนต์ขนาด T8 50

4.4.2 (ข) แสดงรูปสัญญาณแรงดันขาเข้าเทียบขาออกของบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5 ร่วมกับหลอดฟูลออเรสเซนต์ขนาด T5 51

4.4.3 (ก) สัญญาณแรงดันด้านขาเข้า 51

4.4.3 (ข) สัญญาณแรงดันด้านขาออก 52

4.4.3 (ค) สัญญาณแรงดันด้านขาออกที่มีสัญญาณรบกวนเมื่อขยายแล้วเทียบกับสัญญาณ แรงดันด้านขาเข้า 52

4.10.1 (ก)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม0,0 – 10,75 (γ,C) 71

4.10.1 (ข)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม10,60 – 15,30 (γ,C) 71

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.10.1 (ค)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม15,15 – 25,90 (γ,C) 72
4.10.1 (ง)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม25,75 – 35,45 (γ,C) 72
4.10.2 (ก)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม0,0 – 10,75 (γ,C 73
4.10.2 (ข)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม10,60 – 15,30 (γ,C 73
4.10.2 (ค)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม15,15 – 25,90 (γ,C) 74
4.10.2 (ง)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม25,75 – 35,45 (γ,C) 74
4.10.1 (ก)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม0,0 – 10,75 (γ,C) 75
4.10.1 (ข)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม10,60 – 15,30 (γ,C) 75
4.10.1 (ค)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม15,15 – 25,90 (γ,C) 76
4.10.1 (ง)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม25,75 – 35,45 (γ,C 76

บทที่ 1
บทนำ

1.1) ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

หลอดไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างชนิดหนึ่งที่เกิดจากการสร้างของมนุษย์ในอดีตประสิทธิภาพของหลอดไฟฟ้าไม่สูงมากนักต่อมาได้มีการพัฒนาประสิทธิภาพและมีการประดิษฐ์หลอดไฟฟ้าขึ้นมามากมายหลายชนิดซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าอดีตอย่างมาก ซึ่งแต่ละชนิดนั้นมีหลักการการทำงานที่แตกต่างกัน และบัลลาสต์เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่จำเป็นและมีความสำคัญในวงจรแสงสว่าง เพราะนอกจากจะช่วยในการทำงานของวงจรให้สมบูรณ์แล้ว ยังมีผลต่อปริมาณแสงสว่าง อายุการใช้งานและพลังงานที่สูญเสียในวงจร บัลลาสต์ทำหน้าช่วยสร้างแรงดันเพียงพอ ควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าให้มีค่าที่เหมาะสม หลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์จึงต้องมีค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เพียงพอที่ไหลผ่านวงจรในขณะสตาร์ทและทำงานเพื่อให้หลอดไฟฟ้าทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้เกิดการศึกษาในเรื่องนี้เพื่อศึกษาว่าหลอดไฟฟ้าชนิดใดที่ให้ประโยชน์ซึ่งในที่นี้ได้ศึกษาเพียงหลอดชนิดฟลูออเรสเซนต์ในขนาดต่างๆ ร่วมกับบัลลาสต์ในแบบต่างๆเพื่อหาว่าหลอดแบบใดใช้งานร่วมกับบัลลาสต์แบบใดแล้วให้ค่าประสิทธิภาพ ค่าความสว่างที่ดีที่สุด และประหยัดพลังงานที่สุด

1.2) วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1) เพื่อทำการศึกษาถึงหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์ที่มีผลต่อค่าประสิทธิภาพ

1.2.2) เพื่อศึกษาข้อดีและข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์

1.2.3) เพื่อศึกษาว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดใดใช้กับบัลลาสต์ชนิดใดที่ให้ประสิทธิภาพที่ดีและประหยัดที่สุด

1.3) ขอบข่ายของโครงงาน

1.3.1) สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์ได้

1.3.2) เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์ชนิดต่างๆได้

1.4) ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงานของโครงการ	2554			2555	
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.) ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์ชนิดต่างๆ	←	→			
2.) วิเคราะห์หลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์		←	→		
3.) ทำการทดลองหลอดฟลูออเรสเซนต์กับบัลลาสต์			←	→	→
4.) สรุปผลการทดลองและทำรูปเล่ม				←	→

1.5) ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้รู้ถึงหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์ ว่าชนิดใดมีค่าประสิทธิภาพสูงสุด

1.5.2 ได้รับความรู้เกี่ยวกับข้อดีและข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์

1.5.3 ได้รู้ถึงว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดใดใช้กับบัลลาสต์แบบใดแล้วให้ประสิทธิภาพและเกิดความประหยัดที่สุด

1.6) งบประมาณที่ใช้

ค่าอุปกรณ์	1,300	บาท
ค่าถ่ายเอกสาร	200	บาท
ค่าจัดทำรูปเล่ม	500	บาท
รวมเป็นเงิน	2,000	บาท (สองพันบาทถ้วน)

บทที่ 2

ทฤษฎีบทเบื้องต้น

2.1. ชนิดของหลอดไฟ[1]

ในปัจจุบันนี้มีหลอดไฟให้เราเลือกใช้อยู่มากมายหลายประเภทมีทั้งหลอดไฟที่ให้ความสว่างแตกต่างกันหรือว่าเป็นหลอดที่มีความสว่างเท่ากันแต่เป็นคนละประเภทซึ่งประสิทธิผลย่อมแตกต่างกัน ดังนั้นก่อนการเลือกติดตั้งหลอดไฟภายในบ้านของเรานั้น ควรศึกษาและทำความเข้าใจหลอดไฟประเภทต่างๆในท้องตลาดว่ามีลักษณะและประเภท การใช้งานอย่างไร เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดและยังช่วยประหยัดพลังงานอีกด้วยชนิดของหลอดไฟสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.1.1.หลอดไส้ หรือ หลอดอินแคนเดสเซนท์

บางทีเรียกว่าหลอดควงเทียน มีทั้งชนิดแก้วใส และแก้วฝ้า ไส้หลอดทำจากทังสเตนเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดจะเกิดความร้อนขึ้นยิ่งความร้อนมากขึ้นเท่าใดแสงสว่างที่เปล่งออกมาจากไส้หลอดก็จะมากขึ้นเท่านั้นและให้แสงสีเหลืองส้ม อายุการใช้งานสั้น ทั้งยังสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าอย่างมากเนื่องจากสูญเสียพลังงานไปกับความร้อนที่เกิดขึ้นเพราะสาเหตุนี้ปัจจุบันนี้จึงไม่เป็นนิยมนำหลอดไฟชนิดนี้ไปใช้งาน

2.1.2.หลอดฮาโลเจน

มีหลักการทำงานคล้ายกับหลอดไส้คือ กำเนิดแสงจากความร้อนโดยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดที่ทำจากทังสเตน แต่จะแตกต่างจากหลอดไส้ตรงที่มีการบรรจุสารตะกูลฮาโลเจนได้แก่ ไอโอดีน คลอลีน โบรมีน และฟลูออรีนลงในหลอดแก้วที่ทำด้วยควอทซ์ ซึ่งจะช่วยให้หลอดฮาโลเจนมีอายุการใช้งานปริมาณแสงสว่าง อุณหภูมิสี สูงกว่าหลอดไส้ และให้แสงสีขาวและให้ค่าความถูกต้องของสีถึง 100 % มีอายุการใช้งานประมาณ 1500-3000 ชมจึงนิยมใช้ให้แสงพวกเครื่องประดับ หรือให้แสงสำหรับการแต่งหน้า

2.1.3.หลอดไอปรอท หรือ หลอดแสงจันทร์

การทำงานของหลอดประเภทนี้ จะทำงานด้วยหลักการปล่อยประจุความเข้มสูงมีอายุการใช้งานประมาณ 24000 ชม มีค่าความถูกต้องของสีค่อนข้างต่ำแสงจะออกนวลมีปริมาณแสงสว่างต่อวัตต์สูงกว่าหลอดชนิดอื่นๆแสงส่องสว่างได้ไกลเหมาะกับงานสนามและภายนอกอาคาร เมื่อเปิดหลอดประเภทนี้จะต้องใช้เวลาสักพักหนึ่งก่อน จะทำงานได้เต็มที่และเมื่อปิดแล้วก็ต้องรออีกราวสิบนาทีก่อนจะเปิดใช้งานได้อีก ปัจจุบันหลอดไอปรอทไม่นิยมใช้งานแล้ว เนื่องจากดูแลรักษายากและปรอท ก็ยังเป็นพิษต่อคนและสิ่งแวดล้อม

2.1.4.หลอดเมทัลฮาไลน์

ลักษณะการกำเนิดแสงสว่าง คล้ายกับหลอดแสงจันทร์แต่ภายในบรรจุอิเล็กตรอนที่ทำด้วยทังสเตนล้วนๆ ภายในกระเปาะผสมฮาไลน์ชนิดต่างๆทำให้ได้ ปริมาณแสงมากขึ้นกว่าหลอดแสงจันทร์ เกือบเท่าตัว ได้แสงสีสมดุลขึ้นจนดูใกล้เคียงแสงแดด อายุการใช้งานประมาณ 24000 ชมใช้กับงานที่ต้องการความถูกต้องสีมาก เช่น งานพิมพ์สีสนามกีฬาเฉพาะที่มีการถ่ายทอดทางโทรทัศน์ สวนสาธารณะ ห้างสรรพสินค้า

2.1.5. หลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือ หลอดนีออน

เป็นหลอดแก้วทรงกระบอก หรือแบบกลม ด้านในหลอดเคลือบด้วยสารเรืองแสงก๊าซที่บรรจุอยู่ภายในหลอดจะแตกตัวเป็น ไอออนเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปกระทบก๊าซจะเกิดรังสีอัลตร้าไวโอเลตที่ทำให้หลอดสว่างขึ้น ใช้งานร่วมกับบัลลาสต์ และสตาร์ทเตอร์ ให้แสงสว่างนวลตา เหมาะกับการทำงาน สามารถให้สีของแสงได้หลายแบบ เช่นสี Warm white ให้แสง สีขาวอมเหลืองนวล ทำให้รู้สึกอบอุ่น สี Cool white ให้แสงสีขาวอมฟ้า ให้ความรู้สึกเย็นสบายตา แต่จะทำให้สีของวัตถุเพี้ยนไป และสี day light ให้แสงใกล้เคียงกับแสงธรรมชาติ ทำให้มองเห็นสีของ วัตถุใกล้เคียงกับสีจริงให้แสงสว่างมากขึ้น 4 เท่า มีอายุการใช้งานยาวนานกว่าถึง 8 เท่า (6,000 ถึง มากกว่า 20,000 ชั่วโมง) และใช้พลังงานเพียง 20% เมื่อเทียบกับหลอดไส้

2.1.6. หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

มีหลักการทำงานเหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์มีทั้งแบบที่มีบัลลาสต์ในตัวมีขั้วเป็นแบบเกลียวสวมใส่เข้ากับเต้าเกลียวของหลอดไส้ได้เลย และแบบที่มีขั้วเป็นขาเสียบ ใช้ร่วมกับโคมและมีบัลลาสต์ภายนอก โดยผลิตออกมาหลายค่าพลังงาน สีของแสง มี warm white, cool white และ day light เช่นเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ รูปร่างก็หลากหลายไม่ว่าจะเป็นหลอดคู่ หลอดสี่แถว หลอดยาว หลอดเกลียว หลอดมีโคมครอบมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์

2.1.7. หลอด LED

หลอด LED ถือว่าเป็นทางเลือกของอนาคตได้เลยทีเดียวด้วยคุณสมบัติการทำงานที่ไม่มีการเผาไส้หลอด จึงไม่เกิดความร้อนแสงสว่างเกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในสารกึ่งพลังงาเปลี่ยนเป็นแสงสว่างได้เต็มที่ มีแสงหลายสีให้เลือกใช้งานขนาดที่เล็กทำให้ยืดหยุ่นในการออกแบบ การจัดเรียงนำไปใช้ด้านตกแต่งได้ดีมีความทนทาน ไม่ต้องห่วงเรื่องไส้หลอดขาด หรือหลอดแตกด้านอายุการใช้งานก็อยู่ได้ถึง 50,000-60,000 ชั่วโมงทั้งยังปรับหรี่แสงได้ง่ายกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ และที่สำคัญ ปราศจากปรอทและสารกลุ่มฮาโลเจนที่เป็นพิษ แต่มีข้อเสีย คือในปัจจุบันหลอด LED มีราคาสูงกว่าหลอดธรรมดาทั่วไปและมีความสว่างไม่มากนัก

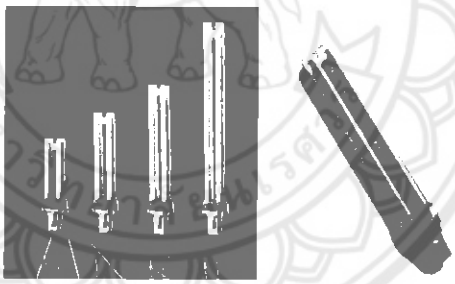
2.2. ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์

2.2.1 หลอดประหยัดไฟ แบบ หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

มีหลักการทำงานเหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์มีทั้งแบบที่มีบัลลาสต์ในตัวมีขั้วเป็นแบบเกลียวสวมใส่เข้ากับเต้าเกลียวของหลอดไส้ได้เลย และแบบที่มีขั้วเป็นขาเสียบ ใช้ร่วมกับโคมและมีบัลลาสต์ภายนอก โดยผลิตออกมาหลายค่าพลังงาน สีของแสง มี warm white, cool white และ day light เช่นเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ รูปร่างก็หลากหลายไม่ว่าจะเป็นหลอดคู่ หลอดสี่แถว หลอดยาว หลอดเกลียว หลอดมีโคมครอบมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ สามารถแยกประเภทได้ดังนี้

1) หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ภายนอก

หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ภายนอก มีชื่อเรียกทางการค้าว่า" หลอด PL" มีขั้วหลอดเฉพาะ หลอดมีลักษณะโค้งรูปตัว U บางแบบเป็นแท่งแก้วเชื่อมต่อกันตรงปลาย หลอด และอีกข้างหนึ่งเป็นขั้วหลอด ชนิด 2 เขี้ยวพร้อมสตาร์ทเตอร์อยู่ภายในที่ขั้วหลอดชนิดเกลียว แต่ได้แยกบัลลาสต์ไว้ต่างหากมีผู้ผลิตบางรายได้ดัดแปลงรวมบัลลาสต์ไว้ที่ขั้วหลอดชนิดเกลียว ประหยัดไฟได้ถึง 80%ดังรูปที่ 2.1



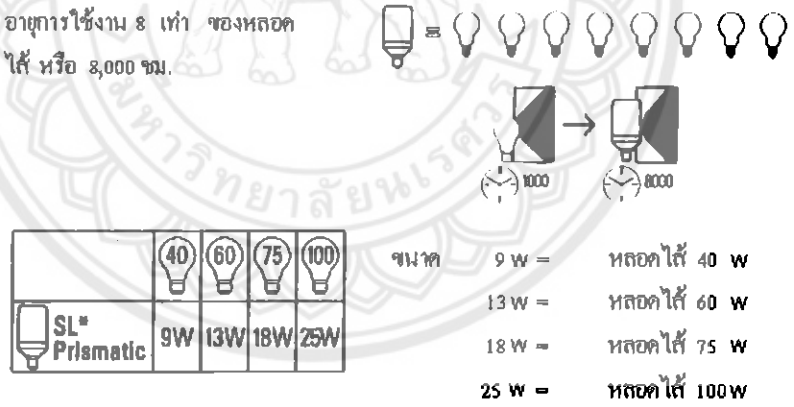
รูปที่ 2.1 หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ภายนอก

2) หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์ภายในชนิดแกนเหล็ก

หลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายในชนิดแกนเหล็กชื่อเรียกทางการค้าที่รู้จักกันทั่วไปว่า"หลอด SL" คือหลอดฟลูออเรสต์เซนต์ที่ได้รวมเอาบัลลสต์และสตาร์เตอร์อยู่ภายในชิ้นเดียวกับขั้วหลอดชนิดเกลียวได้ทันทีลักษณะของหลอดเป็นหลอดฟลูออเรสต์เซนต์ขนาดเล็กเป็นแท่งแล้วดัดโค้งตัว U มีโคมแก้วหรือพลาสติกช่วยกระจายแสงให้สม่ำเสมอและนุ่มนวลสบายตาประหยัดไฟได้ถึง 75% เวลาเปิดจะกระพริบ (หลอดไฟชนิดนี้การไฟฟ้าเรียกผ่านสื่อว่าหลอดตะเกียบซึ่งน่าจะผิดเพราะลักษณะไม่เหมือนตะเกียบเท่าหลอด PL)ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 หลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายในชนิดแกนเหล็ก

มีลักษณะขั้วหลอดเป็นเกลียวแบบ E27 ใช้เปลี่ยนแทนหลอดไส้ มีอายุการใช้งานเช่น 8,000 ชม.การใช้งานเหมาะสำหรับการติดตั้งในโคมไฟที่มีช่องว่างอากาศมากพอและติดตั้งในลักษณะหงายหลอดขึ้น เช่นโคมไฟรั้ว(หากติดตั้งแทนหลอดไส้ในโคมไฟส่องลงที่ไม่มีช่องระบายอากาศแล้วจะเกิดปัญหาการระบายความร้อนไม่เพียงพอที่อาจทำให้การเปล่งแสงลดลงประมาณ 40 – 80% จากการเปล่งแสงที่ลดลงตามอุณหภูมิแวดล้อมที่สูงขึ้นและจากการบดบังช่องแสงจากน้ำยาเคลือบลวดของบัลลาสต์ที่หยดมาบังช่องแสงได้และอายุการใช้งานลดลงต่ำกว่า 8,000 ชม.) โดยทั่วไปมีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างไม่น้อยกว่า 45 lm/Wดังรูปที่ 2.3

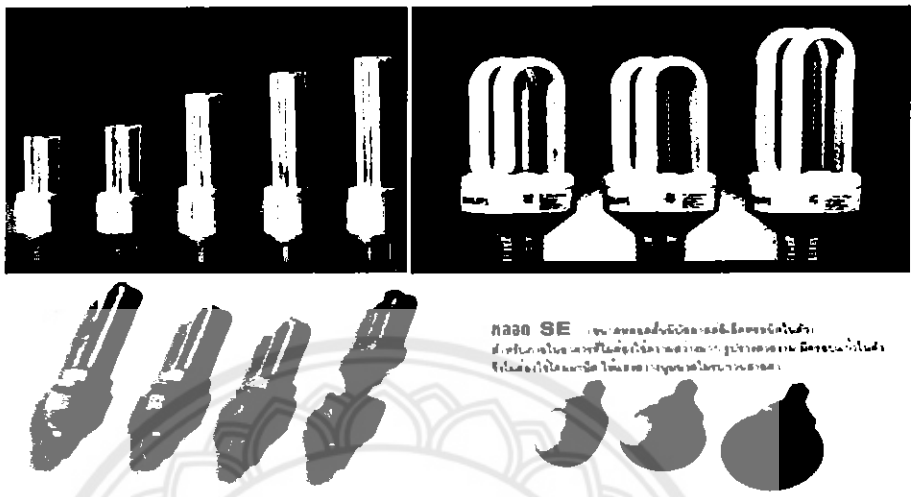


รูปที่ 2.3 แสดงอายุการใช้งานและการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ของหลอด

3) หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์ภายในชนิดอิเลคทรอนิกส์

หลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายในชนิดอิเลคทรอนิกส์ เป็นหลอดที่มีลักษณะเหมือนกับหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายในชนิดแกนเหล็กชื่อเรียกทางการค้าที่รู้จักทั่วไปว่า "หลอด PLCหรือหลอด 3U หรือหลอด SE" เป็นหลอดประหยัดไฟขนาดเล็กที่มีบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์อิเลคทรอนิกส์ซึ่งพัฒนารูปแบบของหลอดให้ประหยัดและมีขนาดกะทัดรัดมากขึ้นกว่าเดิมตัวหลอดเป็นแท่งแก้วรูปตัว U 3 แท่ง และบางแบบเป็นแท่งแก้ว 4 แท่งเชื่อมต่อกัน หลอดชนิดนี้จะจุด

ติดได้ทันทีโดยไม่กระพริบและประหยัดไฟได้ถึง 80%เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดไส้มีอายุการใช้งาน 3 - 10 เท่าของหลอดไส้ หรือ 3,000 - 10,000 ชม.ซึ่งแล้วแต่บริษัทผู้ผลิตดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์ภายในชนิดอิเลคทรอนิกส์

หลอดคอมแพคดังกล่าวข้างต้น เป็นหลอดไฟที่ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยใช้หลอดที่มีประสิทธิภาพสูง คือ ให้ปริมาณแสงสว่าง (LUMENS) มากแต่ใช้กำลังไฟฟ้า (WATT) ต่ำ มีแสงสีขาวนวลเหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์

หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ มีลักษณะเล็กกว่าแบบบัลลาสต์แกนเหล็กมีน้ำหนักเบากว่ามีลักษณะขั้วหลอดแบบ E27, E14 การใช้งานเหมาะสำหรับการติดตั้งในโคมไฟที่มีช่องว่างอากาศมากพอมีขายหลายรุ่นที่มีอายุการใช้งานแตกต่างกัน โดยทั่วไปมีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างไม่น้อยกว่า 54 lm/W

การนำหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ไปใช้งาน

การใช้งานหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์จะมีลักษณะการวางหลอด 2 แบบ คือการวางหลอดในแนวตั้งและการวางหลอดในแนวนอนการวางหลอดในแนวตั้งนั้นเมื่อเปิดใช้งานปริมาณแสงจากหลอดจะลดลงอยู่ในช่วง 5-10 เปอร์เซนต์เพราะอากาศร้อนจะถูกพัดขึ้นไปด้านบนและออกจากโคมไป แต่ถ้าเป็นหลอดที่วาง ในแนวนอนนั้น ปริมาณแสงจะลดลงถึง 40 เปอร์เซนต์ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างตำแหน่งติดตั้งหลอดและผนังด้านบนของโคมว่ามีค่ามากน้อยเพียงใดยิ่งระยะห่างน้อยปริมาณแสงยิ่งลดลงมากสำหรับการใช้งานหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ที่มีบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ภายในตัวนั้นในการทดสอบได้ใช้หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ในโคมสำหรับหลอด GLS100วัตต์ซึ่งผลที่ได้ไม่ต่างจากการใช้หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์วางในแนวตั้งเท่าใดนักโดยปริมาณแสงที่ลดลงจะอยู่ในช่วง 5-10 เปอร์เซนต์เท่านั้นแต่ถ้าเปรียบเทียบ

ระหว่างโคมสำหรับหลอดGLS 100 วัตต์ที่มีช่องระบายอากาศด้านบนกับโคมสำหรับหลอด GLS ที่ปิดช่องระบายอากาศทั้งหมดแล้วจะพบว่าโคมที่ปิดช่องระบายอากาศทั้งหมดจะมีปริมาณแสงลดลงครั้งมากกว่าซึ่งบางอาจมีค่าลดลงมากกว่าโคมที่ไม่ปิดช่องระบายอากาศถึง 6 เปอร์เซ็นต์

2.2.2.หลอดเรืองแสงหรือหลอดฟลูออเรสเซนต์(Fluorescent Lamp)[2]

หลอดเรืองแสงหรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)ทำด้วยหลอดแก้วที่สูบอากาศออกจนหมดแล้วบรรจุไอปรอทไว้เล็กน้อยมีไส้ที่ปลายหลอดทั้งสองข้าง หลอดเรืองแสงอาจทำเป็นหลอดตรงหรือครึ่งวงกลมก็ได้ส่วนประกอบและการทำงานของหลอดเรืองแสง มีดังนี้

1)ตัวหลอดภายในสูบอากาศออกจนหมดแล้วบรรจุไอปรอทและก๊าซอาร์กอน เล็กน้อย ผิวด้านในของหลอดเรืองแสงฉาบด้วยสารเรืองแสงชนิดต่างๆแล้วแต่ความต้องการให้เรืองแสงเป็นสีใดตัวหลอดหรือกระเปาะแก้ว เป็นหลอดแก้วใสหนาประมาณ 0.8 - 1.0 ม.ม.ลักษณะโดยทั่วไปเป็นหลอดแก้วยาวตรง, วงกลมหรือรูปตัวยู ดังรูป2.5

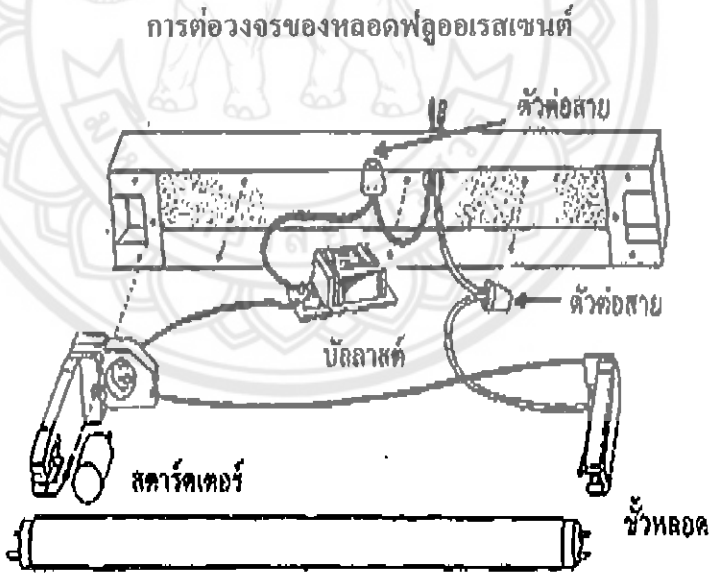
รูปที่ 2.5หลอดเรืองแสงหรือหลอดฟลูออเรสเซนต์

การกำหนดขนาดของกระเปาะจะใช้ตัว T แล้วตามด้วยตัวเลขที่ระบุเส้นผ่าศูนย์กลางเป็นหุน เช่นหลอด T12 หมายถึงหลอดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 12หุน หรือ 12/8 นิ้วเป็นต้นบริเวณขั้วหลอดด้านใดด้านหนึ่งจะแสดงรายละเอียดของหลอดเช่น จำนวนวัตต์ปริมาณแสงและชนิดของหลอดเป็นต้น สำหรับหลอดชนิด preheat ที่นิยมใช้กันทั่วไปได้แก่ daylight, cool white, warm white แต่ละแบบจะให้แสงสีที่ต่างกันขึ้นอยู่กับสารเคลือบเรืองแสงที่ฉาบไว้ภายใน สำหรับบ้านพักอาศัยทั่วไปจะใช้แบบ daylight ที่มีสีโทนขาว-ฟ้า ส่วนwarm white จะมีสีโทนขาว-ส้มคล้ายสีหลอด incandescent เป็นต้น

2)ไส้หลอดทำด้วยทังสเตนหรือวุลแฟรมอยู่ที่ปลายทั้งสองข้างเมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านไส้หลอดจะทำให้ไส้หลอดร้อนขึ้นความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้ไอปรอทที่บรรจุไว้ในหลอดกลายเป็นไอมากขึ้นแต่ขณะนั้นกระแสไฟฟ้ายังผ่านไอปรอทไม่สะดวกเพราะปรอทยังเป็นไอน้อยทำให้ความต้านทานของหลอดสูง

3) สตาร์ทเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ไฟฟ้าอัตโนมัติของวงจรโดยต่อขนานกับหลอดทำด้วยหลอดแก้วภายในบรรจุก๊าซนีออนและแผ่นโลหะคู่ที่งอตัวได้ เมื่อได้รับความร้อน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านก๊าซนีออน ก๊าซนีออนจะติดไฟเกิดความร้อนขึ้นทำให้แผ่นโลหะคู่งอจนแตะติดกันทำให้กลายเป็นวงจรปิดทำให้กระแสไฟฟ้าผ่านแผ่นโลหะได้ครบวงจรก๊าซนีออนที่ติดไฟอยู่จะดับและเย็นลงแผ่นโลหะคู่จะแยกออกจากกันทำให้เกิดความต้านทานสูงขึ้นอย่างทันทีซึ่งขณะเดียวกันกระแสไฟฟ้าจะผ่านไส้หลอดได้มากขึ้นทำให้ไส้หลอดร้อนขึ้นมาปรอทก็จะเป็นไอมากขึ้นจนพอที่นำกระแสไฟฟ้าได้

4)บัลลาสต์ เป็นขดลวดที่พันอยู่บนแกนเหล็ก ขณะกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะเกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นเมื่อแผ่นโลหะคู่ในสตาร์ตเตอร์แยกตัวออกจากกันนั้นจะเกิดวงจรเปิดชั่วขณะ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในบัลลาสต์จึงทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างไส้หลอดทั้งสองข้างสูงขึ้นเพียงพอที่จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไอปรอทจากไส้หลอดข้างหนึ่งไปยังไส้หลอดอีกข้างหนึ่งได้ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดจากบัลลาสต์นั้นจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลสวนทางกับกระแสไฟฟ้าจากวงจรไฟฟ้าในบ้านทำให้กระแส ไฟฟ้าที่จะเข้าสู่วงจรของหลอดเรืองแสงลดลง



รูปที่ 2.6 การต่อวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์

2.3หลักการทำงานของหลอดเรืองแสง[3]

หลังจากการนำหลอดฟลูออเรสเซนต์สตาร์ตเตอร์และแบลลัสต์ ต่อเป็นวงจรแล้วเมื่อกดสวิตซ์ให้วงจรเปิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดด้านซ้ายมือผ่านสตาร์ตเตอร์และไส้หลอดด้านขวามือ เข้าสู่แบลลัสต์ ผ่านสวิตซ์ออกไปยังแผนควบคุมครบวงจร ขณะที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดทั้งสองไส้หลอดจะสว่างพอมองเห็น ณจุดนั้นก็เกิดความร้อนทำให้ไอปรอทที่บรรจุอยู่ในหลอดฟุ้งกระจายพร้อมที่จะนำอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ภายในหลอดจากซ้ายมือไปยังขวามือแต่ยังไม่สามารถทำงานได้เพราะแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองยังมีโวลต์ต่ำอยู่ขณะเดียวกันสตาร์ตเตอร์ก็จะทำตัวตัดวงจรหลักที่เกิดจากประกายไฟขึ้นแล้วจึงในขณะนี้เองแบลลัสต์จะเหนี่ยวนำให้เกิดความต่างศักย์สูงมากขึ้นระหว่างไส้หลอดทั้งสองจึงมีผลทำให้ไอปรอท แตกตัวเป็นอิออน (ประจุไฟฟ้าบวก)นำอิเลคตรอนอสระเคลื่อนที่จากปลายซ้ายมือไปยังปลายหลอดขวามือโดยไม่จำเป็นต้องผ่านสตาร์ตเตอร์อีกเมื่ออิเลคตรอนเคลื่อนที่ผ่านไปนั้นจะชนกับไอปรอทและก๊าซอาร์กอนทำให้แตกตัวแปล่งรังสีอุลตร้าไวโอเลตขึ้น รังสีนี้ตาของเราไม่สามารถมองเห็นและรังสีนี้จะไปกระทบกับสารเรืองแสงที่อยู่ที่ผิวภายในหลอดสารนี้จะดูดกลืนรังสีอุลตร้าไวโอเลตทำให้เกิดแสงสว่างปรากฏแก่สายตาของเราเมื่อหลอดฟลูออเรสเซนต์สว่างขึ้น สตาร์ตเตอร์จะหมดหน้าที่สำหรับบัลลาสต์จะทำหน้าที่ ควบคุมกระแสไฟฟ้าในหลอด มีความงามคงตัวโดยจะเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้ามาต้านหรือเสริมเมื่อกระแสไฟฟ้าที่ขั้วหลอดทั้งสองเกิดการเปลี่ยนแปลง

การเกิดสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์

เกิดจากสารเคมีที่ใช้ฉาบภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งมีอยู่หลายอย่างทำให้สีที่เกิดขึ้นมีหลายสีดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงสารที่ฉาบและแสงที่ได้

สารที่ฉาบ	แสงที่ได้
แคลเซียมทังสเตน	สีน้ำเงิน
แมกนีเซียมทังสเตน	สีน้ำเงินอ่อน
แคลเซียมซิลิเกต	สีส้ม
ซิงค์ซิลิเกต	สีเขียว
แคลเซียมฮโลฟอสเฟต	สีเขียว

ตารางที่ 2.1 แสดงสารที่ฉาบและแสงที่ได้ (ต่อ)

สารที่ฉาบ	แสงที่ได้
ซิงค์เอบร์เลียมซิลิเกต	สีเหลืองนวล
แคดเมียมซิลิเกต	สีชมพูแก่
แคดเมียมโบเรต	สีชมพูแก่

คุณสมบัติหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamps)[4]

หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดแก้วกลมยาวภายในบรรจุด้วยไอปรอทความดันต่ำและก๊าซเฉื่อยเล็กน้อยรูปทรงของหลอดมีทั้งแบบตรงและวงกลม ภายในหลอดเคลือบด้วยสารเรืองแสงหรือผงฟอสเฟอร์(Phosphur) ทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์มีโทนสีของแสงให้เลือกได้มากมาย

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นเก่า (รุ่น T12) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร หรือเรียกว่า "รุ่นหลอดอ้วน" มีขนาดกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 40 วัตต์และได้มีการเปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นปัจจุบัน (รุ่น T8 หรือ TLD) ลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลงมาเป็น 26 มิลลิเมตรหรือเรียกว่า "รุ่นหลอดผอม" ซึ่งมีขนาดกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 36 วัตต์ต่อหลอด ซึ่งต้องใช้งานร่วมกับบัลลาสต์ปัจจุบันผู้ผลิตหลอดไฟฟ้าสามารถผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประสิทธิภาพสูงเรียกว่า "หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5" มีขนาดกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 28 วัตต์ต่อหลอดซึ่งประหยัดไฟมากขึ้นและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงเหลือเพียง 16 มิลลิเมตร โดยต้องใช้งานร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น

รูปที่ 2.7หน้าตัดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T12, T8 และ T5

ตัวเลขที่ปรากฏบนหลอดไฟฟ้าธรรมดาและหลอดเรืองแสงซึ่งบอกกำลังไฟฟ้าเป็นวัตต์(W) เป็นการบอกถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปใน 1 วินาที เช่น 20 W หมายถึงหลอดไฟฟ้านี้จะใช้พลังงานไป 20 จูลในเวลา 1 วินาทีดังนั้นหลอดไฟฟ้าและหลอดเรืองแสงที่มีกำลังไฟฟ้ามากเมื่อใช้

งานก็ยิ่งสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้ามากทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นด้วยปัจจุบันมีการผลิตหลอดไฟพร้อมอุปกรณ์ประกอบ เช่น บัลลาสต์แบบประหยัดพลังงานขึ้นมาใช้หลายชนิด เช่น หลอดตะเกียบ หลอดผอม บัลลาสต์เบอร์ 5 เป็นต้น

การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8

หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดตรง (T8) หรือที่นิยมเรียกกันทั่วไปว่า หลอดนีออนเป็นหลอดที่ให้แสงสว่างนวลสบายตา หลอดชนิดนี้ (T8) เป็นหลอดประหยัดมีหลายขนาดและมากโทนสีให้เลือกตามรสนิยม ประเภทหรือสถานที่ที่นำไปใช้งาน

การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5

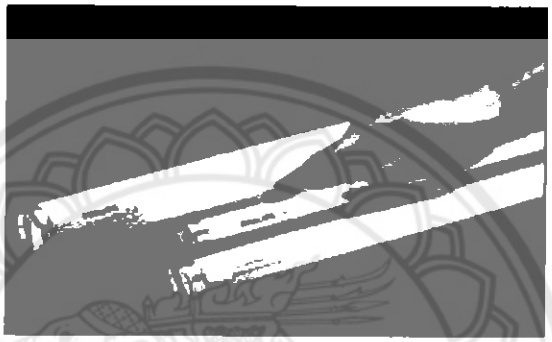
ระบบไฟฟ้าแสงสว่างมีสัดส่วนการใช้พลังงานเฉลี่ยประมาณ 12% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดภายในอาคารดังนั้นการปรับปรุงการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างจึงมีศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีนัยสำคัญทั้งนี้เนื่องจากเทคโนโลยีของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารสำนักงานส่วนใหญ่แล้วจะใช้หลอดไฟชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลักโดยมีวัตถุประสงค์การใช้งานเพื่อให้แสงสว่างในพื้นที่ทำงาน เช่น บริเวณโต๊ะทำงานห้องประชุม โถงทางเดินและโถงลิฟต์ เป็นต้น ดังนั้น เทคโนโลยี /มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่างจึงควรเป็นมาตรการที่เหมาะสมกับหลอดไฟชนิดฟลูออเรสเซนต์

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบต่างๆ

Fluorescence Lamp Type	Diameter (mm)	Wattage (W)	Luminous Flux and Efficacy @ 100 burning hours	
			(lm)	(lm/W)
TL Standard	38	40	2850	72
TLD (T8)	26	36	2650	73.6
TL 5 HE (T5)	16	28	2900	104

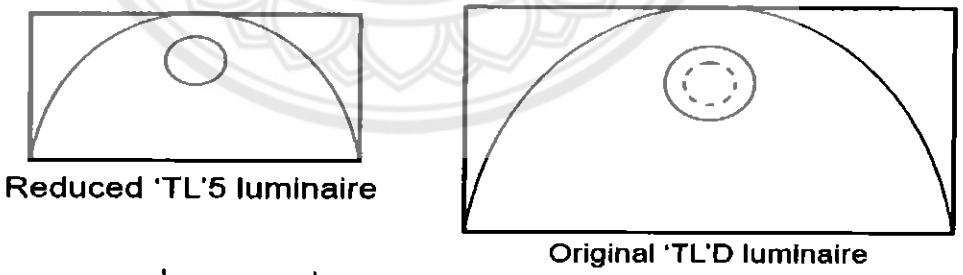
จากตารางที่ 2.2 จะเห็นว่าหลอด T5 มีประสิทธิภาพการให้แสงสว่างต่อพลังงานที่ใช้สูงสุดที่ 104 ลูเมนต่อวัตต์นอกจากนี้โดยสรุปหลอด T5 มีข้อแตกต่างจากหลอด TLD แบบเดิม ดังนี้

- ขนาดหลอดเล็กลง
- หลอดสั้นลง
- กระจายแสงได้แม่นยำขึ้น
- ขนาดของโคมไฟเล็กลงและสามารถใช้ได้กับฝ้าทุกแบบ



รูปที่ 2.8 ขนาดของหลอดฟลูออเรสเซนต์

รูปที่ 2.9และรูปที่ 2.10 แสดงลักษณะโคมไฟที่ใช้สำหรับหลอด T5 เปรียบเทียบกับโคมไฟสำหรับหลอด TLD ซึ่งโคมไฟสำหรับหลอด T5 จะมีขนาดเล็กลงเมื่อเทียบกับหลอด TLD ทำให้สามารถประหยัดวัตถุดิบในการผลิตโคมลงได้

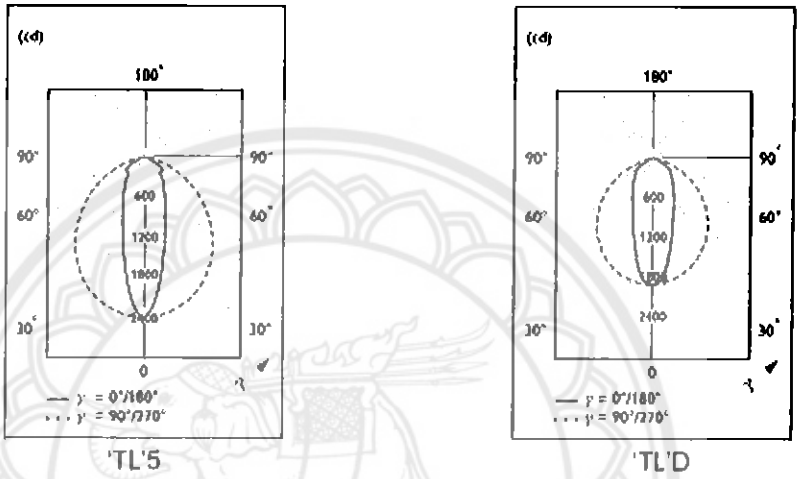


รูปที่ 2.9 โคมไฟที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 และ TLD

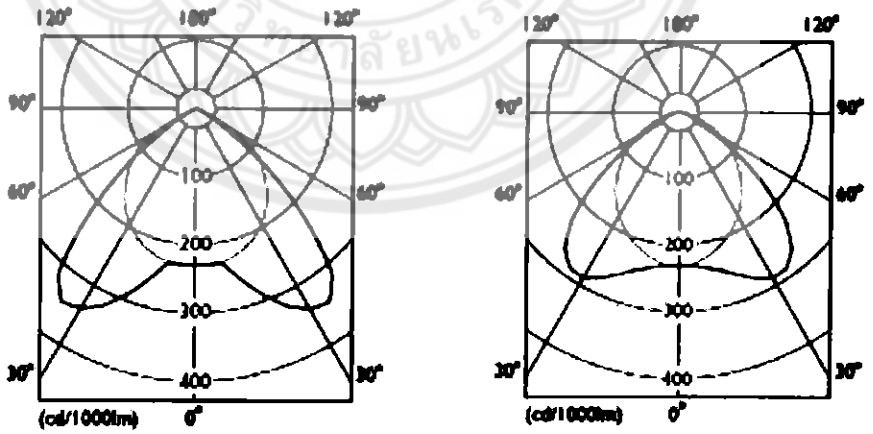
รูปที่ 2.10เปรียบเทียบรูปการจัดวางโคมหลอด T5 และ โคมหลอด TLD ในพื้นที่สำนักงาน

นอกจากนี้เมื่อพิจารณา Polar Curve ของหลอด T5 เทียบกับหลอด TLD แบบเดิมพบว่าการกระจายแสงของหลอด T5 สามารถกระจายแสงได้ไกลกว่าหลอด TLD ถึงประมาณ 33% ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนโคมไฟหลอด TLD เดิม ที่มีขนาดหลอด 2x36 W มาเป็นโคมไฟหลอด T5 ขนาดหลอด 2x28 W แสงจากโคมหลอด T5 ที่ได้จะไปได้ไกลกว่าโคมไฟหลอด TLD แบบเดิมดังนั้นจึงสามารถลดจำนวนโคมไฟและหลอดไฟได้โดยสามารถแสดงได้ตามกรณี ตัวอย่างดังรูปที่ 2.11และ 2.12

การกระจายแสงของโคม 2x 28 วัตต์ การกระจายแสงของโคม 2x 36 วัตต์



รูปที่ 2.11 ลักษณะและทิศทางการกระจายแสงของโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด TLD และ T5



รูปที่ 2.12ทิศทางการกระจายแสงของโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด 2x28 W และ 2x36 W

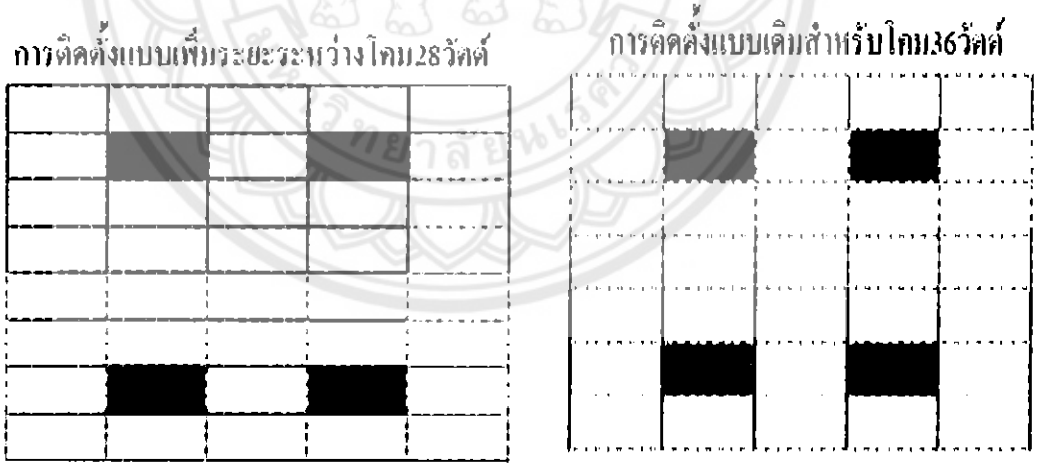
กรณีตัวอย่าง 1การใช้โคมหลอด T5 (2x28 W) แทนโคมหลอด TLD (2x36 W)

เนื่องจากคุณสมบัติของโคมไฟที่ติดตั้งหลอด T5 ที่ได้ออกแบบมาเป็นพิเศษในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับอาคารสำนักงานที่มีขนาดพื้นที่ 100 ตารางเมตร จึงสามารถเพิ่มระยะห่างระหว่างโคมจากแบบ TLD เดิม หรือเท่ากับสามารถลดจำนวนการใช้โคม

ไฟและหลอดไฟเมื่อเปลี่ยนมาใช้โคมหลอด T5 ได้โดยสามารถลดจำนวนได้ถึงประมาณ 25% โดยสามารถทำการติดตั้งโคมหลอด T5 และ TLD ตามลักษณะที่ปรากฏตามรูปที่ 4-21 ทั้งนี้การออกแบบระบบแสงสว่างในกรณีใช้หลอด T5 เปรียบเทียบกับหลอด TLD แบบปกติ สามารถเปรียบเทียบได้ว่า

กรณีโคมหลอด TLD จะออกแบบให้มีระยะครอบคลุม 5.76 ตารางเมตร ต่อโคมขณะที่โคมหลอด T5 สามารถออกแบบให้มีระยะครอบคลุม 7.2 ตารางเมตร ต่อโคม

- ที่ความสว่าง 500 Lux บนโต๊ะทำงาน สำหรับพื้นที่สำนักงาน 100 ตารางเมตร จะมีความต้องการใช้โคม T5 (2x28 W) จำนวน 14 โคม แต่ต้องการใช้โคม TLD (2x36 W.) จำนวน 18 โคม ดังนั้นสามารถประหยัดโคมไฟได้ 4 โคม
- จากโคมไฟดังกล่าวคำนวณเป็นความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟรวมบัลลาสต์สำหรับโคม T5 (2x28 W) เท่ากับ 840 วัตต์ และเป็นความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟรวมบัลลาสต์สำหรับโคม TLD (2x36 W) เท่ากับ 1,656 วัตต์ ดังนั้นสามารถจึงสามารถลดความต้องการใช้ไฟฟ้าได้ถึง 816 วัตต์หรือคิดเป็นความสามารถในการประหยัดพลังงานสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้ถึง 49% สำหรับพื้นที่ขนาด 100 ตารางเมตร



รูปที่ 2.13ตัวอย่างการติดตั้งโคมไฟสำหรับหลอด TLD (36 W) และหลอด T5 (28 W)

2.4 การเปรียบเทียบแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์[5]

Extar - Daylight(EX-D)

เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูง ปริมาณแสง ลูเมน / วัตต์สูงสีที่ได้ออกมาเป็นสีขาวใกล้เคียงธรรมชาติ เหมาะสำหรับ Supermarket, Showroom, ร้านขายเสื้อผ้า, ขายผ้าม่าน, พรม, ภาพเขียน, และงานอื่นๆที่ต้องการการพิจารณาสีอย่างละเอียด

Daylight(D)

สีของหลอดขาวออกไปทางฟ้าอ่อนโทนแสงนวลสบายตา ให้แสงเป็นธรรมชาติ ใกล้เคียงกับแสงของเวลากลางวันนิยมใช้กับอาคารบ้านเรือน ที่พักอาศัย

Coolwhite(CW)

เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงให้แสงสีขาวออกเหลืองนวล เป็นธรรมชาติใกล้เคียงกับแสงในเวลากลางวัน เหมาะสำหรับห้องอาหาร, สำนักงาน, ห้องแลป, โรงพยาบาล, ลานจอดรถ, สนามบิน หรือที่พักอาศัย

Warmwhite(WW)

สีของหลอดขาวออกไปทางเหลืองส้มทำให้สิ่งต่างๆที่อยู่รอบๆ พวกสีส้ม เหลือง และสีเหลืองอมเขียว แจ่มใสขึ้นทำให้บรรยากาศดูอบอุ่น เหมาะสำหรับ ห้องอาหาร, สำนักงาน, ห้องแลป, โรงพยาบาล, ลานจอดรถ, สนามบิน หรือที่พักอาศัย

Blacklight(BL)& Black light - Blue(BL-B)

เป็นหลอดที่ให้สีของแสงเป็นสีน้ำเงินเข้ม ดูดกลืนสีของแสงจากสายตามมนุษย์ให้รับสีอัลตร้าไวโอเลตเป็นหลอดใช้งานสำหรับสร้างบรรยากาศในสถานเริงรมย์ เช่น บาร์ไนต์คลับดิสโก้เทคส่วนในทางอุตสาหกรรมและในทางการค้าใช้สำหรับการตรวจหาวัตถุตรวจหาแร่ใช้กับงานแผนที่ในการทำเครื่องหมายงานร่างแบบ หรือใช้ตรวจในงานรีดผ้าอีกทั้งหลอดประเภทนี้จะเปล่งคลื่นความถี่ของแสง ในระดับที่สายตาของแมลงสามารถรับรู้ได้ดีและชัดเจน ทำให้หลอดประเภทนี้เป็นจุดดึงดูดและล่อให้แมลงเกิดความสนใจเหมาะกับเครื่องดักแมลง เช่นเครื่องจับยุง หรือใช้แมลงมาล่อให้ติดกับ

Deep Yellow(DY)

สีของหลอดออกไปทางสีเหลืองเข้ม เข้มกว่าสีเหลืองธรรมดา เหมาะสำหรับใช้งานตบแต่งสร้างบรรยากาศ อีกทั้งโดยปกติ สายตาของแมลงจะไม่ตอบสนองต่อสีเหลือง ประเภท Deep Yellow ทำให้แมลงไม่สามารถรับรู้ต่อวัตถุ หรือสิ่งของที่อยู่ในรัศมีของแสงสีเหลือง Deep Yellow ภายในบริเวณนั้น จึงไม่มีแมลงมารบกวนเหมาะสำหรับร้านอาหาร ห้องครัวสถานที่ที่ไม่ต้องการให้แมลงมารบกวน

2.5ข้อดีและข้อเสียของการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

ข้อดีของการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

1. หลอดคอมแพกต์ฯ กินไฟเฉลี่ยเพียง 25% หรือกินไฟน้อยกว่า 4 เท่า เมื่อเทียบกับหลอดไส้ โดยให้แสงสว่างเท่ากัน

2. อายุการใช้งานนานกว่าหลอดไส้ 8 เท่าหรือประมาณ 8,000 ชั่วโมง (หลอดไส้อายุการใช้งานประมาณ 1,000 ชั่วโมง)

3. ขณะใช้งาน หลอดจะมีความร้อนออกมาน้อยกว่าหลอดไส้มาก จึงช่วยลดภาระของเครื่องปรับอากาศและช่วยประหยัดไฟฟ้า

4. หลอดคอมแพกต์บัลลาสต์ภายใน สามารถนำไปติดตั้งแทนหลอดไส้ชนิดเกลียวได้ทันที

5. ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและการเปลี่ยนหลอด เนื่องจากสามารถใช้งานได้ ยาวนานถึง 8,000 ชั่วโมง

ข้อเสียของการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

1. เมื่อติดตั้งจะเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าหลอดไฟฟ้าแบบธรรมดาเพราะต้องใช้บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์เสมอ

2. หลอดเรืองแสงมักระพริบเล็กน้อยไม่เหมาะในการใช้อ่านหนังสือ

แต่เมื่อพิจารณาแล้วในระยะยาวจะคุ้มค่ากว่าเพราะประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากและมีอายุการใช้งานมากเมื่อเปรียบเทียบหลอดไฟฟ้าธรรมดาและหลอดเรืองแสงที่ใช้เพลังงานไฟฟ้าเท่ากับพบว่าหลอดเรืองแสงจะให้พลังงานมากกว่า และมีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดไฟธรรมดาประมาณ 4 เท่าเพราะหลอดเรืองแสงพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนน้อยมากและยังเปล่งแสงสว่างออกมาได้ทั่วทุกจุดของหลอดส่วนหลอดไฟฟ้าธรรมดานั้นพลังงานไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนก่อนแล้วจึงเปลี่ยนเป็นพลังงานแสงทำให้มีการสูญเสียพลังงานความร้อนไปบ้าง ทั้งนี้เราสามารถเปรียบเทียบผลการใช้ของหลอดไฟฟ้าทั้งสองได้จากตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบหลอดเรืองแสงกับหลอดไฟฟ้าแบบธรรมดาชนิดไส้

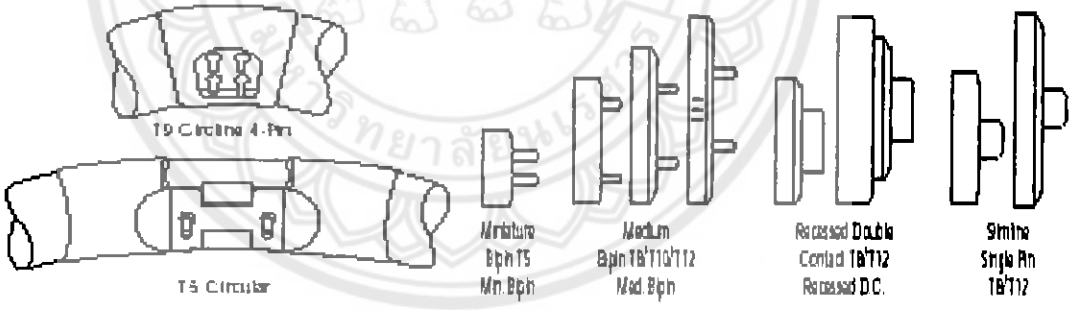
หลอดเรืองแสง	หลอดไฟฟ้าแบบธรรมดาชนิดไส้
1.ให้ความสวางมากกว่า (เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากัน)	1.ให้ความสว่างน้อย
2.มีอายุการใช้งานนานกว่า	2.มีอายุการใช้งานสั้น
3.เสียเงินค่าพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า (มื่อใช้แสงสว่างเท่ากัน)	3.เสียเงินค่าพลังงานไฟฟ้ามากกว่า
4.ราคาอุปกรณ์แพงกว่า	4.ราคาอุปกรณ์ถูกกว่า

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบหลอดเรืองแสงกับหลอดไฟฟ้าแบบธรรมดาชนิดไส้ (ต่อ)

หลอดเรืองแสง	หลอดไฟฟ้าแบบธรรมดาชนิดไส้
5.การให้แสงสว่างเพื่อการอ่านหนังสือไม่ดีเท่ากับหลอดไฟแบบชนิดมีไส้ 6.แสงที่ปล่อยออกมาให้ความร้อนน้อย 7.ถ้าแรงดันไฟฟ้าลดลงหรือไฟตกประมาณ 30 % หลอดไฟจะดับ	5.การให้แสงสว่างในการอ่านหนังสือดีกว่าหลอดเรืองแสง 6.แสงที่เปล่งออกมาให้ความร้อนมาก 7.เมื่อแรงดันไฟฟ้าลดลง หรือเกิดไฟตกหลอดจะไม่ดับ

2.6 ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์[6]

แตกต่างกันไปตามชนิดของหลอดสำหรับหลอดชนิด Hot cathode จะมีจุดต่อวงจรอยู่ 4 จุดขั้วหลอดจึงมีด้านละ 2 เขี้ยวเรียกว่า bipin ส่วนชนิด cold cathode จะเป็นแบบ single pin คือมีเขี้ยวยื่นออกมาข้างละเขี้ยวเท่านั้นดังรูปที่ 2.14

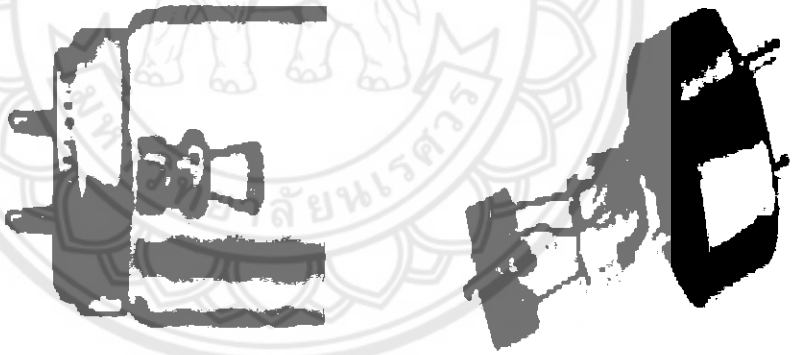


รูปที่ 2.14 ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์

แต่ละแบบใช้ร่วมกับขั้วหลอดต่างกันออกไปที่พบเห็นในท้องตลาดคือ

รูปที่ 2.15 ขั้วหลอดชนิดต่างๆ

อิเลคโทรด (Electrode)

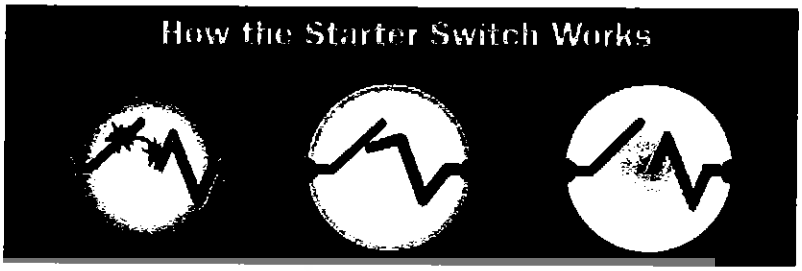


รูปที่ 2.16 อิเลคโทรด

มีลักษณะเป็นไส้หลอดขนาดเล็กที่ปลายหลอดทั้ง 2 ข้างทำด้วยทังสเตนเคลือบด้วยสาร Alkaline earth oxide เพื่อช่วยให้ cathode ปล่อยอิเลคตรอนออกมาได้เป็นจำนวนมากอาจใช้แบเรียม , สตรอนเทียม, แคลเซียมออกไซด์ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับขนาด, รูปร่างอิเลคโทรด ของหลอดอาจแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของหลอด บางชนิดอาจมีวงแหวนโลหะ ครอบไว้เพื่อป้องกันขั้วหลอดดำ

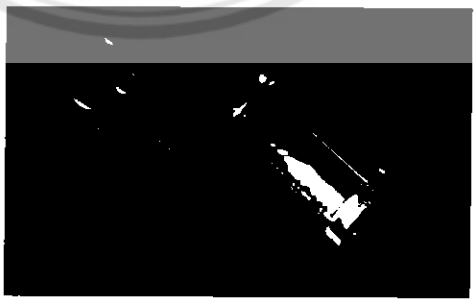
2.7 สตาร์ทเตอร์[7]

สวิทช์สตาร์ทเตอร์ทำจากหลอดก๊าซขนาดเล็ก บรรจุด้วยก๊าซซีนอน เมื่อเรากดสวิทช์ กระแสไฟฟ้ากระโดดข้ามช่องว่างในหลอดดังรูป



รูปที่ 2.17 การทำงานของสตาร์ทเตอร์

หลักการทำงานของสตาร์ทเตอร์ เมื่อเปิดไฟ กระแสไฟจะวิ่งผ่านบัลลาส(เป็นขดลวดพันบนแกนเหล็ก) ผ่านใส้หลอดและผ่านสตาร์ทเตอร์ลงกราวน์ครบวงจรทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ใส้หลอดและแผ่นไบเมทอลของสตาร์ทเตอร์จนถึงจุดหนึ่งแผ่นไบเมทอลที่ร้อนจนงอตัวออกทำให้สตาร์ทเตอร์ตัดวงจร เมื่อไฟไม่ครบวงจรสนามแม่เหล็กรอบๆแกนบัลลาสจะหดตัวลงตัดกับขดลวดที่พันอยู่รอบๆทำให้เกิดไฟแรงสูงขึ้นในขดลวด(Back EMF) ไฟแรงสูงนี้จะทำให้อิเลคตรอนสามารถโดดข้ามจากใส้หลอดข้างหนึ่งผ่านไอก๊าซไปยังใส้หลอดอีกข้างหนึ่งได้ทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์เรืองแสงได้ ขั้วไฟฟ้าข้างหนึ่งของสตาร์ทเตอร์ทำด้วยโลหะติดกัน 2 ชนิด เรียกว่า ไบเมทาลิค (Bimetallic) มันจะบิดตัว เมื่อกระแสไหลผ่านและเกิดความร้อน หลังจากที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ติดแล้ว กระแสไฟฟ้าจะไม่ไหลผ่านสตาร์ทเตอร์อีก ทำให้โลหะไบเมทาลิคเย็นลง และแยกออกจากกัน

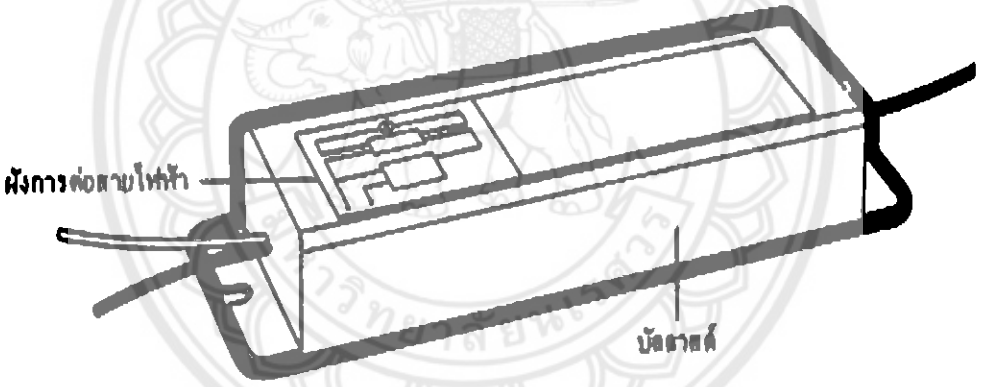


รูปที่ 2.18 สตาร์ทเตอร์

ขณะที่สตาร์ทเตอร์ต่อวงจรไฟฟ้า พลังงานจากไส้หลอดจะทำให้ก๊าซเกิดการอิออไนซ์กลายเป็นตัวนำไฟฟ้า พลังงานที่ทำให้ก๊าซแตกตัวต้องมากพอ นั่นหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าต้องมาก จึงต้องอาศัยอุปกรณ์เพิ่มแรงดันไฟฟ้า ที่เรียกว่า บัลลาสต์

2.8 บัลลาสต์[8]

บัลลาสต์เป็นชิ้นส่วนประกอบที่สำคัญในชุดของชิ้นส่วนประกอบของหลอดเรืองแสง ทำหน้าที่ปรับคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลสู่ไส้หลอด เปรียบเหมือนหม้อแปลงขนาดเล็ก ซึ่งมีหลักการทำงานพื้นฐานเช่นเดียวกับหม้อแปลงไฟฟ้าโดยทั่วไปคือ ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นในขณะเริ่มต้นจุดให้หลอดเรืองแสงทำงาน นอกจากนี้ยังมีชิ้นส่วนประกอบภายในซึ่งทำหน้าที่บังคับหน่วงกระแสไฟฟ้าด้วยอำนาจแม่เหล็กเพื่อควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลสู่ไส้หลอดมิให้สูงเกินไปอันอาจมีผลทำให้ไส้หลอดขาดเร็วกว่าท่าควร



รูปที่ 2.19 บัลลาสต์

หลอดเรืองแสงที่ใช้กันอยู่ในประเทศไทยเป็นแบบระบบเก่า ตัวบัลลาสต์จะลดค่าแรงดันไฟฟ้าที่จำเป็นสำหรับใช้ในการเริ่มจุดให้หลอดทำงานลงด้วยการเริ่มให้ความร้อนแก่ไส้หลอดก่อนโดยผ่านกระแสไฟฟ้าปริมาณเล็กน้อยผ่านทางสตาร์ตเตอร์ ส่วนหลอดเรืองแสงที่ใช้กันอยู่ในต่างประเทศเป็นแบบระบบใหม่จะมีการสร้างแรงดันไฟฟ้าในขณะเริ่มจุดหลอด โดยไม่ต้องใช้สตาร์เตอร์เลยโดยปกติทั่วไปบัลลาสต์จะมีอายุใช้งานนานประมาณ 12 ปี การเปลี่ยนบัลลาสต์ใหม่ ให้ต่อสายไฟตามผังสายไฟที่แสดงไว้บนบัลลาสต์

บัลลาสต์ที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ[9]

2.8.1.บัลลาสต์แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Ballast)ดังรูปที่2.20 เป็นบัลลาสต์ที่ใช้ขดลวดพันรอบแกนเหล็กเพื่อทำงานเป็น Reactor ต่ออนุกรมกับหลอดมี 4 แบบ

1.บัลลาสต์ธรรมดา(Standard Electromagnetic Ballast)มีคุณสมบัติดังนี้

-ค่า P.F ต่ำ ขนาด 18 W มีค่า 0.37 Lagging ขนาด 36 W มีค่า 0.50 Lagging

-กำลังสูญเสียค่อนข้างสูง 8-10 W

2. บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ (Low Loss Ballast)มีคุณสมบัติดังนี้

-ค่า P.F ต่ำ ขนาด 18 W มีค่า0.30 Lagging ขนาด 36 W มีค่า 0.47 Laggin

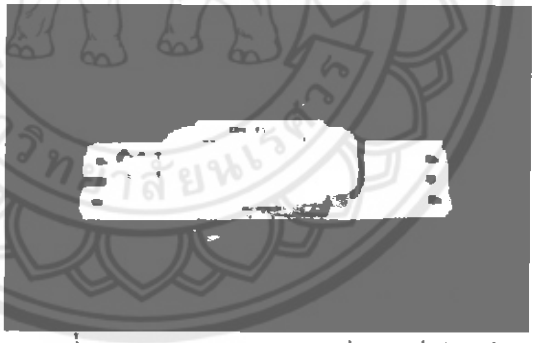
-กำลังสูญเสียจะน้อยกว่าแบบแรก คือ 5-6 W

3.บัลลาสต์ตัวประกอบกำลังสูง (High Power Factor Ballast)

-บัลลาสต์แบบนี้จะมีตัวเก็บประจุติดตั้งอยู่ภายใน ค่า P.F สูง 0.85-0.95 Lagging

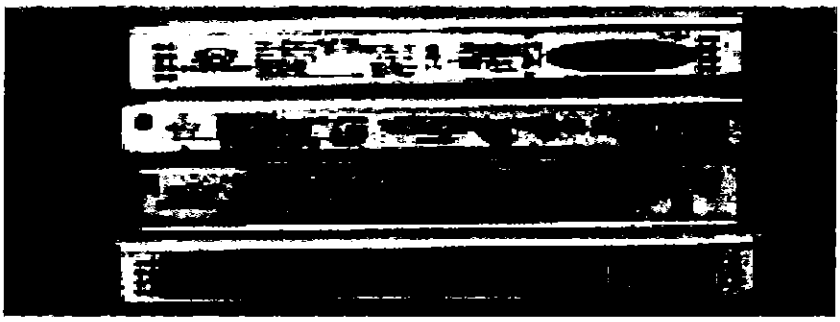
4.บัลลาสต์แบบจุดติดเร็ว(Rapid Start Ballast)

-เป็นบัลลาสต์ที่ไม่ต้องใช้ร่วมกับสตาร์ทเตอร์จึงมีขดลวดเล็ก ๆ สำหรับจ่ายไฟให้ความร้อนกับขั้วอิเลคโทรดและสามารถเปิดติดได้ทันทีไม่มีการกระพริบ ค่า P.F สูง 0.90-0.95 Lagging



รูปที่ 2.20ภาพแสดงบัลลาสต์แม่เหล็กไฟฟ้า

2.8.2 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast) ดังรูปที่2.21เป็นบัลลาสต์ที่ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำงานจะมีราคาค่อนข้างแพง แต่มีข้อดีกว่าบัลลาสต์แม่เหล็กไฟฟ้าหลายข้อคือ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหลอด ไม่เกิดการกระพริบหรือเกิดแสงวาบ สามารถเปิดติดทันทีไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ เพิ่มอายุการใช้งานของหลอด และไม่ต้องปรับปรุงเรื่องตัวประกอบกำลัง (Power Factor P.F.) นอกจากนี้ยังไม่มีเสียงรบกวน และน้ำหนักเบาอีกด้วย



รูปที่ 2.21 ภาพแสดงบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ในการเลือกใช้บัลลาสต์ควรเลือกใช้บัลลาสต์ที่มีฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ซึ่งมีประโยชน์ดังนี้

1. บัลลาสต์ธรรมดากินไฟประมาณ 10-12 วัตต์ บัลลาสต์ประหยัดไฟกินไฟประมาณ 3-6 วัตต์

2. บัลลาสต์ธรรมดา มีค่าประสิทธิผลการส่องสว่าง 95-110 % บัลลาสต์ประหยัดไฟ มีค่าประสิทธิผลการส่องสว่าง 95-150 %

3. การใช้บัลลาสต์ประหยัดไฟ ช่วยให้เกิดความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก อุณหภูมิขณะทำงานไม่เกิน 75 องศาเซลเซียส ในขณะที่บัลลาสต์ธรรมดา มีความร้อนจากขดลวดและแกนเหล็กของบัลลาสต์ มีอุณหภูมิสูงถึง 110-120 องศาเซลเซียส

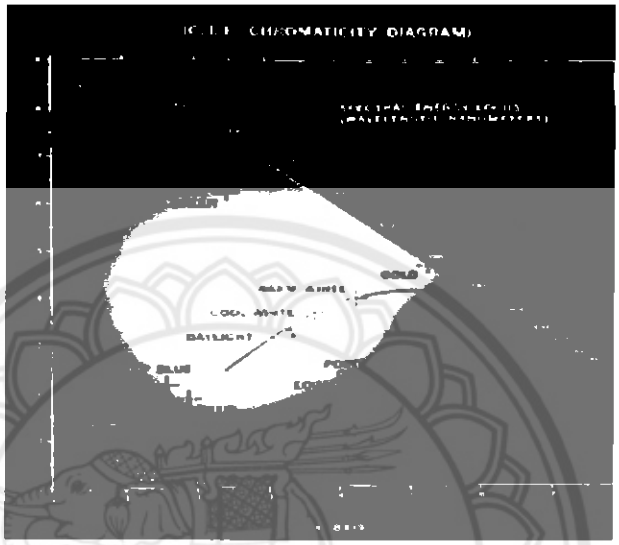
4. บัลลาสต์ประหยัดไฟ มีอายุการใช้งานมากกว่าแบบธรรมดา 1 เท่าตัว แม้ราคาจะสูงกว่าแบบธรรมดา

2.9คุณลักษณะทางแสงสี[10]

แสง เป็นพลังงานรังสี (Radiation Energy) ที่ตารับรู้และมีปฏิกิริยาตอบสนองด้วยกระบวนการวิเคราะห์แยกแยะของสมอง ตาสามารถวิเคราะห์พลังงานแสงโดยการรับรู้วัตถุสัมพันธ์กับตำแหน่งทิศทางระยะทาง ความเข้มของแสง และความยาวคลื่นที่มองเห็นได้

รูปที่ 2.22 คุณลักษณะทางแสงสี

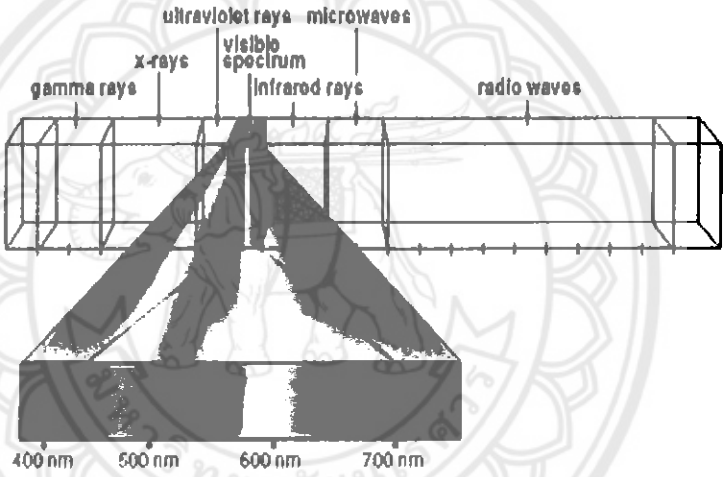
สี คือลักษณะความเข้มของแสงที่ปรากฏแก่สายตาให้เห็นเป็นสี โดยผ่านกระบวนการรับรู้ด้วยตามองจะรับข้อมูลจากตา โดยที่ตาได้ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานแสงมาแล้วผ่านประสาทสัมผัสการมองเห็นผ่านศูนย์สับเปลี่ยนในสมองไปสู่ศูนย์การมองเห็นภาพ การสร้างภาพหรือการมองเห็นก็คือการที่ข้อมูลได้ผ่านการวิเคราะห์แยกแยะให้เรารับรู้ถึงสรรพสิ่งรอบตัว



รูปที่ 2.23 การตรวจวัดคลื่นแสง

การตรวจวัดคลื่นแสงเริ่มขึ้นในคริสต์ศตวรรษที่ 19 ในปี 1928ไรท์ (W.D.Wright)และกิลด์ (J.Guild)ประสบความสำเร็จในการตรวจวัดคลื่นแสงครั้งสำคัญและได้รับการรับรองจาก Commission Internationalede l 'Eclairage หรือ CIE ในปี 1931 โดยถือว่าเป็นการตรวจวัดมาตรฐานสามเหลี่ยมสี CIE เป็นภาพแสดงรูปสามเหลี่ยมเกือกม้า นำเสนอไว้ในปี 1931 โดยการวิเคราะห์สีจากแสงสเปคตรัมสัมพันธ์กับความยาวคลื่นแสง แสดงถึงแสงสีขาวท่ามกลางแสงสเปคตรัมรอบรูปเกือกม้าโค้งรูปเกือกม้าแสดงความยาวคลื่นจาก 400- 700 mu สามเหลี่ยมสี CIE สร้างขึ้นตามระบบความสัมพันธ์พิกัด X และ Y คาร์เตเซียนในทางคณิตศาสตร์จากมุมตรงข้าม 3 มุมของรูปเกือกม้า คือสีน้ำเงินม่วงเข้มประมาณ 400 mu สีเขียวประมาณ 520 mu และสีแดงประมาณ 700 mu คือสีจากแสง ที่จะนำมาผสมกันและก่อให้เกิดสีต่าง ๆขึ้น แสงสีแดงมีความยาวคลื่นสูงสุด แต่มีความถี่คลื่นต่ำสุดจะหักเหได้น้อยที่สุดและแสงสีม่วงจะมีความยาวคลื่นน้อยสุดแต่มีความถี่คลื่นสูงสุด และหักเหได้มากที่สุดโครงสร้างของสามเหลี่ยมสี CIE นี้มิได้ขึ้นอยู่กับทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่ง แต่เกิดจากการทดลองค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ ระบบการพิมพ์ อุตสาหกรรม การถ่ายภาพ ภาพยนตร์ โทรทัศน์ได้ใช้โครงสร้างสีนี้เป็นหลักในระบบการพิมพ์ได้ใช้สีจากด้าน 3 ด้านของรูปเกือกม้าคือ สีเหลือง ฟ้า สีม่วงแดง และสีดำเป็นหลักส่วนในการ

ถ่ายภาพ ภาพยนตร์ โทรทัศน์ จอคอมพิวเตอร์ ใช้สีจากมุมทั้งสาม คือ แดง เขียว น้ำเงินเป็นหลักใน ราวปี ค.ศ. 1666 เซอร์ ไอแซค นิวตันได้แสดงให้เห็นว่าสีคือส่วนหนึ่งในธรรมชาติของแสงอาทิตย์โดยให้ลำแสงส่องผ่านแท่งแก้วปริซึม แสงจะหักเห เพราะแท่งแก้วปริซึมความหนาแน่นมากกว่าอากาศเมื่อลำแสงหักเหผ่านปริซึมจะปรากฏแถบสีสเปคตรัม (Spectrum) หรือที่เรียกว่า สีรุ้ง (Rainbow) คือ สีม่วงคราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง เมื่อแสงตกกระทบโมเลกุลของสสาร พลังงานบางส่วนจะดูดกลืนสีจากแสงบางส่วน และสะท้อนสีบางสีให้ปรากฏเห็นได้ พื้นผิววัตถุที่เราเห็นเป็นสีแดง เพราะวัตถุดูดกลืนแสงสีอื่นไว้ สะท้อนเฉพาะแสงสีแดงออกมาวัตถุสีขาวจะสะท้อนแสงสีทุกสี และวัตถุสีดำ จะดูดกลืนทุกสี



รูปที่ 2.24 การหักเหของแสง

จากทฤษฎีการการหักเหของแสงของ ของนิวตัน และจากสามเหลี่ยมสี CIE พบว่า แสงสีเป็นพลังงานเพียงชนิดเดียวที่ปรากฏสี จากด้านทั้ง 3 ด้านของรูปสามเหลี่ยมสี CIE นักวิทยาศาสตร์ได้กำหนดแม่สีของแสงไว้ 3 สี คือสีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) แสงทั้งสามสี เมื่อนำมาฉายส่องรวมกันจะทำให้เกิดสีต่าง ๆขึ้นมา คือ

แสงสีแดง + แสงสีเขียว = แสงสีเหลือง (Yellow)
แสงสีแดง + แสงสีน้ำเงิน = แสงสีแดงมาเจนตา (Magenta)
แสงสีน้ำเงิน + แสงสีเขียว = แสงสีฟ้าไซแอน (Cyan)

และถ้าแสงสีทั้งสามสีฉายรวมกัน จะได้แสงสีขาว หรือไม่มีสี เราสามารถสังเกตแม่สีของแสงได้จากโทรทัศน์สี หรือจอคอมพิวเตอร์สี โดยใช้แว่นขยายส่องดูหน้าจอจะเห็นเป็นแถบสีแสง

สว่าง3 สี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน นอกจากนี้เราจะสังเกตเห็นว่า เครื่องหมายของสถานีโทรทัศน์สีหลาย ๆ ช่อง จะใช้แม่สีของแสงด้วยเช่นกัน ทฤษฎีของแสงสีนี้ เป็นระบบสีที่เรียกว่า RGB (Red - Green - Blue) เราสามารถนำไปใช้ในการถ่ายทำภาพยนตร์ บันทึกภาพวิดีโอ การสร้างภาพ เพื่อแสดงทางคอมพิวเตอร์ การจัดไฟแสงสีในการแสดงการจัดฉากเวที เป็นต้น

รูปที่ 2.25 แม่สี

แสงสีที่เป็นแม่สีคือ สีแดง น้ำเงินเขียว จะเรียกว่า สีพื้นฐานบวก (Additive primary colors)คือเกิดจากการหักเหของแสงสีขาว ส่วนสีใหม่ที่เกิดจากการผสมกันของแม่สีของแสงทั้งสามสี จะเรียกว่า สีพื้นฐานลบ (Subtractive primary colors)คือ สีฟ้าไซแอน (Cyan) สีแดงมาเจนต้า (Magenta) และสีเหลือง (Yellow) ทั้งสามสีเป็นแม่สีแม่ใช้ในระบบการพิมพ์ออฟเซทหรือที่เรียกว่าระบบสี CMYK โดยที่มีสีดำ (Black) เพิ่มเข้ามา

2.10Power Factor

Power Factor คืออัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง(วัตต์) กับ กำลังไฟฟ้าปรากฏ หรือ กำลังไฟฟ้าเสมือน (VA) ซึ่ง ค่าที่ดีที่สุด คือ มีอัตราส่วนที่เท่ากัน จะมีค่าเป็นหนึ่งแต่ในทางเป็นจริงไม่สามารถทำได้ ซึ่งค่า Power Factor เปลี่ยนแปลงไปตามการใช้ LOAD ซึ่ง Load ทางไฟฟ้ามีอยู่ 3 ลักษณะ คือ

1. Load ประเภท Resistive หรือ ความต้าน จะมีค่า Power Factor เป็นหนึ่ง อันได้แก่หลอดไฟฟ้าแบบใส้ เตารีดไฟฟ้า หม้อหุงข้าว เครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้นถ้าหน่วยงานหรือองค์กร มี Load ประเภทนี้เป็นจำนวนมากก็ไม่จำเป็นที่จะต้องปรับปรุงค่า Power Factor

2 Load ประเภท Inductive หรือ ความเหนี่ยวนำ จะมีค่า Power Factor ไม่เป็นหนึ่งอันได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ขดลวด เช่น มอเตอร์บัลลาสต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดแกสดิสชาร์จ เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าหน่วยงานหรือองค์กรส่วนใหญ่จะหลีกเลี่ยง Load ประเภทนี้ไม่ได้ และมีเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้ ค่า Power Factor ไม่เป็นหนึ่ง และ Load ประเภทนี้จะทำให้ค่า Power Factor ล้าหลัง (Lagging) จำเป็นที่จะต้องปรับปรุงค่า Power Factor โดยการนำ Load ประเภทให้ค่า Power Factor นำหน้า (Leading) มาต่อเข้าในวงจรไฟฟ้าของระบบ เช่น การต่อชุด Capacitor Bank เข้าไปในชุดควบคุมไฟฟ้า

3. Load ประเภท Capacitive หรือ Load ที่มีตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นองค์ประกอบ Load ประเภทนี้จะมีใช้น้อยมาก จะมีค่า Power Factorไม่เป็นหนึ่ง Load ประเภทนี้จะทำให้ค่า Power Factor นำหน้า (Leading) คือกระแสจะนำหน้าแรงดันจึงนิยมนำ Load ประเภทนี้ มาปรับปรุงค่า Power Factor ของระบบที่มีค่า Power Factor ล้าหลัง เพื่อให้ค่า Power Factor มีค่าใกล้เคียงหนึ่ง

การหาค่า Power Factor

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าหรือค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (power factor ; PF) คืออัตราส่วนของกำลังงานจริง (real power) ต่อกำลังงานปรากฏ (apparent power) ในวงจรไฟฟ้าใดๆจะมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้านี้ยิ่งมีค่าสูงยิ่งดีถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.85 จะต้องเสียค่าปรับเนื่องจากตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฯ โดยคิดจากกิโลวาร์ที่เกิน 61.97 % ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบเดือนนั้นกิโลวาร์ละ 14.02 บาท

$$\text{PF} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า}(kW)}{\text{กำลังไฟฟ้าปรากฏ}(kVA)} = \cos\theta$$

จากสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (kVA) =

$$\sqrt{(\text{กำลังไฟฟ้าจริง})^2 + (\text{กำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟ})^2}$$

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าอาจเป็นแบบนำหน้า (leading) หรือแบบตามหลัง (lagging) ก็ได้ขึ้นอยู่กับโหลดทางไฟฟ้าถ้าโหลดทางไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้พลังงานส่วนหนึ่งเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กเช่นมอเตอร์หม้อแปลงบัลลาสต์ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจะเป็นแบบตามหลังแต่ถ้าโหลดทางไฟฟ้าสามารถจ่ายกำลังงานรีแอกตีฟเข้าสู่ระบบไฟฟ้าได้เช่นตัวคาปาซิเตอร์ซิงโครนัสมอเตอร์เป็นต้นค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจะเป็นแบบนำหน้า

ข้อดี ของการปรับปรุง ค่า Power Factor

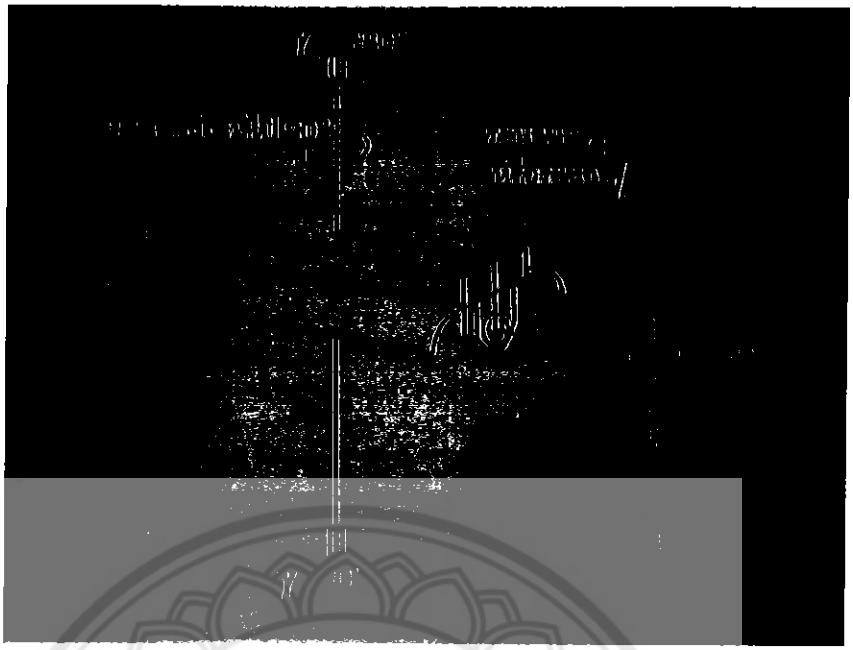
- กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าลดลง
- หม้อแปลง และสายเมนไฟฟ้า สามารถรับ Load เพิ่มได้มากขึ้น
- ลดกำลังงานสูญเสียในสายไฟฟ้าลง
- ลดแรงดันไฟฟ้าตก
- เพิ่มประสิทธิภาพระบบไฟฟ้าทั้งระบบ

2.11 ระนาบของจุดหัววัดความสว่าง[11]

2.11.1 ระนาบของหัววัดในระนาบเดียวกับดวงโคมระนาบนี้จะเป็นระนาบเดียวกับตัวดวงโคมในแนวระดับจะแบ่งเป็นมุมต่างๆ โดยเรียกมุมในระนาบนี้ว่า มุม C โดยมุม Cที่ศูนย์องศานั้นจะเริ่มนับในระนาบที่ตั้งฉากกับหลอด ดังรูปที่ 2.26

รูปที่ 2.26 แสดงมุมC ที่ศูนย์องศา

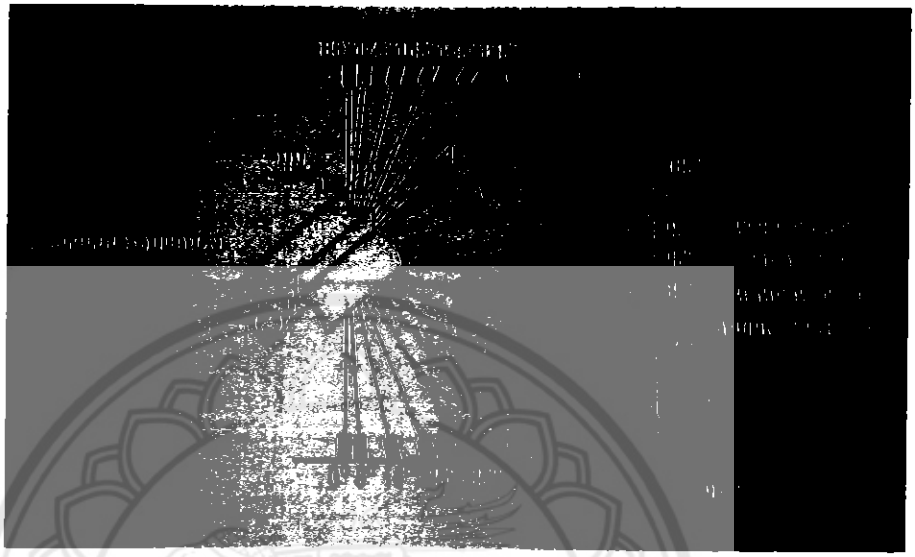
จากนั้นจะวัดมุมมาเรื่อยๆโดยที่มุมที่ 90 องศานั้นจะอยู่ในระนาบที่ขนานกับตัวดวงโคม ดังรูปที่ 2.27 และมุมที่45 องศาจะแสดงดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 แสดงมุมที่ 90องศา

รูปที่ 2.29 แสดงมุมที่ 45องศา

2.11.2 ระนาบของหัววัดในแนวแกนดิ่งกับดวงโคมในระนาบนี้จะเป็นระนาบในแนวแกนดิ่งกับตัวดวงโคม จะเรียกมุมในแนวดิ่งนี้ว่า มุมγ โดยจะเริ่มนับที่ ศูนย์องศาในจุดที่อยู่ใต้ดวงโคมและวัดขึ้นมาเรื่อยๆจนถึงมุมที่ 180 องศา ดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 แสดงมุมต่างๆ ในแนวแกนดิ่งของดวงโคม

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

การดำเนินโครงการมีขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องทำตามลำดับขั้นตอน ในลำดับแรกนี้จะเป็นการศึกษาทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น โดยมีการศึกษาเป็นลำดับต่อไปนี้

- ศึกษาการทำงานและการต่อวงจรของหลอดไฟฟ้า
- ศึกษาการใช้เครื่องมือวัดไฟฟ้าชนิดต่างๆ
- ศึกษาคุณสมบัติของแสงที่เปล่งออกมาจากหลอดไฟฟ้า

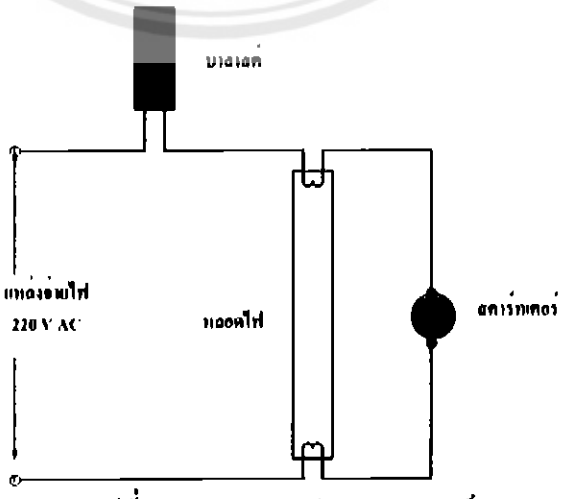
3.2 การออกแบบการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดต่างๆจะต้องทำการทดลองและบันทึกค่า เพื่อนำมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพโดยหาค่าตัวแปรดังนี้

1. หาค่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าและขาออก
2. หาค่ากระแสไฟฟ้าขาเข้าและขาออก
3. หาค่ากำลังไฟฟ้าขาเข้า

3.2.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์แกนเหล็ก

ต่อวงจรการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) โดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36W, 220 V(AC)ชนิด T12,T8,T5 ต่อกับบัลลาสต์แกนเหล็ก ตามรูปที่3.1



รูปที่3.1วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์

3.2.1.1 ใช้แอมป์มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าและใช้โวลต์มิเตอร์วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของหลอด ซึ่งการวัดจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลาคือ 1.ขณะกดสวิตซ์ติดหลอด 2.เมื่อติดหลอดหลอดไฟสว่างแล้วทุกๆ15นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วบันทึกผลการทดลอง ทำเช่นกันในหลอดชนิดT12.T8และT5

3.2.1.2 ใช้วัตต์มิเตอร์วัดค่ากำลังทางไฟฟ้ารวมทั้งวงจร ซึ่งการวัดค่ากำลังไฟฟ้าจะแบ่งช่วงเวลาต่างๆบันทึกผลการทดลองทำเช่นกันในหลอดชนิดT12.T8และT5

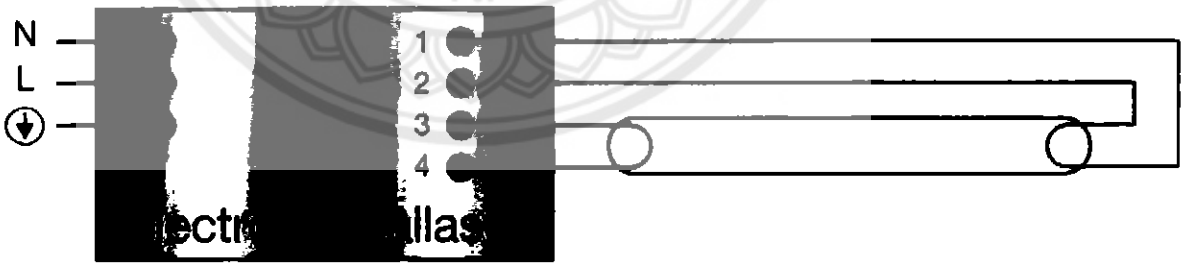
3.2.1.3 ใช้ลักซ์มิเตอร์วัดค่าการส่องสว่างของหลอดไฟฟ้า โดยทำการวัดการส่องสว่างจากใต้หลอด โดยหลอดอยู่สูงจากพื้นเท่ากับ 2 เมตร การวัดจะแบ่งพื้นเป็นช่องและวัดค่าตามช่องต่างๆโดยช่องจะแบ่งตามมุมต่างๆบันทึกผลการทดลอง ทำเช่นกันในหลอดชนิดT12.T8และT5

3.2.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5

ต่อวงจรการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) โดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36W, 220 V(AC)ชนิด T12,T8,T5 ต่อกับบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5ตามรูปที่3.1 จากนั้นใช้เครื่องมือวัดไฟฟ้าทำตามขั้นตอนที่ 3.2.1.1 , 3.2.1.2 และ 3.2.1.3

3.2.3 หลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ต่อวงจรการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) โดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36W, 220 V(AC)ชนิด T12,T8,T5 ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ตามรูปที่3.2



รูปที่ 3.2วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์

จากนั้นใช้เครื่องมือวัดไฟฟ้าทำตามขั้นตอนที่ 3.2.1.1 , 3.2.1.2 และ 3.2.1.3

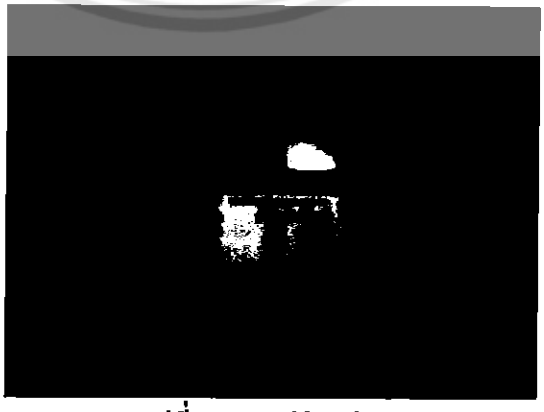
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 ออสซิโลสโคป(Oscilloscope)

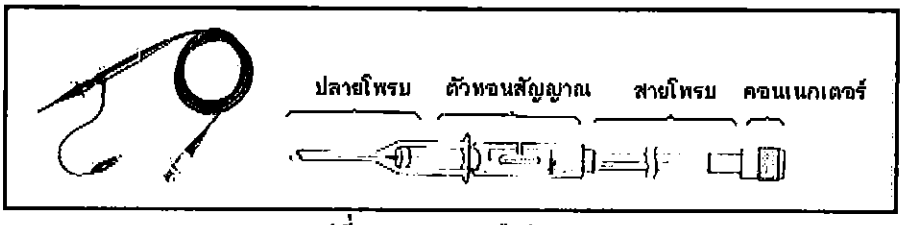
ออสซิลโลสโคป (Cathode ray oscilloscope ; CRO) หมายถึงออสซิลโลสโคปใช้หลอดรังสีแคโทด สโคปเป็นเครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการวัดแสดงรูปคลื่นสัญญาณต่างๆออกมาเป็นภาพปรากฏบนจอหลอดภาพให้เห็นได้ เช่น การวัดสัญญาณกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า(ที่เป็นไฟ AC หรือ DC) การวัดความถี่ของสัญญาณ การวัดเฟสของสัญญาณและรวมถึงการวัดสัญญาณพัลส์การอ่านค่าแอมพลิจูดของสัญญาณจะเป็น พีค-ทู-พีคหรือค่าพีคและค่าเวลาเป็นวินาที ออสซิโลสโคปจะใช้หลักการบังคับการบ่ายเบนของลำอิเล็กตรอนภายในหลอดภาพรังสีแคโทด (Cathode ray tube ; CRT) ด้วยระบบการบ่ายเบนทางไฟฟ้าสถิต (Electrostatic deflection)หน้าที่หลักของออสซิลโลสโคป คือ

1. รับสัญญาณ
2. แสดงภาพของสัญญาณที่รับ
3. วิเคราะห์สัญญาณ

สายวัดหรือโพรบเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ร่วมกับออสซิลโลสโคปเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้นำสัญญาณจากภายนอกเข้าสู่ออสซิลโลสโคปโพรบถูกออกแบบให้สามารถนำสัญญาณความถี่สูงและป้องกันสัญญาณรบกวนจากสิ่งแวดล้อมโพรบยังทำหน้าที่เป็นตัวลดทอนสัญญาณโดยทั่วไปโพรบจะมีสวิตช์เลือกการลดทอนสัญญาณได้ 2 ค่า คือ x 1 และ x 10 ที่ตำแหน่ง x1 ไม่มีการลดทอนสัญญาณที่ตำแหน่ง x10 มีการลดทอนสัญญาณลง 10 เท่าการใช้โพรบต้องนำไปต่อกับขั้วต่อ input โพรบมีลักษณะและโครงสร้างดังนี้



รูปที่3.3 ออสซิโลสโคป



รูปที่3.4 สายวัดหรือโพรบ

3.3.2 แอมมิเตอร์(Ammeter)

แอมมิเตอร์ดังรูปที่ 3.5เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้า ซึ่งดัดแปลงจากการนำความต้านทาน (ชันต์) ที่มีค่าน้อยๆ มาต่อขนานกับแกลแวนมิเตอร์ เพื่อแบ่งกระแสไม่ให้ไหลผ่านแกลแวนมิเตอร์มากเกินไปจนทำให้แกลแวนมิเตอร์พังได้เมื่อเราต้องการวัดกระแสที่มีค่ามากๆ

1. นำชันต์ต่อขนานกับแกลแวนมิเตอร์

2. ชันต์ต้องมีค่าน้อยๆ เพื่อให้กระแสแยกไหลผ่านชันต์มากๆ เพื่อช่วยลดกระแสที่จะไหลผ่านแกลแวนมิเตอร์

ลักษณะโครงสร้างแอมมิเตอร์โครงสร้างภายในของแอมมิเตอร์แบ่งได้เป็นคร่าวๆดังนี้

1.แบบมูฟวิ่งไอออน

1.1 แบบอาศัยแม่เหล็กดึงดูด (ใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง และไฟฟ้ากระแสสลับ) การทำงานขึ้นอยู่กับการดึงดูดอำนาจแม่เหล็กของเหล็กแผ่นอ่อนกับอำนาจแม่เหล็กของคอล์ยอยู่กับที่ (stationary coli)

1.2 แบบอำนาจแม่เหล็กดึงดูด (ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ)การทำงานขึ้นอยู่กับการผลักกันระหว่างท่อนเหล็กหรือแผ่นเหล็กที่อยู่ใกล้กันและอยู่ในสนามแม่เหล็กเดียวกัน ส่วนประกอบภายในประกอบไปด้วยฟิกซ์คอล์ยและแท่งแม่เหล็กอ่อนภายในวางขนานกันอยู่ตามแนวแกนของเหล็กอ่อนอันหนึ่งที่ยึดอยู่กับที่

1.3 เครื่องวัดแบบอาศัยอำนาจแม่เหล็กผลักดันซึ่งโครงสร้างภายในมันจะมีฟิกซ์คอล์ยและมีแท่งแม่เหล็กอ่อนวางขนานกันอยู่ ซึ่งตัวหนึ่งยึดอยู่กับแกนและอีกตัวหนึ่งจะสามารถเคลื่อนที่ได้ เมื่อมีกระแสไหลผ่านฟิกซ์คอล์ยจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กซึ่งจะทำการผลักกันทำให้เข็มเกิดการบ่ายเบนความคลาดเคลื่อน

ความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดแบบมูฟวิ่งไอออนเกิดจาก

- ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความร้อน
- ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากแม่เหล็กรั่วไหล
- เมื่อความถี่มีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้ค่าอิมพิแดนซ์ของฟิกซ์คอล์ยเปลี่ยนแปลงและขนาดของกระแสเปลี่ยน

2. แบบอาศัยการเหนี่ยวนำ

หลักการทำงานการทำงานของแอมมิเตอร์ที่อาศัยการเหนี่ยวนำขึ้นอยู่กับแรงบิดที่เกิดขึ้นจากอำนาจแม่เหล็กของกระแสหรือแรงดันที่จะทำการวัดและกระแสไหลวนจะมีค่าน้อยมา

3. แบบแผ่นโลหะผลักเคลื่อนที่

เป็นมิเตอร์ที่ใช้ผลสนามแม่เหล็กให้แผ่นโลหะเคลื่อนที่ไปในแนวเส้นแรงแม่เหล็กคล้ายกับมิเตอร์ขดลวดเอียงทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของเข็มชี้การเคลื่อนไหวของแผ่นโลหะผลักเคลื่อนที่สามารถสร้างเป็นได้ทั้งแอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์ได้ โครงสร้างจะประกอบไปด้วยแผ่นเหล็กแผ่นอ่อน 2 แผ่น แผ่นหนึ่งอยู่กับที่ อีกแผ่นหนึ่งเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ

แอมมิเตอร์แบบสลับ

แอมมิเตอร์กระแสสลับเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดไฟสลับ ในวงจรกระแสสลับปริมาตรกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะเป็นค่าrms และโครงสร้างของแอมมิเตอร์ไฟสลับจะเป็นชนิดของเหล็กเคลื่อนที่ การแอมมิเตอร์ไฟสลับวัดกระแสไฟฟ้าในวงจรให้ต่ออนุกรมกับวงจรที่วัด หรืออนุกรมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะวัดเหมือนแอมมิเตอร์กระแสตรง การเลือกใช้ย่านวัดต้องเลือกย่านวัดสูงๆ ไว้ก่อนแล้วค่อยมาปรับลดทีหลัง การใช้งานไม่ต้องคำนึงถึงขั้วเหมือนแอมมิเตอร์ DC

จากแอมมิเตอร์แบบต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นเมื่อนำไปวัดไฟจำเป็นต้องถอดสายออกก่อนแล้วจึงต่อแอมมิเตอร์อนุกรมกับลวด ซึ่งเกิดความลำบากไม่สะดวกในการปฏิบัติแต่แบบแคลป์แค่แกนเหล็กคล้องกับสายเพียงเท่านั้นเราก็สามารถวัดกระแสไฟฟ้าได้ เครื่องวัดแบบนี้จะประกอบไปด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าตัวหนึ่งโดยขดลวดปฐมภูมิก็คือสายนำกระแสไฟฟ้าไปเลี้ยงลวดส่วนขดลวดทุติยภูมิจะพันอยู่แกนข้างหนึ่งสามารถที่จะแยกตัวได้โดยการทริกเกอร์

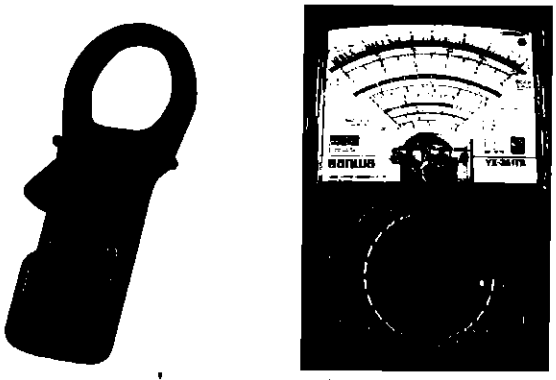
การทำงานเมื่อเอาแกนเหล็กคล้องกระแสที่ไหลผ่าน สนามแม่เหล็กจากสายไฟฟ้า (ขดลวดปฐมภูมิ)จะเคลื่อนตัวไปกับขดลวดทุติยภูมิ ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิกระแสจะไหลผ่านมูฟวิ่งคอยล์ทำให้วัดกระแสไฟได้ในกรณีที่วัดแล้วกระแสไฟไม่ขึ้นนั้นก็เป็นเพราะว่ากระแสที่วัดนั้นมีค่าน้อยมาก

คุณสมบัติของแอมมิเตอร์ที่ดี

1. มีความแม่นยำสูง ซึ่งเกิดจากการนำชันต์ที่มีความต้านทานน้อยๆ มาต่อ เพื่อว่าเมื่อนำแอมมิเตอร์ไปต่ออนุกรมในวงจรแล้ว จะไม่ทำให้ความต้านทานรวมของวงจรเปลี่ยนแปลง ทำให้กระแสที่วัดได้มีความแม่นยำสูง หรือมีความผิดพลาดจากการวัดน้อย

2. มีความไว (Sensitivity) สูง เมื่อชันต์มีค่าน้อยๆ กระแสที่ไหลผ่านชันต์ จะมีค่ามาก ทำให้กระแสที่ไหลผ่านแกลแวนมิเตอร์มีค่าน้อย นั่นคือ แอมมิเตอร์ที่ดีจะสามารถตรวจวัดค่ากระแสน้อยๆ ได้ กล่าวคือ แม้วงจรจะมีกระแสไหลเพียงเล็กน้อย แอมมิเตอร์ก็สามารถวัดค่าได้

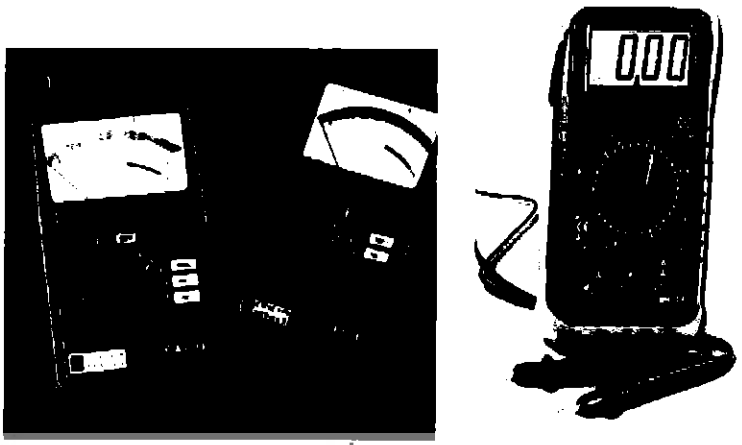
การนำไปใช้วัด ใช้แอมมิเตอร์ไปต่ออนุกรมในวงจรในสายที่ต้องการทราบค่ากระแสที่ไหลผ่าน



รูปที่ 3.5แอมมิเตอร์

3.3.3โวลต์มิเตอร์ (voltmeter)

โวลต์มิเตอร์ดังรูปที่ 3.6คือเครื่องมือที่ใช้วัดความต่างศักย์ระหว่างจุด 2 จุดในวงจรความต้านทานภายในของเครื่องโวลต์มิเตอร์มีค่าสูง วิธีใช้ต้องต่อขนานกับวงจรเครื่องมือที่ใช้วัดค่าความต่างศักย์ในวงจรไฟฟ้า ค่าที่วัดได้มีหน่วย โวลต์ โวลต์มิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ดัดแปลงมากจากแกลแวนอมิเตอร์ โดยต่อความต้านทานแบบอนุกรม (Rx) กับแกลแวนอมิเตอร์และใช้วัดความต่างศักย์ในวงจรโดยต่อแบบขนานกับวงจรที่ต้องการวัดโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (แรงดันไฟฟ้าหรือแรงดันตกคร่อม) ระหว่าง จุดสองจุด ในวงจรความจริงแล้วโวลต์มิเตอร์ก็คือแอมมิเตอร์นั่นเอง เพราะขณะวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรหรือแหล่ง จ่ายแรงดันจะต้องมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมิเตอร์จึงทำให้เข็มมิเตอร์บ่ายเบนไป และการที่กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่าน เข้าโวลต์มิเตอร์ได้ ก็ต้องมี แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้ามานั่นเองกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันกระแสไฟฟ้าไหลได้มากน้อยถ้า จ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้ามาน้อย กระแสไฟฟ้าไหลน้อยเข็มชี้บ่ายเบนไปน้อยถ้าจ่าย แรงดันไฟฟ้าเข้ามามาก กระแสไฟฟ้าไหลมากเข็มชี้บ่ายเบนไปมาก โวลต์มิเตอร์สร้างขึ้นมาเพื่อวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของแหล่งจ่ายแรงดันหรือวัดค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม ระหว่างจุดสองจุดในวงจรการวัดแรงดันไฟฟ้าด้วยโวลต์มิเตอร์เหมือนกับการวัดความดันของน้ำในท่อส่งน้ำด้วยเกจ วัดความดัน(Pressure Gage) โดยต้องต่อท่อเพิ่มจากท่อเดิมไปยังเกจวัดในทำนองเดียวกัน กับการวัดแรงดันไฟฟ้าใน วงจร ต้องใช้โวลต์มิเตอร์ไปจากคร่อมวงจรในตำแหน่งที่ต้องการวัด (ต่อขนานกับจุดวัด) เสมอ



รูปที่ 3.6โวลต์มิเตอร์

รูปที่ 3.7 แสดงการวัดแรงดันโดยโวลต์มิเตอร์

3.3.4 ลักซ์มิเตอร์(Luxmeter)

คือเครื่องวัดที่ใช้วัดความสว่างของแสงในรูปของความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous intensity) หรือกำลังส่องสว่าง (Candlepower)ของแสงที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่งเพื่อให้ทราบว่าพื้นที่ที่ใช้งานอยู่นั้นค่ากำลังส่องสว่างของแสงเหมาะสมหรือไม่มีหน่วยเป็นลูเมนต่อตารางฟุต(Foot-candle) หรือลูเมนต่อตารางเมตรหรือลักซ์ (Lux)

เครื่องวัดแสงแบ่งตามโครงสร้างของส่วนแสดงผลได้ 2 ชนิดดังนี้

1. ชนิดแสดงผลด้วยเข็มชี้

2. ชนิดแสดงผลด้วยตัวเลข

โครงสร้างเครื่องวัดแสงทั้งสองชนิดมีโครงสร้างที่เหมือนกันคือประกอบด้วยส่วนรับแสงหรือโฟโตเซลล์ (Photocell) และส่วนที่แสดงผลสำหรับชนิดแรกส่วนแสดงผลนั้นใช้ไมโครแอมมิเตอร์ (Micro ammeter) เป็นส่วนแสดงผลค่าที่วัดได้แสดงด้วยเข็มชี้ส่วนชนิดที่สองส่วนแสดงผลใช้แบบตัวเลขดิจิตอลซึ่งอาจเป็นแบบ LED หรือ LCD ก็ได้

หลักการทำงาน ส่วนรับแสงหรือโฟโตเซลล์ (photocell) ประกอบด้วยธาตุที่มีความไวต่อแสง มาก ได้แก่ โซเดียม โปตัสเซียม ซิลิเนียมและซีเซียม เมื่อมีแสงมาตกกระทบธาตุเหล่านี้แล้ว จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขนาด ต่างๆ ขึ้นเรียกว่า โฟโตอิมิสชั่น(photo emission) ธาตุเหล่านี้จะจ่ายอิเล็กตรอน ออกไป ตอนบนเป็นส่วนประกอบของโฟโตเซลล์สำหรับตอนล่างเป็นไมโครแอมมิเตอร์โฟโตเซลล์ จะมี ส่วนประกอบดังนี้คือแผ่นซิลิเนียม (Seleniumlayer) วางอยู่บนแผ่น เหล็ก (steel base plate) บนแผ่น ซิลิ เนียมจะมีแผ่น วัตถุตัวนำ (conducting metal or blocking layer) ซึ่งอาจจะทำ ด้วยแผ่นทองคำ หรือทองขาว (gold or platinum) วางทับอยู่ นอกจากนี้ยังมีแลคเกอร์ใส (Transparent lacquer) ทาทับที่วัตถุตัวนำอีกทีหนึ่ง แลกเกอร์ที่ทาทับลง ไปบนวัตถุตัวนำนี้ก็เพื่อป้องกันความชื้นของอากาศ เมื่อต่อสายไฟจากขั้วลบ(Negative contact strip)และ ขั้วบวก (Positivecontact) ของโฟโตเซลล์ไปเข้ากับไมโครแอมมิเตอร์(Micro ammeter) จะทำ ให้ชุดนี้ทั้งชุดกลายเป็น เครื่องวัดแสง (Light meter or photometer) กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจาก ซิลิเนียมจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแสงที่มากระทบกับโฟโตเซลล์หรือ ซิลิเนียมกระแสที่เกิดขึ้น จะไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ของ ไมโครแอมมิเตอร์ จึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง

เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของโฟโตเซลล์หรือซิลิเนียมมีค่าคงที่ดังนั้นกำลังส่องสว่างของแสงที่ปรากฏอยู่บนพื้นที่หน้าตัดนี้จึงมีหน่วยเป็นลูเมนต่อตารางฟุตหรือฟุตต่อกำลังเทียน(foot-candle) และลูเมนต่อตารางเมตร(lumen/m2) หรือลักซ์ (lux) นั่นก็คือสเกลบนหน้าปัทม์ของเครื่องวัดแสงก็จะมีหน่วยเป็นลักซ์ (lux)หรือฟุต-เทียน(Foot-candle) ถ้ากำลังส่องสว่างของแสงมีค่ามากกระแสที่ไหลผ่านชุดเคลื่อนที่ก็มากการบ่ายเบนของเข็มชี้ก็จะมากด้วยเพื่อให้เครื่องวัดแสงมีหลายๆย่านวัดก็

ได้จึงออกแบบโดยใช้ความต้านทานชั้นท์ (shunt Resistor) ต่อขนานกับชุดขดลวดเคลื่อนที่ของไมโครแอมมิเตอร์

lumen/ft2 = foot-candle

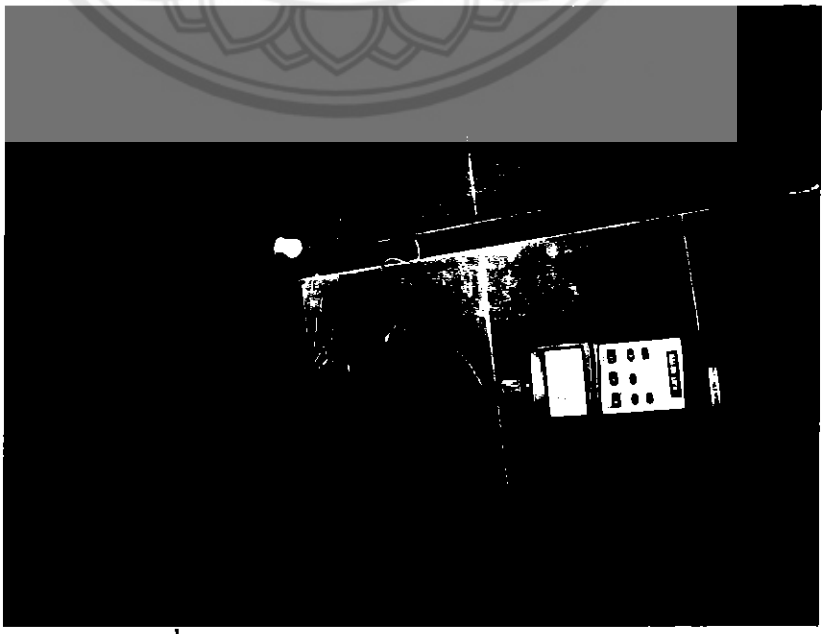
lumen/m2 = lux

1 foot-candle = 10.76 lux

1 lumen = 0.0016 watt

การนำไปใช้งานมีวิธีการใช้งานเหมือนกันทั้งสองชนิดคือนำเครื่องวัดไปวางยังตำแหน่งที่ต้องการวัดให้ส่วนที่รับแสงตรงกับตำแหน่งที่แสงตกอ่านค่าที่วัดได้จากหน้าปัทม์ของเครื่องวัด

รูปที่ 3.8ลักซ์มิเตอร์

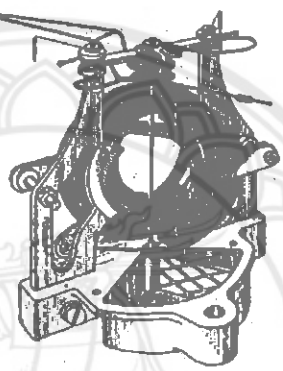


รูปที่ 3.9 แสดงการวัดความเข้มแสงโดยลักซ์มิเตอร์

3.3.5 วัตต์มิเตอร์(Watt Meter)

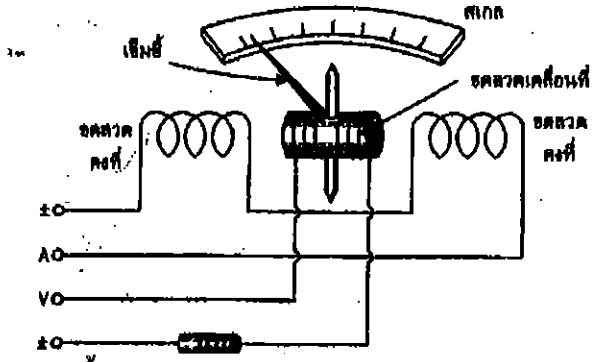
วัตต์มิเตอร์ดังรูปที่ 3.10 คือ เครื่องวัดกำลังงานไฟฟ้า โดยในทางคำนวณเราสามารถหากำลังไฟฟ้าได้จากผลคูณกระแสไฟฟ้าคูณกับค่าของแรงดันไฟฟ้า ดังนั้น ในการใช้วัตต์มิเตอร์ จะสังเกตเห็นว่าวัตต์มิเตอร์จะมีขั้วต่อสำหรับวัดแรงดันและกระแสในตัวเดียวกันเพื่อทำการตรวจสอบทั้งแรงดันและกระแสที่ไหลผ่านตัวมันเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้า

โครงสร้างรวมเอาโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์ไว้ในตัวเดียวกันโครงสร้างของวัตต์มิเตอร์ใช้หลักการทำงานของ อิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ (Electrodynamometer)แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.10โครงสร้างของวัตต์มิเตอร์ แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์

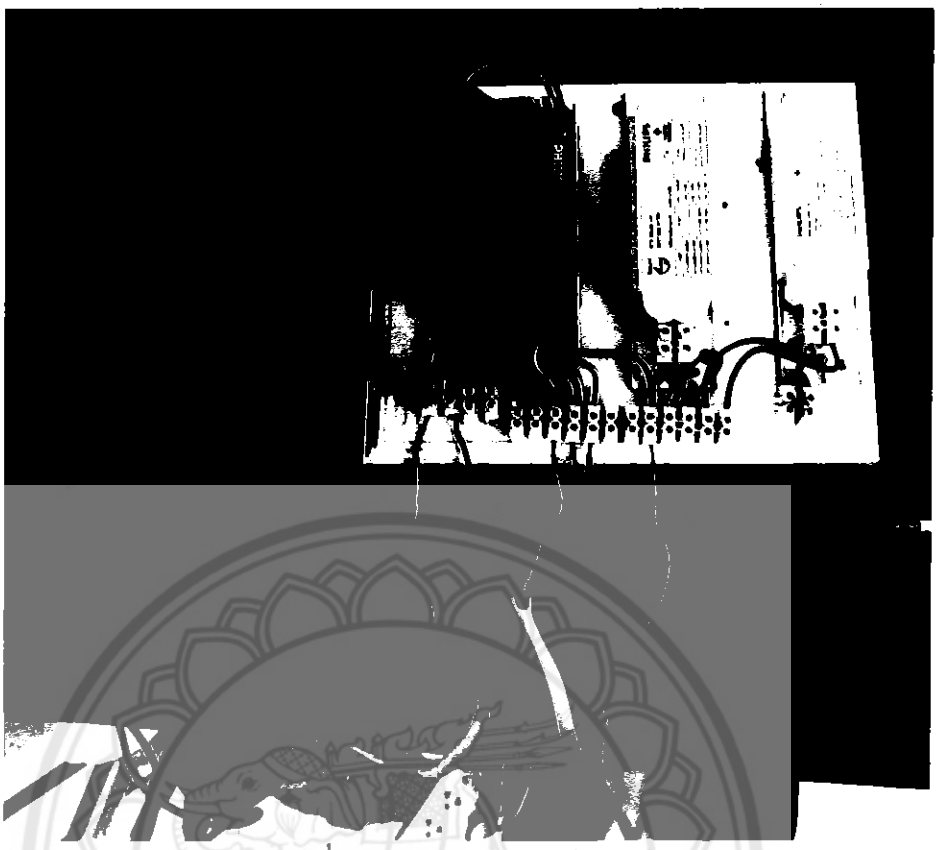
ประกอบด้วยขดลวด 3 ขด ขดลวด 2 ขดใหญ่ที่วางขนานกัน เป็นขดลวดคงที่ (Fixed Coil) หรือขดลวดกระแส(Current Coil) ส่วนตอนกลางของขดลวดคงที่มีขดลวดอีกหนึ่งขดวางอยู่ในส่วนวงกลมที่ว่างเป็นขดลวดเคลื่อนที่ได้ (Moving Coil) หรือขดลวดแรงดัน (Voltage Coil) ขดลวดเคลื่อนที่นี้ถูกยึดติดกับแกนร่วมกับเข็มชี้และสปริงก้นหอยขดลวดคงที่หรือขดลวดกระแสนั้นทั้งสองขดถูกต่ออันดับกัน และต่อออกมาเพื่อวัดค่ากระแสของวงจรส่วนขดลวดเคลื่อนที่หรือขดลวดแรงดันถูกต่ออันดับกับตัวต้านทาน ทำหน้าที่จำกัดกระแสผ่านขดลวด และต่อออกมาเพื่อวัดค่าแรงดันของวงจร ขั้วต่อของวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่3.11แสดงขั้วต่อใช้งานของวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์

จากรูปที่ 3.9เป็นขั้วต่อใช้งานของวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์มีทั้งหมด 4 ขั้วต่อ แบ่งเป็น 2 ชุด ชุดละ 2 ขั้วต่อ ชุดแรก (ขั้ว A,) ต่อวัดกระแสที่ไหลผ่านวงจรวัดค่าชุดสอง (ขั้ว V,) ต่อวัด แรงดันที่จ่ายให้วงจรวัดค่าวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์นี้สามารถนำไปวัดกำลังไฟฟ้าได้ทั้งกำลังไฟฟ้าของวงจรไฟกระแสตรง (DC) และกำลังไฟฟ้าของวงจรไฟกระแสสลับ (AC) เพราะขดลวดทั้งขดคงที่และขดเคลื่อนที่ สามารถรับแรงดันและกระแสได้ทั้งไฟกระแสตรง (DC) และไฟกระแสสลับ (AC) ช่วยให้เกิดความสะดวกใน การ ใช้งานและลดความยุ่งยากในการวัดค่าลงได้

รูปที่ 3.12วัตต์มิเตอร์



รูปที่ 3.13แสดงการใช้วัตต์มิเตอร์

3.4 ประเภทของดวงโคมที่ใช้ในการทดลอง

ดวงโคมที่ใช้แบบให้แสงกึ่งโดยตรง (Semi – Direct) ปริมาณของแสงส่วนที่ส่องลงข้างล่าง 60 – 90 %

รูปที่ 3,12 ดวงโคมแบบให้แสงกึ่งโดยตรง

บทที่ 4
ผลการทดลอง

การทดลองประสิทธิภาพหลอดฟลูออเรสเซนต์ในการทดลองต้องหาตัวแปรดังนี้ คือ

1. การทดสอบทางกายภาพคือเสียงและการสังเกต
2. ค่าแรงดันและกระแสขาเข้า
3. แรงดันและกระแสขาออก
4. กำลังไฟฟ้าขาเข้า

ผลการทดลองจะนำไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยใช้สูตรในการคำนวณหาค่าจากสูตรในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.10

4.1. การทดสอบทางกายภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์

1. การทดสอบทางกายภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา

ตารางที่ 4.1.1แสดงผลที่ได้จากการสังเกตในขณะจุดติดหลอดและเมื่อหลอดติดแล้วของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กธรรมดา

ชนิดหลอด	ขณะจุดติดหลอด	เมื่อหลอดจุดติดแล้ว
T8 Extra	ตัวหลอดมีการกระพริบหลายครั้ง พร้อมทั้งตัวสตาร์ทเตอร์มีการกระพริบเช่นกัน โดยตัวสตาร์ทเตอร์จะมีแสงจ้าเมื่อกระพริบ มีเสียงอือในตัวบัลลาสต์	แสงที่เปล่งออกมาจากหลอดมีกระพริบเล็กน้อยส่วนสตาร์ทเตอร์ไม่มีแสงเปล่งออกมาหรือเปล่งออกมาน้อยมากเมื่อหลอดติดและเปล่งแสงแล้วและเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งตัวบัลลาสต์มีความร้อนมาก
T8 Super	ตัวหลอดมีการกระพริบหลายครั้ง พร้อมทั้งตัวสตาร์ทเตอร์มีการกระพริบเช่นกัน โดยตัวสตาร์ทเตอร์จะมีแสงจ้าเมื่อกระพริบมีเสียงอือในตัวบัลลาสต์	แสงที่เปล่งออกมาจากหลอดมีกระพริบเล็กน้อยส่วนสตาร์ทเตอร์ไม่มีแสงเปล่งออกมาหรือเปล่งออกมาน้อยมากเมื่อหลอดติดและเปล่งแสงแล้วและเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งตัวบัลลาสต์มีความร้อนมาก

ชนิดหลอด	ขณะจุดติดหลอด	เมื่อหลอดจุดติดแล้ว
T12	ตัวหลอดมีการกระพริบหลายครั้ง พร้อมทั้งตัวสตาร์ทเตอร์มีการกระพริบเช่นกันโดยตัวสตาร์ทเตอร์จะมีแสงจ้าเมื่อกระพริบมีเสียงอือในตัวบัลลาสต์	แสงที่เปล่งออกมาจากหลอดมีกระพริบเล็กน้อยส่วนสตาร์ทเตอร์ไม่มีแสงเปล่งออกมาหรือเปล่งออกมาน้อยมากเมื่อหลอดติดและเปล่งแสงแล้ว และเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งตัวบัลลาสต์มีความร้อนมาก
T5	ตัวหลอดติดทันทีโดยไม่กระพริบ	แสงที่เปล่งออกมามีความสว่างที่คงที่แต่สว่างไม่มาก

จากตารางที่ 4.1.1 พบว่าขณะจุดติหลอดและเมื่อหลอดติดแล้วนั้นในหลอดขนาด T12 และ T8 นั้นมีลักษณะเหมือนกัน ส่วนตัวหลอดขนาด T5 นั้นมีการติดทันทีเนื่องจากภายในขาหลอดเป็นวงจรอิเลคทรอนิกส์

2. การทดสอบทางกายภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ชนิดประหยัดไฟเบอร์5

ตารางที่ 4.1.2แสดงผลที่ได้จากการสังเกตในขณะจุดติดหลอดและเมื่อหลอดติดแล้วของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ชนิดประหยัดไฟเบอร์ 5

ชนิดหลอด	ขณะจุดติดหลอด	เมื่อหลอดจุดติดแล้ว
T8 Extra	ตัวหลอดมีการกระพริบหลายครั้ง พร้อมทั้งตัวสตาร์ทเตอร์มีการกระพริบเช่นกันโดยตัวสตาร์ทเตอร์จะมีแสงจ้าเมื่อกระพริบ มีเสียงอือในตัวบัลลาสต์	แสงที่เปล่งออกมาจากหลอดมีกระพริบเล็กน้อยส่วนสตาร์ทเตอร์ไม่มีแสงเปล่งออกมาหรือเปล่งออกมาน้อยมากเมื่อหลอดติดและเปล่งแสงแล้ว และเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งตัวบัลลาสต์มีความร้อนมาก
T8 Super	ตัวหลอดมีการกระพริบหลายครั้ง พร้อมทั้งตัวสตาร์ทเตอร์มีการกระพริบเช่นกันโดยตัวสตาร์ทเตอร์จะมีแสงจ้าเมื่อกระพริบมีเสียงอือในตัวบัลลาสต์	แสงที่เปล่งออกมาจากหลอดมีกระพริบเล็กน้อยส่วนสตาร์ทเตอร์ไม่มีแสงเปล่งออกมาหรือเปล่งออกมาน้อยมากเมื่อหลอดติดและเปล่งแสงแล้ว และเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งตัวบัลลาสต์มีความร้อนมาก
T12	ตัวหลอดมีการกระพริบหลายครั้ง พร้อมทั้งตัวสตาร์ทเตอร์มีการกระพริบเช่นกันโดยตัวสตาร์ทเตอร์จะมีแสงจ้า	แสงที่เปล่งออกมาจากหลอดมีกระพริบเล็กน้อยส่วนสตาร์ทเตอร์ไม่มีแสงเปล่งออกมาหรือเปล่งออกมาน้อย

	เมื่อกระพริบมีเสียงอือในตัวบัลลาสต์	มากเมื่อหลอดติดและเปล่งแสงแล้ว และเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งตัวบัลลาสต์มีความร้อนมาก
T5	ตัวหลอดติดทันทีโดยไม่กระพริบ	แสงที่เปล่งออกมามีความสว่างที่คงที่แต่สว่างไม่มาก และเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งตัวบัลลาสต์มีความร้อนมาก

จากตารางที่ 4.1.1 พบว่าขณะจุดติหลอดและเมื่อหลอดติดแล้วนั้นในหลอดขนาด T12 และ T8 นั้นมีลักษณะเหมือนกัน ส่วนตัวหลอดขนาด T5 นั้นมีการติดทันทีเนื่องจากภายในขาหลอดเป็นวงจรอิเลคทรอนิกส์

3. การทดสอบทางกายภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์

ตารางที่ 4.1.3แสดงผลที่ได้จากการสังเกตในขณะจุดติดหลอดและเมื่อหลอดติดแล้วของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดต่างๆร่วมกับบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์

ชนิดหลอด	ขณะจุดติดหลอด	เมื่อหลอดจุดติดแล้ว
T8 Extra	ตัวหลอดมีการติดโดยทันทีเมื่อทำการกดสวิตซ์	ตัวหลอดมีการเปล่งแสงที่สม่ำเสมอ ส่วนตัวบัลลาสต์นั้นมีการปล่อยความร้อนน้อยมาก
T8 Super	ตัวหลอดมีการติดโดยทันทีเมื่อทำการกดสวิตซ์	ตัวหลอดมีการเปล่งแสงที่สม่ำเสมอ ส่วนตัวบัลลาสต์นั้นมีการปล่อยความร้อนน้อยมาก
T12	ตัวหลอดมีการติดโดยทันทีเมื่อทำการกดสวิตซ์	ตัวหลอดมีการเปล่งแสงที่สม่ำเสมอ ส่วนตัวบัลลาสต์นั้นมีการปล่อยความร้อนน้อยมาก
T5	ตัวหลอดมีการติดโดยทันทีเมื่อทำการกดสวิตซ์	ตัวหลอดมีการเปล่งแสงที่สม่ำเสมอ ส่วนตัวบัลลาสต์นั้นมีการปล่อยความร้อนน้อยมาก

จากตารางที่ 4.1.3 จะพบว่าหลอดทุกหลอดมีลักษณะเช่นเดียวกัน เป็นเพราะว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นั้นไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ในวงจรและตัวบัลลาสต์มีการปรับจ่ายไฟและแรงดันคงที่เหมาะสมพอที่จะใช้ในตัวหลอดเพื่อเปล่งแสง มีการปล่อยความร้อนน้อยมากส่งผลให้มีการสูญเสียน้อยมาก

4.2การทดลองวัดค่าแรงดันด้านออกจากบัลลาสต์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

ผลการทดลองที่ 4.2 ค่าแรงดันด้านออกของบัลลาสต์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา

ตารางที่ 4.2.1แสดงค่าแรงดันด้านออกของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กธรรมดาร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

ชนิดหลอด	เวลา (นาที)									
	ขณะสตาร์ท	0	15	30	45	60	75	90	105	120
T8(1) Extra	228.8	86.4	104.3	103.8	104.90	105.10	104.90	105.30	105.2	105.7
T8(2) Extra	228.9	87.2	104.2	103.7	105.20	105.30	105.30	104.90	104.7	105.1
ค่าเฉลี่ย	228.8	86.8	104.2	103.7	105.0	105.2	105.1	105.1	104.9	105.4
T8(1) Super	228.8	84.7	103.9	103.8	103.6	103.6	104.2	104.2	104.3	104.6
T8(2) Super	228.3	93.3	104.0	104.2	103.9	103.9	104.6	104.6	104.7	104.9
ค่าเฉลี่ย	228.5	89.0	104.2	104.0	103.7	103.7	104.4	104.4	104.5	104.7
T12 (1)	228.1	116.3	110.6	111.4	111.4	112.3	112.1	112.6	112.7	112.9
T12 (2)	216.6	116.6	111.1	111.7	111.7	112.2	112.5	112.6	112.6	112.8
ค่าเฉลี่ย	222.3	116.4	110.8	111.5	111.5	112.2	112.3	112.6	112.6	112.8
T5 (1)	223.8	223.3	223.5	220.2	221.8	221.5	220.5	224.1	223.3	223.7
T5 (2)	223.7	223.4	224.8	224.4	224.3	224.4	224.9	225.0	225.1	225.8
ค่าเฉลี่ย	223.7	223.3	224.1	222.3	223.0	222.9	222.7	224.5	224.2	224.7

จากตางรางที่ 4.2.1 พบว่าแรงดดันด้านขาออกในขณะสตาร์ทในหลอดขนาด T8 และ T12 จะมีการใช้แรงดันมากเนื่องจากต้องใช้แรงดันเพื่อจุดติดหลอดและสตาร์ทเตอร์ส่วนในหลอดขนาด T5 จะมีการใช้แรงดันที่สม่ำเสมอและแรงดันมีขนาดเท่ากับแหล่งจ่าย เนื่องมาจากภายในตัวขาหลอดประกอบด้วยวงจรอิเลคทรอนิกส์จึงต้องใช้แรงดันที่พอแก่ตัววงจร

2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5

ตารางที่ 4.2.2แสดงค่าแรงดันด้านออกของบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์5ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

ชนิดหลอด	เวลา (นาที)									
	ขณะสตาร์ท	0	15	30	45	60	75	90	105	120
T8(1) Extra	230.4	106.9	104.5	105.3	105.2	105.1	104.9	104.8	104.6	104.7
T8(2) Extra	228.9	102.2	105.4	105.2	104.8	104.8	104.6	104.6	104.3	104.7
ค่าเฉลี่ย	229.6	104.5	104.9	105.2	105.0	104.9	104.7	104.7	104.4	104.7
T8(1) Super	226.7	98.1	105.4	105.5	105.3	105.2	105.0	105.3	105.4	105.5
T8(2) Super	227.3	95.6	106.1	105.8	104.7	104.6	104.2	105.0	105.1	105.1
ค่าเฉลี่ย	227.0	96.8	105.7	105.6	105.0	104.9	104.6	105.1	105.2	105.3
T12 (1)	225.9	115.8	108.0	109.1	109.4	109.6	109.7	109.9	109.9	110.2
T12 (2)	224.8	116.5	109.8	109.7	110.2	111.3	109.3	109.7	109.1	109.1
ค่าเฉลี่ย	225.3	116.1	108.9	109.4	109.8	110.4	109.5	109.8	109.5	109.6
T5 (1)	223.5	222.9	221.9	222.7	222.8	222.8	222.9	223.1	223.3	223.5
T5 (2)	226.3	225.8	224.8	223.2	224.1	224.3	225.0	225.3	225.2	225.7
ค่าเฉลี่ย	224.9	224.3	223.3	222.9	223.1	223.5	223.9	224.2	224.2	224.6

จากตางรางที่ 4.2.2 พบว่าแรงดดันด้านขาออกในขณะสตาร์ทในหลอดขนาด T8 และ T12 จะมีการใช้แรงดันมากเนื่องจากต้องใช้แรงดันเพื่อจุดติดหลอดและสตาร์ทเตอร์ส่วนในหลอดขนาด T5 จะมีการใช้แรงดันที่สม่ำเสมอและแรงดันมีขนาดเท่ากับแหล่งจ่าย เนื่องมาจากภายในตัวขาหลอดประกอบด้วยวงจรอิเลคทรอนิกส์จึงต้องใช้แรงดันที่พอแก่ตัววงจร

3. หลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์

ตารางที่ 4.2.3แสดงค่าแรงดันด้านออกของบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

ชนิดหลอด	เวลา (นาที)									
	ขณะสตาร์ท	0	15	30	45	60	75	90	105	120
T8 (1) Extra	126.5	125.5	126.6	124.5	127.3	126.3	125.5	128.1	123.9	125.7
T8 (2) Extra	126.9	125.4	125.7	123.6	125.3	127.4	126.4	127.1	124.2	124.5
ค่าเฉลี่ย	126.7	125.4	126.6	124.0	126.3	126.8	125.9	127.6	124.1	125.1
T8 (1) Super	129.2	128.1	129.0	126.5	128.6	127.1	128.0	126.5	127.5	126.4
T8 (2) Super	130.1	129.3	128.8	128.1	129.1	127.4	127.2	126.4	127.1	126.9
ค่าเฉลี่ย	129.6	128.7	128.9	127.3	128.8	127.2	127.6	125.4	127.3	126.6
T12 (1)	129.6	127.7	126.6	128.8	124.4	126.7	127.9	129.4	130.0	129.1
T12 (2)	129.5	128.4	128.1	128.5	126.2	125.5	126.2	128.7	129.5	127.3
ค่าเฉลี่ย	129.5	128.0	127.3	128.6	125.3	126.1	127.0	129.0	129.7	128.3
T5 (1)	130.1	131.2	129.4	130.9	130.4	130.9	128.7	131.0	129.6	130.6
T5 (2)	130.4	131.4	130.1	130.8	129.8	129.7	130.1	130.9	130.3	130.0
ค่าเฉลี่ย	130.2	131.3	129.7	130.8	130.1	130.3	129.4	130.9	129.9	130.3

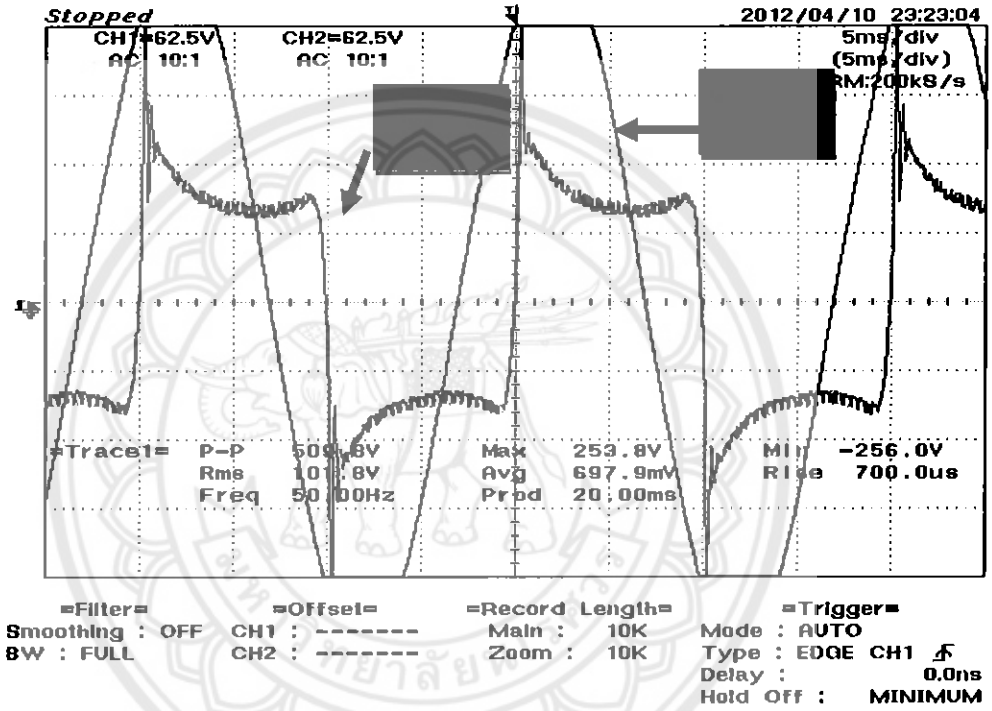
จากตารางที่ 4.2.3 พบว่าค่าแรงดันขาออกมีขนาดของแรงดันคงที่สม่ำเสมอทั้งนี้เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้แรงดันมากเพื่อจุดติดสตาร์ทเตอร์

4.3 การทดลองวัดค่าแรงดันขาเข้าของบัลลาสต์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

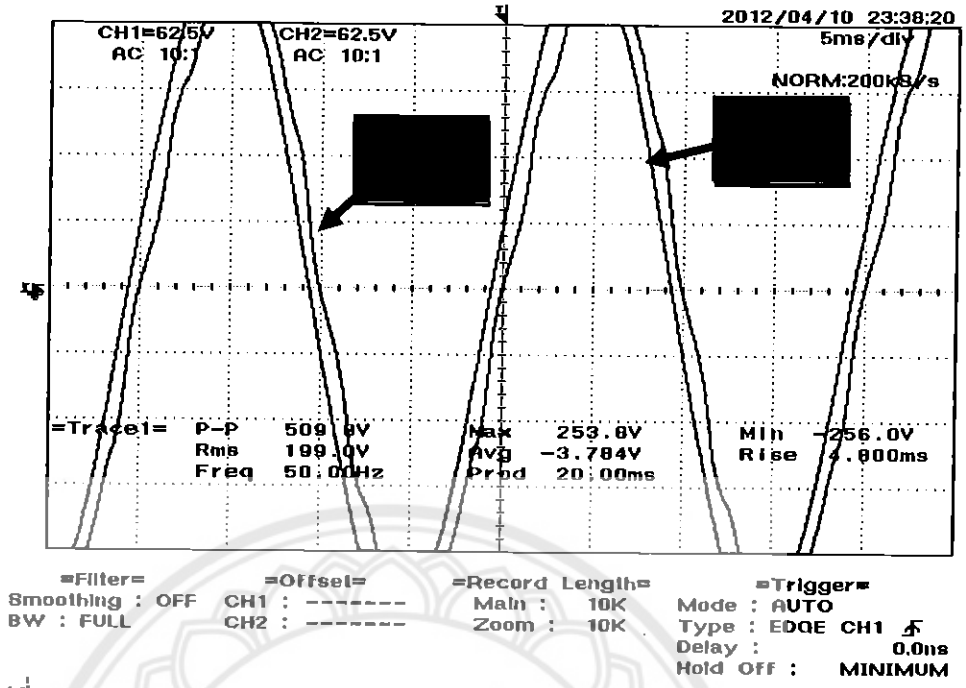
จาการทดลองวัดค่าแล้วพบว่าค่าแรงดันขาเข้ามีค่าคงที่ระหว่าง 229-231 โวล์ตเมื่อเฉลี่ยแล้วค่าแรงดันขาเข้าจะอยู่ที่ 230 โวล์ต จึงให้เป็นค่าคงที่

4.4รูปสัญญาณแรงดันจากบัลลาสต์เทียบกับแรงดันขาเข้า

4.4.1 รูปสัญญาณแรงดันจากบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กธรรมดา

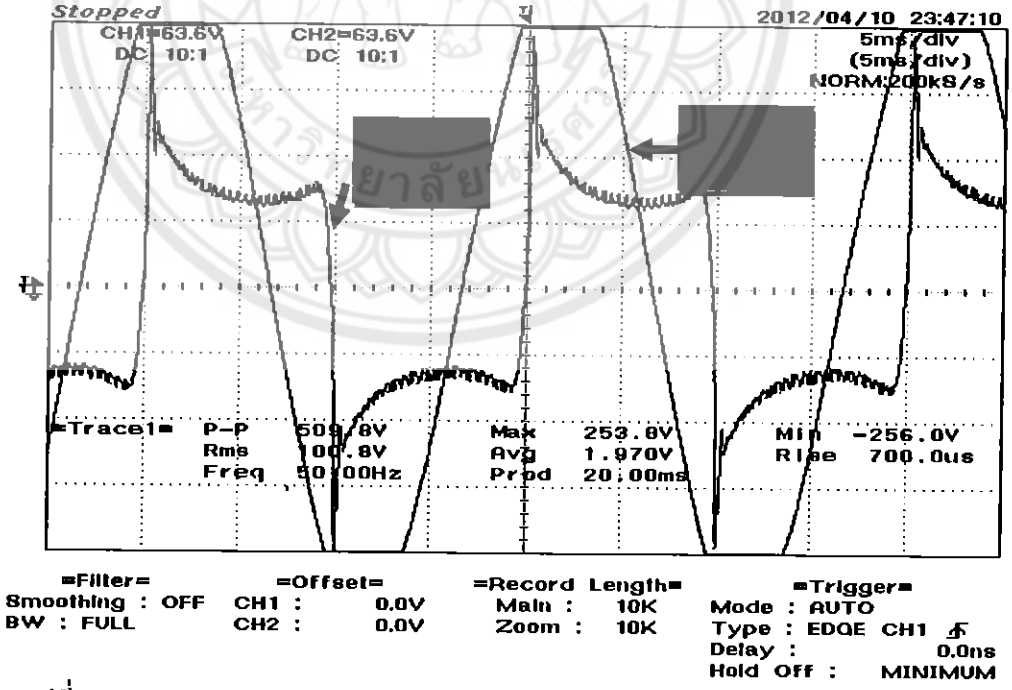


รูปที่ 4.4.1 (ก) แสดงรูปสัญญาณแรงดันขาเข้าเทียบขาออกของบัลลาสต์แกนเหล็กร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T8

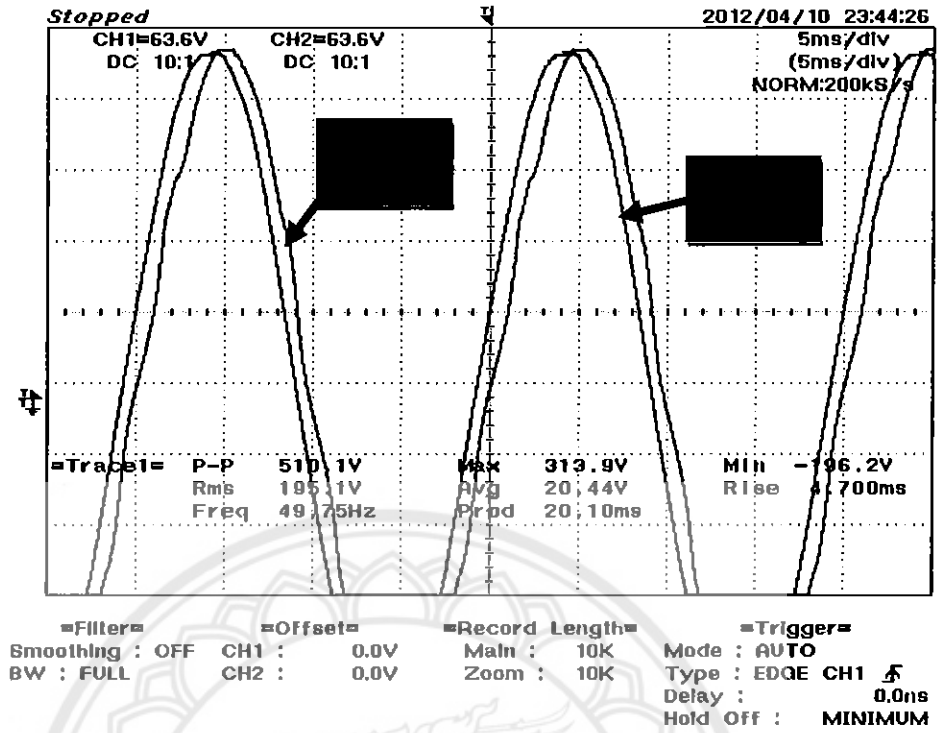


รูปที่ 4.4.1 (ข) แสดงรูปสัญญาณแรงดันขาเข้าเทียบขาออกของบัลลาสต์แกนเหล็กร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T5

4.4.2 รูปสัญญาณแรงดันจากบัลลาสต์ชนิดประหยัดไฟเบอร์5

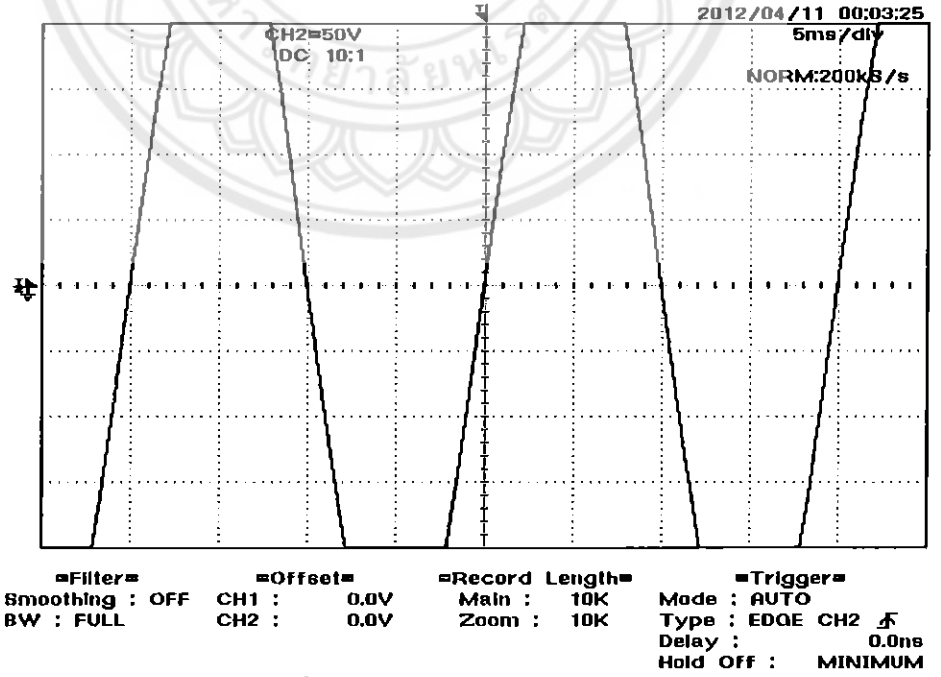


รูปที่ 4.4.2 (ก) แสดงรูปสัญญาณแรงดันขาเข้าเทียบขาออกของบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5 ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T8

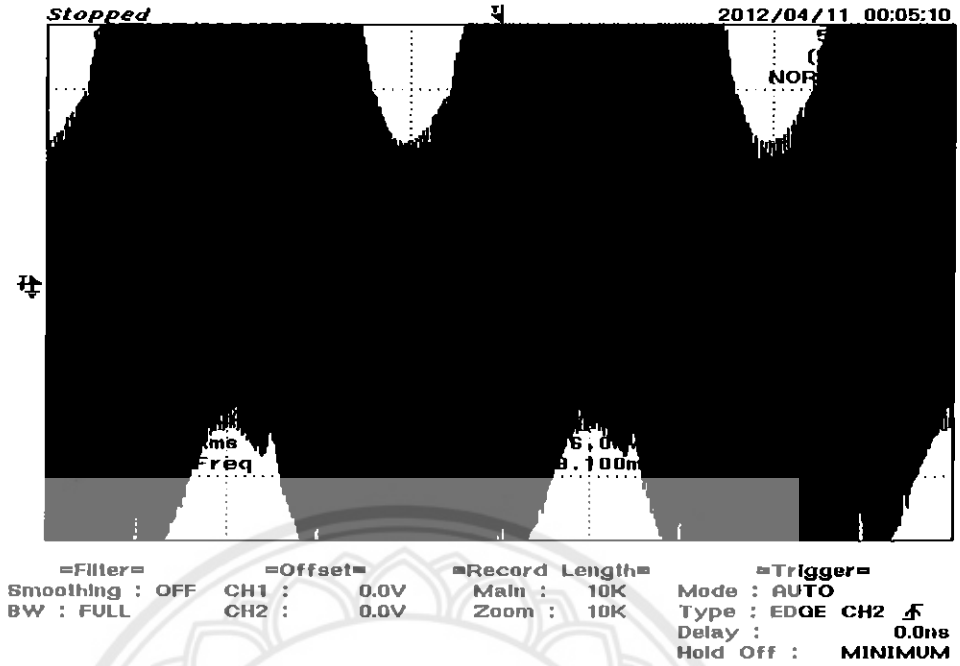


รูปที่ 4.4.2 (ข) แสดงรูปสัญญาณแรงดันขาเข้าเทียบขาออกของบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5 ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T5

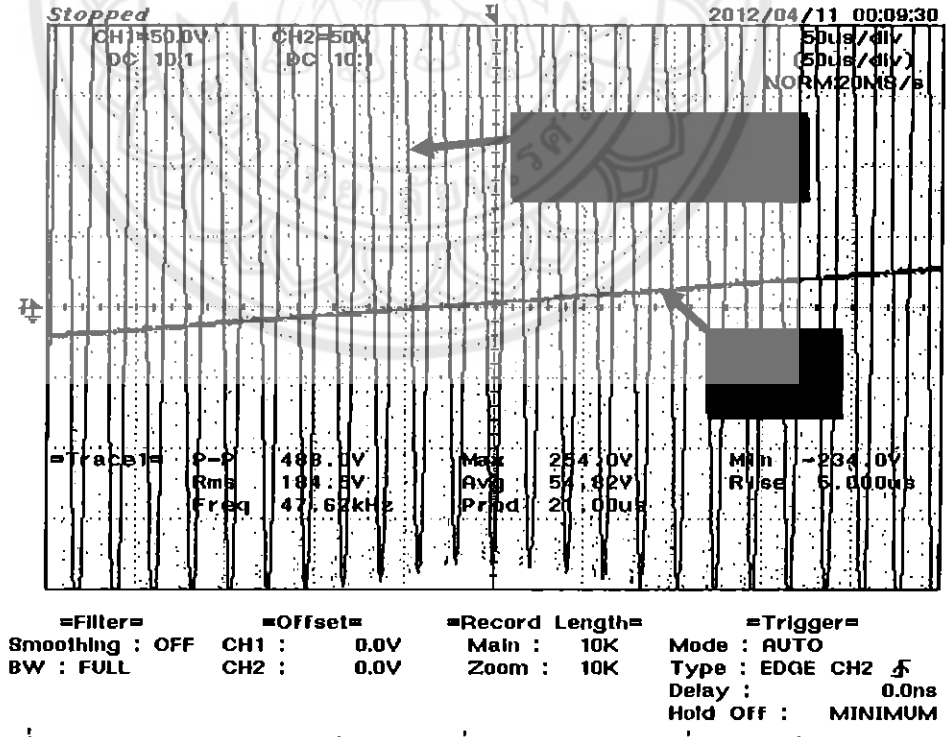
4.4.3 รูปสัญญาณแรงดันจากบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์



รูปที่ 4.4.3 (ก) สัญญาณแรงดันด้านขาเข้า



รูปที่ 4.4.3 (ข) สัญญาณแรงดันด้านขาออก



รูปที่ 4.4.3 (ค) สัญญาณแรงดันด้านขาออกที่มีสัญญาณรบกวนเมื่อขยายแล้วเทียบกับสัญญาณแรงดันด้านขาเข้า

4.5การทดลองวัดค่ากระแสขาออกของบัลลาสต์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา

ตารางที่ 4.5.1แสดงค่ากระแสด้านขาออกของบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดาร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

ชนิดหลอด	เวลา (นาที)									
	ขณะสตาร์ท	0	15	30	45	60	75	90	105	120
T8 (1) Extra	0.768	0.413	0.417	0.420	0.421	0.423	0.416	0.417	0.414	0.412
T8 (2) Extra	0.771	0.420	0.419	0.420	0.413	0.415	0.417	0.415	0.423	0.421
ค่าเฉลี่ย	0.769	0.416	0.418	0.420	0.417	0.419	0.4165	0.416	0.418	0.416
T8 (1) Super	0.747	0.418	0.414	0.416	0.418	0.420	0.417	0.416	0.419	0.417
T8 (2) Super	0.768	0.416	0.416	0.422	0.422	0.420	0.419	0.418	0.417	0.418
ค่าเฉลี่ย	0.757	0.417	0.415	0.419	0.420	0.420	0.418	0.417	0.418	0.417
T12 (1)	0.731	0.439	0.438	0.431	0.432	0.438	0.433	0.433	0.435	0.434
T12 (2)	0.743	0.438	0.430	0.432	0.432	0.438	0.435	0.430	0.431	0.432
ค่าเฉลี่ย	0.737	0.438	0.434	0.431	0.432	0.438	0.434	0.431	0.433	0.433
T5 (1)	0.168	0.165	0.167	0.163	0.168	0.167	0.168	0.166	0.165	0.166
T5 (2)	0.170	0.165	0.167	0.165	0.168	0.170	0.165	0.167	0.166	0.165
ค่าเฉลี่ย	0.169	0.165	0.167	0.164	0.168	0.168	0.166	0.166	0.165	0.165

จากตารางที่ 4.5.1 พบว่าในขณะเริ่มสตาร์ทหลอดขนาด T8 และ T12 นั้นจะมีค่าการใช้กระแสที่สูงมาสืบเนื่องมาจากการจุดติดของสตาร์ทเตอร์นั้นจำต้องใช้กระแสที่สูงเพื่อให้สตาร์ทเตอร์ทำงานส่วนในหลอดขนาด T5 จะมีการใช้กระแสที่คงที่อันเนื่องมาจากภายในตัวขาหลอดนั้นเป็นวงจรอิเลคทรอนิกส์

2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ร่วมกับบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5

ตารางที่ 4.5.2แสดงค่ากระแสด้านขาออกของบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์5ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

ชนิดหลอด	เวลา (นาที)									
	ขณะสตาร์ท	0	15	30	45	60	75	90	105	120
T8 (1) Extra	0.630	0.393	0.397	0.392	0.393	0.392	0.394	0.395	0.394	0.392
T8 (2) Extra	0.638	0.398	0.393	0.391	0.392	0.393	0.392	0.394	0.395	0.394
ค่าเฉลี่ย	0.634	0.395	0.395	0.391	0.392	0.392	0.393	0.394	0.394	0.393
T8 (1) Super	0.635	0.399	0.396	0.396	0.395	0.394	0.395	0.396	0.393	0.392
T8 (2) Super	0.656	0.396	0.392	0.394	0.392	0.393	0.396	0.389	0.396	0.395
ค่าเฉลี่ย	0.645	0.397	0.394	0.390	0.393	0.393	0.390	0.392	0.394	0.393
T12 (1)	0.638	0.430	0.425	0.428	0.431	0.434	0.425	0.429	0.430	0.432
T12 (2)	0.640	0.433	0.427	0.433	0.431	0.433	0.426	0.430	0.433	0.434
ค่าเฉลี่ย	0.639	0.431	0.426	0.430	0.431	0.433	0.425	0.429	0.431	0.433
T5 (1)	0.152	0.154	0.156	0.148	0.147	0.148	0.152	0.151	0.153	0.151
T5 (2)	0.150	0.155	0.148	0.148	0.149	0.147	0.148	0.151	0.154	0.152
ค่าเฉลี่ย	0.151	0.153	0.152	0.148	0.148	0.147	0.150	0.151	0.153	0.151

จากตารางที่ 4.5.2 พบว่าในขณะเริ่มสตาร์ทหลอดขนาด T8 และ T12 นั้นจะมีค่าการใช้กระแสที่สูงมาสืบเนื่องมาจากการจุดติดของสตาร์ทเตอร์นั้นจำต้องใช้กระแสที่สูงเพื่อให้สตาร์ทเตอร์ทำงานส่วนในหลอดขนาด T5 จะมีการใช้กระแสที่คงที่อันเนื่องมาจากภายในตัวขาหลอดนั้นเป็นวงจรอิเลคทรอนิกส์

3. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ร่วมกับบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์

ตารางที่ 4.5.3แสดงค่ากระแสด้านขาออกของบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

ชนิดหลอด	เวลา (นาที)									
	ขณะสตาร์ท	0	15	30	45	60	75	90	105	120
T8(1)Extra	0.174	0.172	0.168	0.172	0.171	0.173	0.173	0.172	0.174	0.172
T8(2)Extra	0.172	0.172	0.172	0.172	0.171	0.171	0.172	0.172	0.171	0.171
ค่าเฉลี่ย	0.173	0.172	0.170	0.172	0.171	0.172	0.1725	0.172	0.172	0.171
T8(1)Super	0.170	0.168	0.173	0.167	0.172	0.173	0.174	0.175	0.173	0.172
T8(2) Super	0.172	0.171	0.172	0.168	0.170	0.169	0.175	0.174	0.172	0.172
ค่าเฉลี่ย	0.171	0.169	0.172	0.167	0.171	0.171	0.174	0.174	0.172	0.172
T12 (1)	0.193	0.191	0.193	0.189	0.189	0.191	0.191	0.192	0.193	0.193
T12 (2)	0.195	0.187	0.191	0.187	0.190	0.191	0.192	0.193	0.191	0.192
ค่าเฉลี่ย	0.194	0.189	0.192	0.188	0.189	0.191	0.191	0.192	0.192	0.192
T5 (1)	0.135	0.132	0.132	0.132	0.134	0.133	0.132	0.131	0.133	0.133
T5 (2)	0.134	0.130	0.133	0.131	0.133	0.131	0.133	0.132	0.132	0.133
ค่าเฉลี่ย	0.134	0.131	0.132	0.131	0.133	0.132	0.132	0.131	0.132	0.133

จากตารางที่ 4.5.3 พบว่ากระแสที่ใช้ในหลอดทุกขนาดนั้นมีความคงที่เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้กระแสมากเพื่อจุดติดสตาร์ทเตอร์

4.6 การทดลองวัดค่ากระแสขาเข้าของบัลลาสต์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

จากการทดลองวัดค่าพบว่ากระแสด้านขาเข้าและขาออกมีค่าเท่ากัน ค่ากระแสด้านขาเข้าจึงเหมือนกับค่าในตารางกระแสขาออก

4.7การทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์

1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา

ตารางที่ 4.7.1แสดงค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็ก

ชนิดหลอด	เวลา (นาที)									
	ขณะสตาร์ท	0	15	30	45	60	75	90	105	120
T8(1)Extra	90.09	48.45	48.00	49.23	47.45	47.67	48.80	48.00	48.56	47.38
T8(2)Extra	90.44	48.30	49.15	49.27	46.55	47.23	48.91	48.68	48.65	49.38
ค่าเฉลี่ย	90.20	48.38	48.55	49.27	47.00	47.70	48.86	48.32	48.61	48.38
T8(1)Super	87.62	49.03	47.61	47.84	49.03	47.33	48.00	48.80	48.19	48.91
T8(2)Super	86.55	47.84	48.80	49.50	48.53	49.27	48.19	49.03	48.00	47.11
ค่าเฉลี่ย	86.19	48.44	48.20	48.67	48.78	48.30	48.07	48.91	48.07	48.01
T12 (1)	85.75	50.49	51.38	49.57	50.67	50.37	50.79	48.80	50.03	50.91
T12 (2)	87.15	51.38	50.44	49.68	48.67	51.38	50.03	50.44	49.57	50.67
ค่าเฉลี่ย	85.60	50.93	50.91	49.62	49.68	51.38	50.53	49.62	49.80	50.79
T5 (1)	36.32	35.29	35.34	35.24	36.71	36.49	36.32	35.51	36.05	35.51
T5 (2)	37.15	36.05	36.49	35.67	36.71	36.36	34.91	36.49	36.27	36.05
ค่าเฉลี่ย	36.54	35.67	35.91	35.46	36.71	36.32	35.51	35.89	36.27	36.05

จากตารางที่ 4.7.1 พบว่าในขณะที่เริ่มสตาร์ทค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในหลอดขนาด T8 และ T12 จะมีค่าสูงมากเนื่องจากขณะสตาร์ทจะต้องใช้กระแสและแรงดันมากเพื่อจุดติดหลอดและสตาร์ทเตอร์ ส่วนหลอดขนาด T5 จะมีวงจรอิเลคทรอนิกส์ในตัวขาหลอดทำให้ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์

2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ร่วมกับบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5

ตารางที่ 4.7.2แสดงค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์5

ชนิดหลอด	เวลา (นาที)									
	ขณะสตาร์ท	0	15	30	45	60	75	90	105	120
T8(1)Extra	68.10	41.58	42.92	42.38	41.58	40.57	42.59	41.79	43.50	42.38
T8(2)Extra	70.44	43.02	42.48	43.17	42.38	43.40	41.47	42.59	42.70	41.69
ค่าเฉลี่ย	69.27	42.30	42.70	42.77	42.00	42.08	41.76	42.19	43.10	42.03
T8(1)Super	68.64	42.21	42.81	43.72	42.70	41.69	42.70	41.90	43.39	42.38
T8(2)Super	69.41	43.72	42.38	41.69	42.38	42.48	43.72	42.05	42.81	43.61
ค่าเฉลี่ย	68.98	42.97	42.59	42.16	42.54	42.08	42.66	41.98	43.10	42.99
T12 (1)	67.50	45.49	45.94	46.27	47.58	46.92	46.92	45.39	46.48	46.70
T12 (2)	69.18	45.81	46.16	47.80	46.60	45.81	45.07	46.48	46.81	45.92
ค่าเฉลี่ย	68.34	45.65	46.05	47.03	47.09	46.36	46.00	45.94	46.65	46.31
T5 (1)	30.77	30.46	31.22	30.00	29.42	30.00	30.42	29.87	30.62	30.56
T5 (2)	30.02	29.62	30.00	29.82	30.16	29.42	29.62	30.46	30.82	30.42
ค่าเฉลี่ย	30.40	30.04	30.61	29.91	29.79	29.71	30.02	30.17	30.72	30.49

จากตารางที่ 4.7.2 พบว่าในขณะที่เริ่มสตาร์ทค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในหลอดขนาด T8 และ T12 จะมีค่าสูงมากเนื่องจากขณะสตาร์ทจะต้องใช้กระแสและแรงดันมากเพื่อจุดติดหลอดและสตาร์ทเตอร์ ส่วนหลอดขนาด T5 จะมีวงจรอิเลคทรอนิกส์ในตัวขาหลอดทำให้ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์

3. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ร่วมกับบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์

ตารางที่ 4.7.3แสดงค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ชนิดหลอด	เวลา (นาที)									
	ขณะสตาร์ท	0	15	30	45	60	75	90	105	120
T8(1)Extra	38.42	37.19	36.71	37.58	36.97	37.40	37.80	37.19	38.02	37.58
T8(2)Extra	37.58	37.58	37.19	37.58	37.36	37.76	37.58	37.58	37.36	37.36
ค่าเฉลี่ย	38.00	37.38	36.95	37.58	37.17	37.58	37.69	37.38	37.49	37.47
T8(1)Super	37.15	36.71	37.40	36.87	37.58	37.40	37.62	38.24	38.20	37.58
T8(2)Super	37.98	37.36	37.98	36.71	37.15	37.32	38.64	37.62	37.19	37.58
ค่าเฉลี่ย	37.56	37.04	37.69	36.79	37.36	37.36	38.13	37.93	37.69	37.58
T12 (1)	42.61	41.73	42.17	40.86	41.30	41.73	42.17	41.51	42.17	42.17
T12 (2)	43.06	40.43	41.73	41.29	41.52	41.73	41.51	42.17	41.29	41.95
ค่าเฉลี่ย	42.84	41.08	41.95	41.08	41.14	41.73	41.84	41.84	41.73	42.06
T5 (1)	29.50	28.54	28.84	29.15	28.97	29.06	28.54	28.93	28.76	29.06
T5 (2)	28.97	28.41	29.06	28.32	29.06	28.93	29.37	28.84	28.84	29.06
ค่าเฉลี่ย	29.23	28.47	28.95	28.73	29.02	28.99	28.95	28.88	28.80	29.06

จากตารางที่ 4.7.3 พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในหลอดทุกขนาดนั้นมีความคงที่และน้อยกว่าแบบแกนเหล็ก เนื่องจากภายในตัวบัลลาสต์นั้นเป็นวงจรอิเลคทรอนิกส์ไม่จำเป็นต้องใช้กระแสและแรงดันมากเพื่อจุดสตาร์ทเตอร์อีกทั้งความร้อนที่ปล่อยออกมามีน้อยมากจึงทำให้ตัวบัลลาสต์เองมีค่าสูญเสียในตัวน้อยมากตามไปด้วย

4.8การคำนวณหาค่าตัวประกอบกำลังของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์

1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา

ตารางที่ 4.8.1แสดงค่าตัวประกอบกำลังของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็ก

ชนิดหลอด	เวลา (นาที)									
	ขณะสตาร์ท	0	15	30	45	60	75	90	105	120
T8(1)Extra	0.51	0.51	0.50	0.51	0.49	0.49	0.51	0.50	0.51	0.50
T8(2)Extra	0.51	0.50	0.51	0.51	0.49	0.50	0.51	0.51	0.50	0.51
ค่าเฉลี่ย	0.51	0.505	0.505	0.510	0.490	0.495	0.510	0.505	0.505	0.505
T8(1)Super	0.50	0.51	0.50	0.50	0.51	0.49	0.50	0.51	0.50	0.51
T8(2)Super	0.49	0.50	0.51	0.51	0.50	0.51	0.50	0.51	0.50	0.49
ค่าเฉลี่ย	0.495	0.505	0.505	0.505	0.505	0.500	0.500	0.510	0.500	0.500
T12 (1)	0.51	0.50	0.51	0.50	0.51	0.50	0.51	0.49	0.50	0.51
T12 (2)	0.50	0.51	0.51	0.50	0.49	0.51	0.50	0.51	0.50	0.51
ค่าเฉลี่ย	0.505	0.505	0.510	0.500	0.500	0.505	0.505	0.500	0.500	0.510
T5 (1)	0.94	0.93	0.92	0.94	0.95	0.95	0.94	0.93	0.95	0.93
T5 (2)	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.93	0.92	0.95	0.95	0.95
ค่าเฉลี่ย	0.940	0.940	0.935	0.940	0.950	0.940	0.930	0.940	0.950	0.940

จากตารางที่ 4.8.1พบว่าค่าตัวประกอบกำลังจะอยู่ที่ 0.49-0.51 โดยประมาณอันเนื่องมาจากภายในตัวบัลลาสต์นั้นมีลักษณะคล้ายกับหม้อแปลงซึ่งลักษณะดังกล่าวมีความเป็นตัวเหนี่ยวนำมากทำให้มีมุมเฟสที่ล้าหลังแรงดันขาเข้า ยิ่งค่าตัวประกอบมีค่าน้อยกว่า1 จะส่งผลให้ระบบเกิดความไม่เสถียร ส่วนตัวหลอด T5 มีวงจรอิเลคทรอนิกส์ภายในทำให้ค่า PF อยู่ที่ 0.92-0.95 ตัวบัลลาสต์นั้นทำเสมือนเป็นแหล่งจ่ายและปรับแรงดันเท่านั้นไม่มีผลเกิดขึ้น

2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ร่วมกับบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5

ตารางที่ 4.8.2แสดงค่าตัวประกอบกำลังของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์5

ชนิดหลอด	เวลา (นาที)									
	ขณะสตาร์ท	0	15	30	45	60	75	90	105	120
T8(1)Extra	0.47	0.46	0.47	0.47	0.46	0.45	0.47	0.46	0.48	0.47
T8(2)Extra	0.48	0.47	0.47	0.48	0.47	0.48	0.46	0.47	0.47	0.46
ค่าเฉลี่ย	0.475	0.465	0.470	0.475	0.465	0.465	0.465	0.465	0.475	0.465
T8(1)Super	0.47	0.46	0.47	0.48	0.47	0.46	0.47	0.46	0.48	0.47
T8(2)Super	0.46	0.48	0.47	0.46	0.47	0.47	0.48	0.47	0.47	0.48
ค่าเฉลี่ย	0.465	0.470	0.470	0.470	0.470	0.465	0.475	0.465	0.475	0.475
T12 (1)	0.46	0.46	0.47	0.47	0.48	0.47	0.48	0.46	0.47	0.47
T12 (2)	0.47	0.46	0.47	0.48	0.47	0.46	0.46	0.47	0.47	0.46
ค่าเฉลี่ย	0.465	0.460	0.470	0.475	0.475	0.465	0.470	0.465	0.470	0.465
T5 (1)	0.88	0.86	0.87	0.88	0.87	0.88	0.87	0.86	0.87	0.88
T5 (2)	0.87	0.87	0.88	0.87	0.88	0.87	0.87	0.86	0.87	0.87
ค่าเฉลี่ย	0.875	0.865	0.875	0.875	0.875	0.875	0.870	0.860	0.870	0.875

จากตารางที่ 4.8.2 พบว่าค่าตัวประกอบกำลังจะอยู่ที่ 0.46-0.48 โดยประมาณอันเนื่องมาจากภายในตัวบัลลาสต์นั้นมีลักษณะคล้ายกับหม้อแปลงซึ่งลักษณะดังกล่าวมีความเป็นตัวเหนี่ยวนำมากทำให้มีมุมเฟสที่ล้าหลังแรงดันขาเข้า ยิ่งค่าตัวประกอบมีค่าน้อยกว่า1 จะส่งผลให้ระบบเกิดความไม่เสถียร ส่วนตัวหลอด T5 มีวงจรอิเลคทรอนิกส์ภายในทำให้ค่า PF อยู่ที่ 0.86-0.88 ตัวบัลลาสต์นั้นทำเสมือนเป็นแหล่งจ่ายและปรับแรงดันเท่านั้นไม่มีผลเกิดขึ้น

3. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ร่วมกับบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์

ตารางที่ 4.8.3แสดงค่าตัวประกอบกำลังของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ชนิดหลอด	เวลา (นาที)									
	ขณะสตาร์ท	0	15	30	45	60	75	90	105	120
T8(1)Extra	0.96	0.94	0.95	0.95	0.94	0.94	0.95	0.94	0.95	0.95
T8(2)Extra	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.96	0.95	0.95	0.94	0.95
ค่าเฉลี่ย	0.955	0.945	0.945	0.950	0.945	0.950	0.950	0.945	0.945	0.950
T8(1)Super	0.95	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94	0.94	0.95	0.96	0.95
T8(2)Super	0.96	0.95	0.96	0.95	0.95	0.96	0.96	0.94	0.94	0.95
ค่าเฉลี่ย	0.955	0.950	0.950	0.955	0.950	0.950	0.950	0.945	0.950	0.950
T12 (1)	0.96	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.96	0.94	0.95	0.95
T12 (2)	0.96	0.94	0.95	0.96	0.95	0.95	0.94	0.95	0.94	0.95
ค่าเฉลี่ย	0.960	0.945	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.945	0.945	0.950
T5 (1)	0.95	0.94	0.95	0.96	0.94	0.95	0.94	0.96	0.94	0.95
T5 (2)	0.94	0.95	0.95	0.94	0.95	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95
ค่าเฉลี่ย	0.945	0.945	0.950	0.950	0.945	0.955	0.950	0.955	0.945	0.950

จากตารางที่ 4.8.3 พบว่าค่าตัวประกอบจะอยู่ที่ 0.94-0.96 โดยประมาณนั้นคือค่าตัวประกอบมีค่าใกล้เคียงกับ 1 มากทำให้ระบบไฟฟ้ามีความเสถียรและปัญหาสายส่งมีความร้อนนั้นมีน้อยมาก เป็นเพราะภายในตัวบัลลาสต์มีลักษณะเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไม่มีอุปกรณ์ที่เป็นลักษณะของตัวเหนี่ยวนำมากทำให้มีมุมเฟสที่ใกล้เคียงกับมุมเฟสแรงดันขาเข้า

4.9การวัดการกระจายของแสง

ผลการทดลองที่ 4.9ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ในระยะพื้นที่ 4 ตารางเมตรและดวงโคมสูงเป็นระยะ 2 เมตร โดยการวัดแบ่งเป็นมุมγ (มุมในแนวดิ่งจากดวงโคม) และมุม C (มุมในแนวระนาบกับดวงโคม) มุมต่างๆอธิบายดังใน บทที่ 2 หัวข้อที่ 2.11

*หมายเหตุ ใช้ดวงโคมประเภทแบบให้แสงกึ่งโดยตรง(Semi – Direct)ปริมาณแสงที่ส่องลง60-90% ดังรูปที่ 3.12 หน้า 42 *

1.หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T8 Extra ร่วมกับบัลลาสต์

ตารางที่ 4.9.1ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T8 Extra ร่วมกับบัลลาสต์

มุมγ (องศา)	มุมC (องศา)	บัลลาสต์แกนเหล็ก		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์		ค่าเฉลี่ย
		ตัวที่1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2	
0	0	233	236	234.5	226	231	228.5	232	232	232.0
5	90	235	237	236.0	222	226	224.0	226	224	225.0
5	75	234	235	234.5	224	223	223.5	225	225	225.0
5	60	236	233	234.5	223	224	223.5	226	226	226.0
5	45	234	236	235.0	224	225	224.5	228	227	227.5
5	30	235	235	235.0	224	224	224.0	230	228	229.0
5	15	234	236	235.0	225	225	225.0	231	229	230.0
5	0	236	236	236.0	225	226	225.5	232	230	231.0
10	90	213	224	218.5	209	212	210.5	213	213	213.0
10	75	214	225	219.5	213	213	213.0	215	216	215.5
10	60	217	226	221.5	216	213	214.5	217	218	217.5
10	45	217	226	221.5	216	215	215.5	220	221	220.5
10	30	222	230	226.0	218	217	217.5	223	223	223.0
10	15	225	230	227.5	218	218	218	226	224	225.0
10	0	229	230	229.5	219	218	218.5	227	225	226.0
15	90	200	203	201.5	189	193	191.0	195	196	195.5
15	75	201	203	202.0	192	197	194.5	197	197	197.0
15	60	202	203	202.5	197	198	197.5	201	199	200.0
15	45	206	209	207.5	202	203	202.5	204	202	203.0

ตารางที่ 4.9.1ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T8 Extra ร่วมกับบัลลาสต์(ต่อ)

มุมγ (องศา)	มุมC (องศา)	บัลลาสต์แกนเหล็ก		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์		ค่าเฉลี่ย
		ตัวที่1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2	
15	30	208	210	209.0	204	204	204.0	207	205	206.0
15	15	208	210	209.0	206	205	205.5	209	208	228.5
15	0	210	214	212.0	207	206	206.5	210	209	209.5
20	90	177	182	179.5	171	173	172.0	174	172	173.0
20	75	181	186	183.5	173	177	175.0	176	174	175.0
20	60	186	190	188.0	179	180	179.5	179	178	178.5
20	45	188	190	189.0	182	182	182.0	183	181	182.0
20	30	185	184	184.5	179	178	178.5	178	178	178.0
20	15	180	183	181.5	177	175	176.0	177	175	176.0
20	0	177	183	180.0	173	172	172.5	175	173	174.0
25	90	156	155	155.5	142	144	143.0	149	145	147.0
25	75	158	157	157.5	147	147	147.0	151	147	149.0
25	60	157	160	158.5	156	155	155.5	159	156	157.5
25	45	154	153	153.5	152	151	151.5	153	152	152.5
25	30	145	150	147.5	142	140	141.0	143	141	142.0
25	15	135	139	137.0	135	137	136.0	137	137	137.0
25	0	133	140	136.5	138	133	135.5	135	134	134.5
30	60	148	143	145.5	136	132	134.0	146	137	141.5
30	45	133	133	133.0	125	128	126.5	132	128	130.0
30	30	116	118	117.0	113	114	113.5	111	114	112.5
35	45	105	90	97.5	84	81	82.5	88	86	87.0

2.หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T8 Super ร่วมกับบัลลาสต์

ตารางที่ 4.9.2ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T8 Super ร่วมกับบัลลาสต์

มุมγ (องศา)	มุมC (องศา)	บัลลาสต์แกนเหล็ก		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์		ค่าเฉลี่ย
		ตัวที่1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2	
0	0	295	290	292.5	289	288	288.5	295	298	296.5
5	90	288	286	287.0	285	286	285.5	290	290	290.0
5	75	289	286	287.5	286	286	286.0	290	291	290.5
5	60	289	286	287.5	287	288	287.5	291	291	291.0
5	45	291	287	289.0	288	288	288.0	292	293	292.5
5	30	291	289	290.0	288	289	288.5	292	294	293.0
5	15	292	292	292.0	289	289	289.0	293	295	294.0
5	0	293	294	293.5	290	290	290.0	294	296	295.0
10	90	270	273	271.5	265	268	266.5	273	276	274.5
10	75	274	275	274.5	267	269	268.0	275	277	276.0
10	60	278	274	276.0	268	270	269.0	278	279	278.5
10	45	279	277	278.0	273	275	274.0	281	280	280.5
10	30	282	281	281.5	276	278	277.0	283	283	283.0
10	15	285	282	283.5	278	279	278.5	285	284	284.5
10	0	288	283	285.5	282	283	282.5	286	285	285.5
15	90	249	248	248.5	246	243	245.5	248	250	249.0
15	75	252	251	251.5	247	248	247.5	250	251	250.5
15	60	255	255	255.0	249	251	250.0	254	253	253.5
15	45	261	261	261.0	253	255	254.0	258	254	256.0
15	30	262	262	262.0	255	257	256.0	261	257	259.0
15	15	266	264	265.0	258	260	259.0	264	260	262.0
15	0	266	264	265.0	260	262	261.0	266	262	264.0
20	90	218	220	219.0	221	218	219.5	220	223	221.5
20	75	223	222	222.5	223	220	221.5	224	225	224.5
20	60	229	226	227.5	226	224	225.0	230	227	228.5

ตารางที่ 4.9.2ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T8 Super ร่วมกับบัลลาสต์ (ต่อ)

มุมγ (องศา)	มุมC (องศา)	บัลลาสต์แกนเหล็ก		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์		ค่าเฉลี่ย
		ตัวที่ 1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2	
20	45	231	236	233.5	229	227	228.0	234	232	233.0
20	30	230	230	230.0	228	226	227.0	231	229	230.0
20	15	223	224	223.5	225	225	225	230	225	227.5
20	0	219	219	219.0	223	222	222.5	228	220	224.0
25	90	173	179	176.0	188	181	184.5	184	183	183.5
25	75	173	175	174.0	190	183	186.5	186	187	186.5
25	60	184	185	184.5	192	189	190.5	193	194	193.5
25	45	183	184	183.5	189	184	186.5	191	190	190.5
25	30	183	182	182.5	185	182	183.5	185	182	183.5
25	15	178	180	179.0	179	176	177.5	183	177	180.0
25	0	178	176	177.0	174	172	173.0	179	170	174.5
30	60	150	145	147.5	182	164	173.0	169	167	168.0
30	45	146	149	147.5	167	150	158.5	160	159	159.5
30	30	139	144	141.5	143	135	139.0	145	145	145.0
35	45	104	104	104.0	116	104	110.0	104	106	105.0

3.หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T12ร่วมกับบัลลาสต์

ตารางที่ 4.9.3ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T12 ร่วมกับบัลลาสต์ๆ

มุมγ (องศา)	มุมC (องศา)	บัลลาสต์แกนเหล็ก		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์		ค่าเฉลี่ย
		ตัวที่1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2	
0	0	195	193	194.0	201	202	201.5	191	196	193.5
5	90	190	192	191.0	196	189	192.5	182	180	181.0
5	75	190	191	190.5	196	188	192.0	183	182	182.5
5	60	189	190	189.5	195	189	192.0	183	185	184.0
5	45	189	189	189.0	195	187	191.0	184	185	184.5
5	30	188	189	188.5	194	187	190.5	185	186	185.5
5	15	188	187	187.5	195	186	190.5	186	187	186.5
5	0	187	183	185.0	195	186	190.5	186	190	188.0
10	90	179	184	181.5	181	183	182.0	176	174	175.0
10	75	180	178	179.0	181	182	181.5	175	174	174.5
10	60	181	176	178.5	180	181	180.5	174	173	173.5
10	45	180	176	178.0	178	177	177.5	174	173	173.5
10	30	179	174	176.5	176	175	175.5	173	172	172.5
10	15	178	173	175.5	175	173	174.0	171	172	171.5
10	0	177	173	175.0	173	172	172.5	171	171	171.0
15	90	170	165	167.5	169	168	168.5	161	163	162.0
15	75	170	163	166.5	167	165	166.0	159	162	160.5
15	60	167	165	166.0	165	160	162.5	157	159	158.0
15	45	164	165	164.5	160	158	159.0	156	157	156.5
15	30	156	163	159.5	158	152	155.0	154	154	154.0
15	15	153	160	156.5	154	150	152.0	154	152	153.0
15	0	153	147	150.0	150	148	149.0	153	150	151.5
20	90	153	152	152.5	151	151	151.0	148	147	147.5
20	75	153	152	152.5	150	149	149.5	146	143	144.5
20	60	151	153	152.0	147	146	146.5	142	140	141.0

ตารางที่ 4.9.3ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T12 ร่วมกับบัลลาสต์(ต่อ)

มุมγ (องศา)	มุมC (องศา)	บัลลาสต์แกนเหล็ก		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์		ค่าเฉลี่ย
		ตัวที่1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2	
20	45	144	150	147.0	143	140	141.5	139	133	136.0
20	30	134	144	139.0	140	137	138.5	134	129	131.5
20	15	131	142	136.5	136	135	135.5	130	129	129.5
20	0	130	137	133.5	133	134	133.5	126	128	127.0
25	90	134	134	134.0	125	125	125.0	129	130	129.5
25	75	134	133	133.5	123	124	123.5	126	128	127.0
25	60	129	130	129.5	120	121	120.5	120	125	122.5
25	45	122	127	124.5	118	117	117.5	117	119	118.0
25	30	114	115	114.5	116	114	115.0	114	112	113.0
25	15	107	112	109.5	113	111	112.0	109	104	106.5
25	0	105	109	107.5	111	109	110.0	106	108	107.0
30	60	112	110	111.0	102	100	101.0	97	98	97.5
30	45	103	106	104.5	99	97	98.0	93	96	94.5
30	30	101	100	100.5	96	93	94.5	89	93	91.0
35	45	81	83	82.0	75	80	77.5	72	76	74.0

4.หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T5 ร่วมกับบัลลาสต์ชนิด

ตารางที่ 4.9.4 ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T5 ร่วมกับบัลลาสต์

มุมγ (องศา)	มุมC (องศา)	บัลลาสต์แกนเหล็ก		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์		ค่าเฉลี่ย
		ตัวที่1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2	
0	0	270	293	281.5	282	282	282.0	259	272	265.5
5	90	275	284	279.5	278	270	274.0	252	260	256.0
5	75	262	273	267.5	274	268	271.0	267	265	266.0
5	60	250	261	255.5	270	265	267.5	273	270	271.5
5	45	239	252	245.5	269	265	267.0	285	283	284.0
5	30	239	245	242.0	267	262	264.5	290	289	289.5
5	15	238	243	240.5	265	258	261.5	297	291	294.0
5	0	238	242	240.0	262	256	259.0	300	293	296.5
10	90	263	266	264.5	260	257	258.5	240	250	245.0
10	75	227	251	239.0	254	250	252.0	263	267	265.0
10	60	218	235	226.5	249	246	247.5	278	281	279.5
10	45	192	208	200.0	220	219	219.5	290	295	292.5
10	30	171	188	179.5	211	200	205.5	310	311	310.5
10	15	165	177	171.0	192	184	188.0	324	320	322.0
10	0	162	169	165.5	183	171	177.0	331	328	329.5
15	90	212	244	218.0	235	231	233.0	220	225	222.5
15	75	202	223	212.5	221	217	219.0	231	233	232.0
15	60	171	187	179.0	187	174	179.0	250	254	252.0
15	45	140	152	146.0	142	140	141.0	268	272	270.0
15	30	131	142	136.5	137	135	136.0	282	280	281.0
15	15	116	123	119.5	126	123	124.5	294	291	292.5
15	0	109	112	110.5	118	117	117.5	305	297	301.0
20	90	182	205	193.5	210	198	204.0	194	202	198.0
20	75	169	191	180.0	196	180	188.0	199	203	201.0
20	60	125	141	133.0	134	127	130.5	210	206	208.0

ตารางที่ 4.9.4 ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T5 ร่วมกับบัลลาสต์(ต่อ)

มุมγ (องศา)	มุมC (องศา)	บัลลาสต์แกนเหล็ก		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5		ค่าเฉลี่ย	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์		ค่าเฉลี่ย
		ตัวที่1	2		ตัวที่1	ตัวที่2		ตัวที่1	ตัวที่2	
20	45	96	106	101.0	101	96	98.5	219	209	214.0
20	30	77	84	80.5	85	82	83.5	225	215	220.0
20	15	65	69	67.0	72	70	71.0	230	220	225.0
20	0	60	63	61.5	67	65	66.0	235	228	231.5
25	90	179	184	181.5	178	169	173.5	166	174	170.0
25	75	126	150	138.0	142	134	138.0	168	169	168.5
25	60	87	101	94.0	110	103	106.5	164	165	164.5
25	45	58	66	62.0	86	90	88.0	164	161	162.5
25	30	50	53	51.5	64	65	64.5	162	158	160.0
25	15	45	46	45.5	56	53	54.5	161	152	156.5
25	0	43	48	45.5	48	47	47.5	159	146	152.5
30	60	62	73	67.5	78	68	73.0	186	194	190.0
30	45	38	47	42.5	62	54	58.0	156	169	162.5
30	30	36	42	39.0	40	38	39.0	134	128	131.0
35	45	23	31	27.0	31	25	28.0	98	101	99.5

จากตารางที่ 4.9.1 พบว่า

-ค่าความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 Extra ใช้ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กมีค่าความสว่างมากที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 5 องศา และแนวระนาบเท่ากับ 0 องศา และมีค่าความสว่างน้อยที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 35 องศา และแนวระนาบเท่ากับ 45 องศา

- ค่าความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 Extra ใช้ร่วมกับบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5 มีค่าความสว่างมากที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 0องศา และแนวระนาบเท่ากับ 0องศาและมีค่าความสว่างน้อยที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ35 องศา และแนวระนาบเท่ากับ 45 องศา

- ค่าความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 Extra ใช้ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าความสว่างมากที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 0องศา และแนวระนาบเท่ากับ 0องศาและมีค่าความสว่างน้อยที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ35 องศา และแนวระนาบเท่ากับ 45 องศา

จากตารางที่ 4.9.2 พบว่า

-ค่าความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 Superใช้ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กมีค่าความสว่างมากที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 5 องศา และแนวระนาบเท่ากับ 0 องศา และมีค่าความสว่างน้อยที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 35 องศา และแนวระนาบเท่ากับ 45 องศา

- ค่าความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 Superใช้ร่วมกับบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5 มีค่าความสว่างมากที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 5องศา และแนวระนาบเท่ากับ 0องศาและมีค่าความสว่างน้อยที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ35 องศา และแนวระนาบเท่ากับ 45 องศา

- ค่าความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 Superใช้ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าความสว่างมากที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 0องศา และแนวระนาบเท่ากับ 0องศาและมีค่าความสว่างน้อยที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ35 องศา และแนวระนาบเท่ากับ 45 องศา

จากตารางที่ 4.9.3 พบว่า

-ค่าความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T12ใช้ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กมีค่าความสว่างมากที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 0องศา และแนวระนาบเท่ากับ 0 องศา และมีค่าความสว่างน้อยที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 35 องศา และแนวระนาบเท่ากับ 45 องศา

- ค่าความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T12ใช้ร่วมกับบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5 มีค่าความสว่างมากที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 0องศา และแนวระนาบเท่ากับ 0องศาและมีค่าความสว่างน้อยที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ35 องศา และแนวระนาบเท่ากับ 45 องศา

- ค่าความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T12ใช้ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าความสว่างมากที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 0องศา และแนวระนาบเท่ากับ 0องศาและมีค่าความสว่างน้อยที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ35 องศา และแนวระนาบเท่ากับ 45 องศา

จากตารางที่ 4.9.4 พบว่า

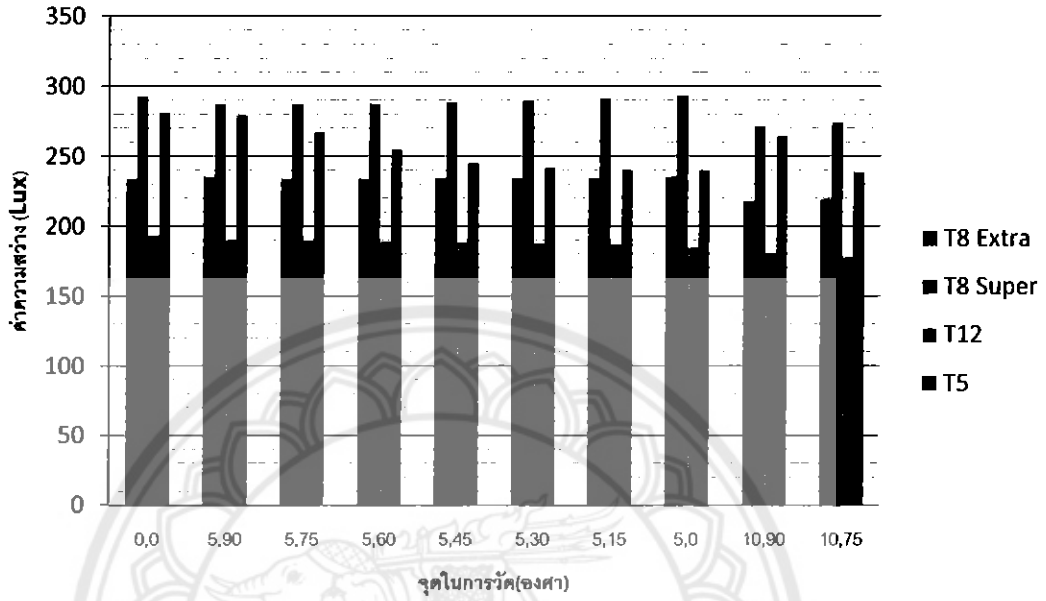
-ค่าความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T12ใช้ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กมีค่าความสว่างมากที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 0องศา และแนวระนาบเท่ากับ 0 องศา และมีค่าความสว่างน้อยที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 35 องศา และแนวระนาบเท่ากับ 45 องศา

- ค่าความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T12ใช้ร่วมกับบัลลาสต์ประหยัดไฟเบอร์ 5 มีค่าความสว่างมากที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 0องศา และแนวระนาบเท่ากับ 0องศาและมีค่าความสว่างน้อยที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ35 องศา และแนวระนาบเท่ากับ 45 องศา

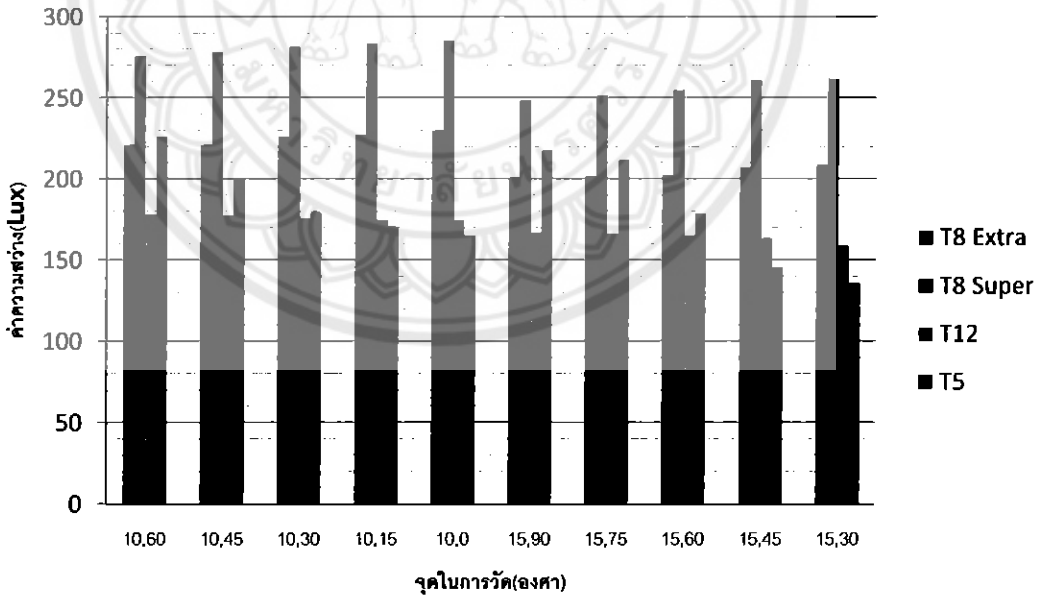
- ค่าความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T12ใช้ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าความสว่างมากที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ 10องศา และแนวระนาบเท่ากับ 0องศาและมีค่าความสว่างน้อยที่สุดที่จุดแนวดิ่งเท่ากับ35 องศา และแนวระนาบเท่ากับ 45 องศา

4.10แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการกระจายความสว่าง ของหลอด 3 ขนาด

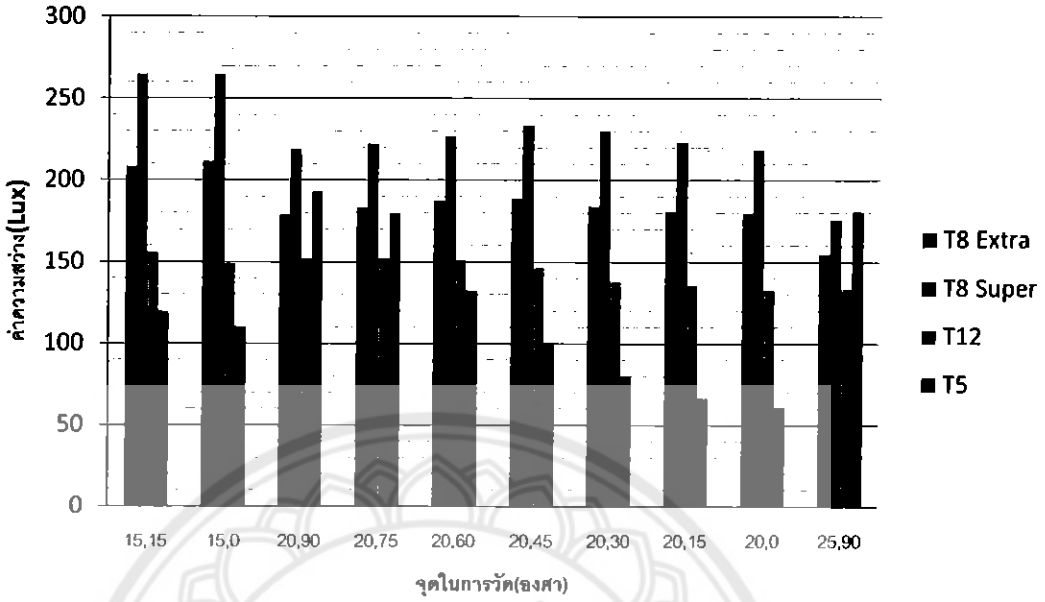
4.10.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสว่างในมุมต่างๆของหลอด 3 ขนาดประกอบกับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก



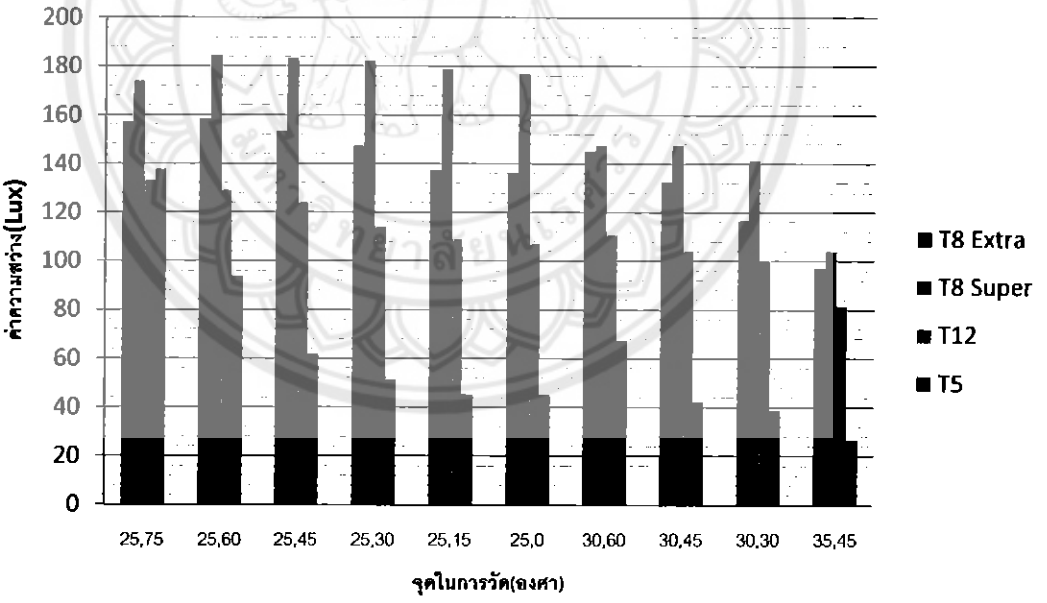
รูปที่ 4.10.1 (ก)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม 0,0 – 10,75 (γ,C)



รูปที่ 4.10.1 (ข)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม 10,60 – 15,30 (γ,C)

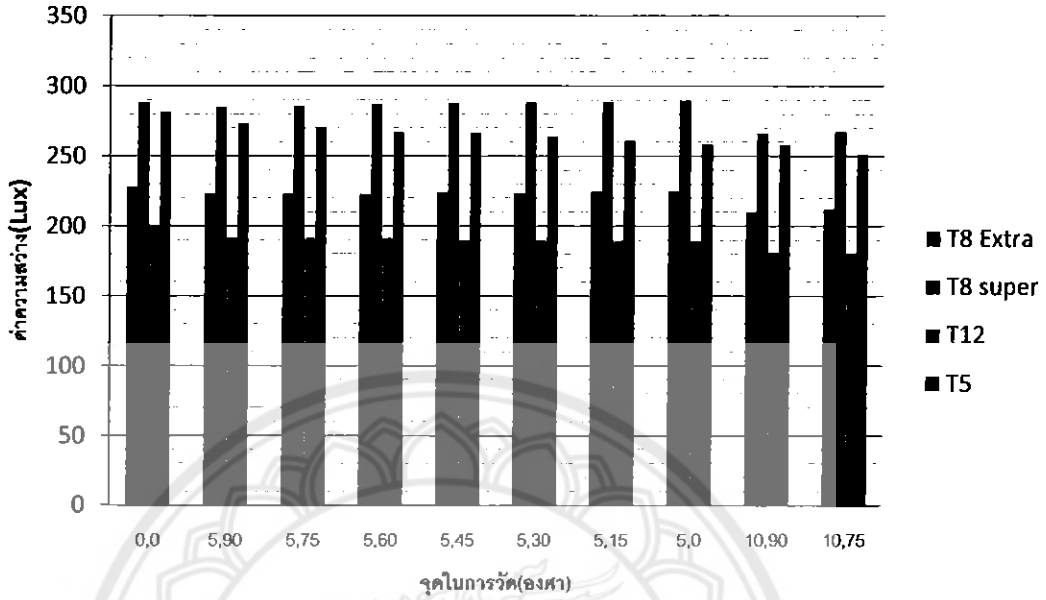


รูปที่ 4.10.1 (ค)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม 15,15 – 25,90 (γ,C)

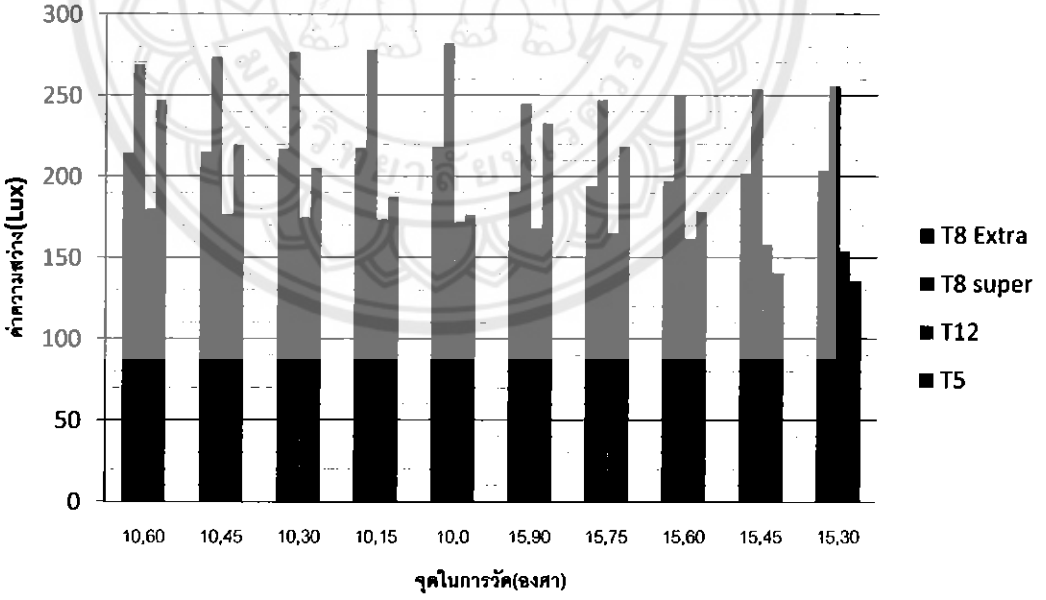


รูปที่ 4.10.1 (ง)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม 25,75 – 35,45 (γ,C)

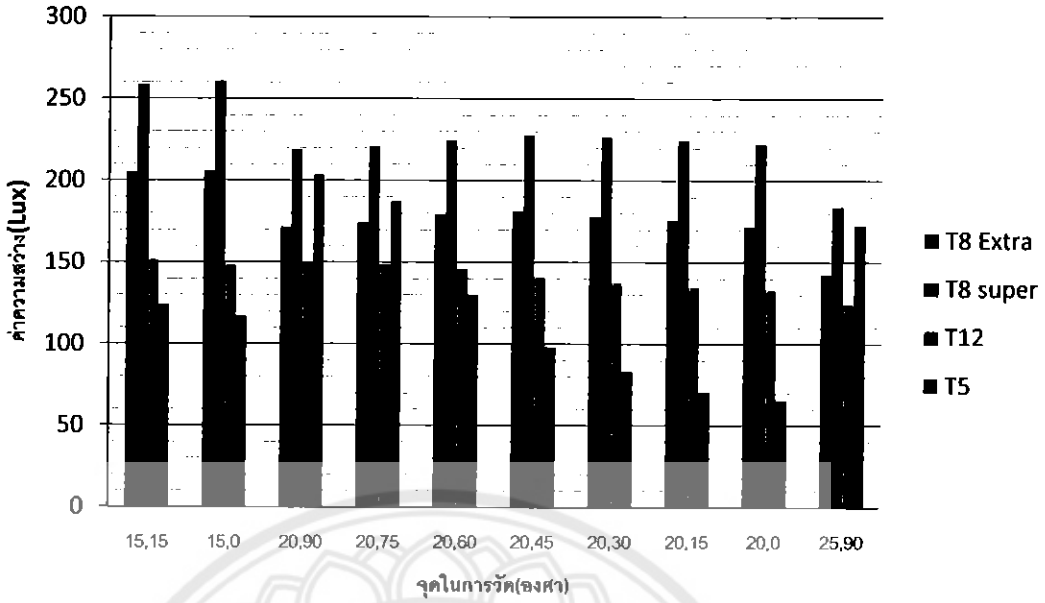
4.10.2แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสว่างในมุมต่างๆของหลอด 3 ขนาดประกอบกับบัลลาสต์ชนิดประหยัดไฟเบอร์ 5



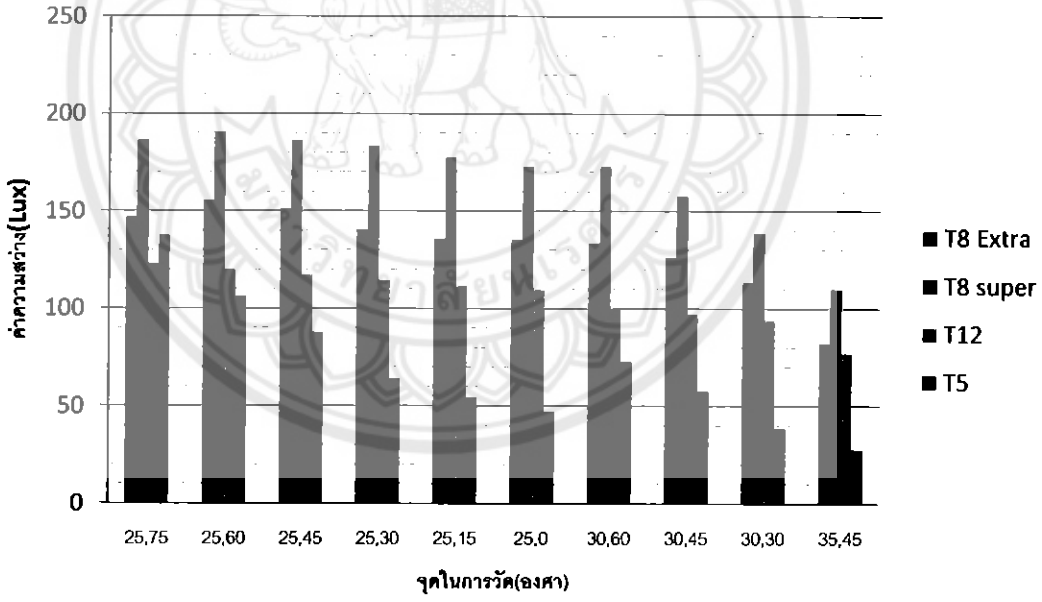
รูปที่ 4.10.2 (ก)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม 0,0 – 10,75 (γ,C)



รูปที่ 4.10.2 (ข)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม 10,60 – 15,30 (γ,C)

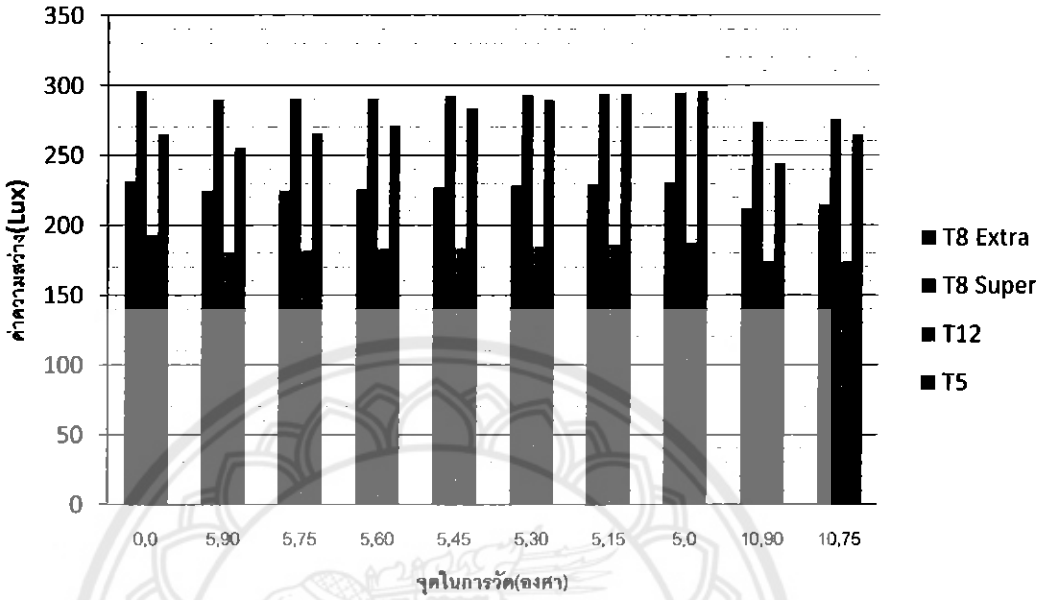


รูปที่ 4.10.2 (ค)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม 15,15 – 25,90 (γ,C)

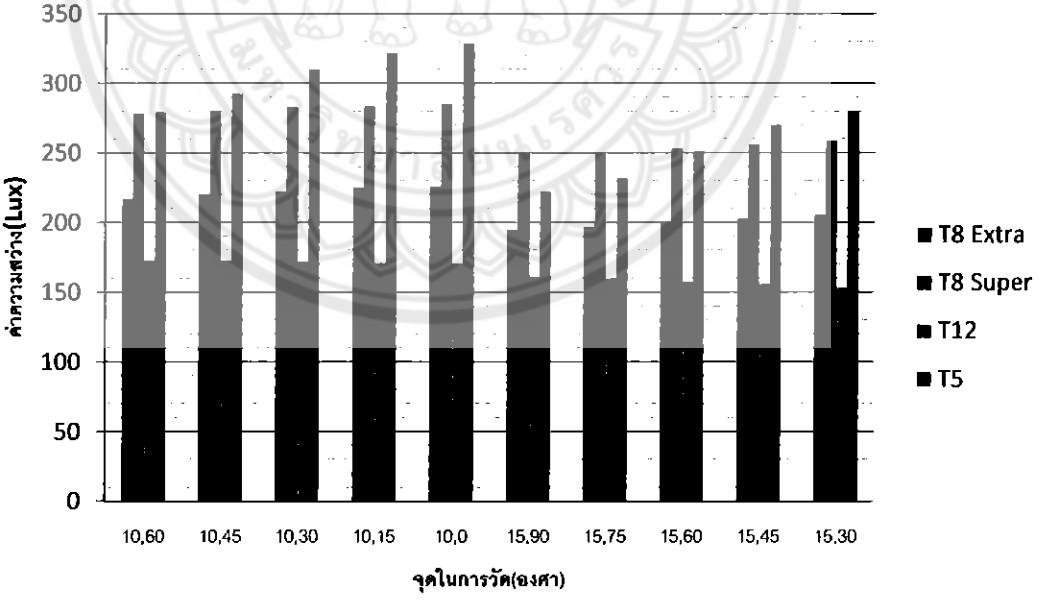


รูปที่ 4.10.2 (ง)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม 25,75 – 35,45 (γ,C)

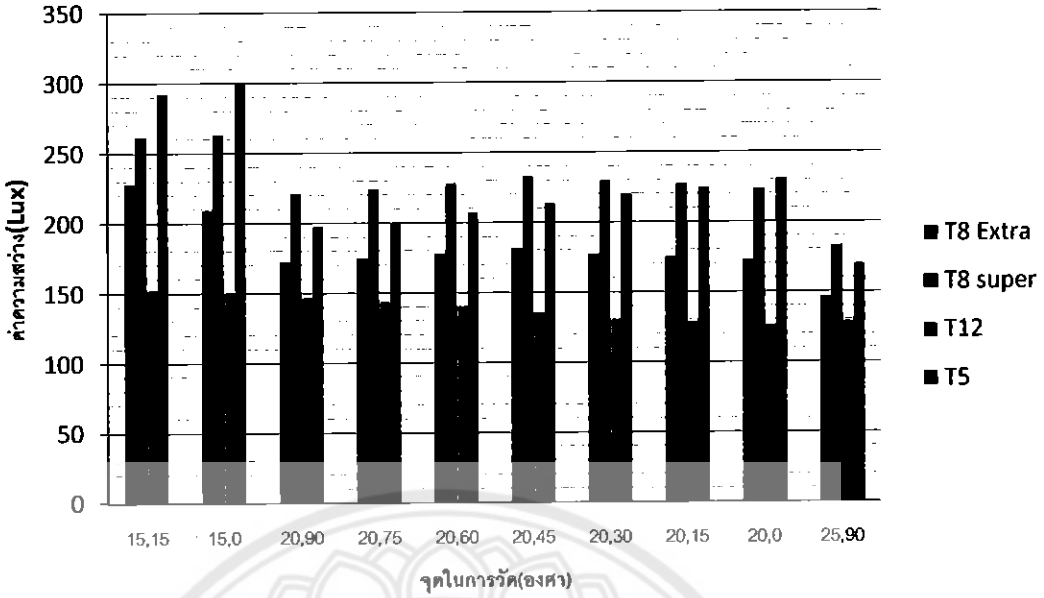
4.10.3แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสว่างในมุมต่างๆของหลอด 3 ขนาดประกอบกับบัลลาสต์อิเล็คทรอนิกส์



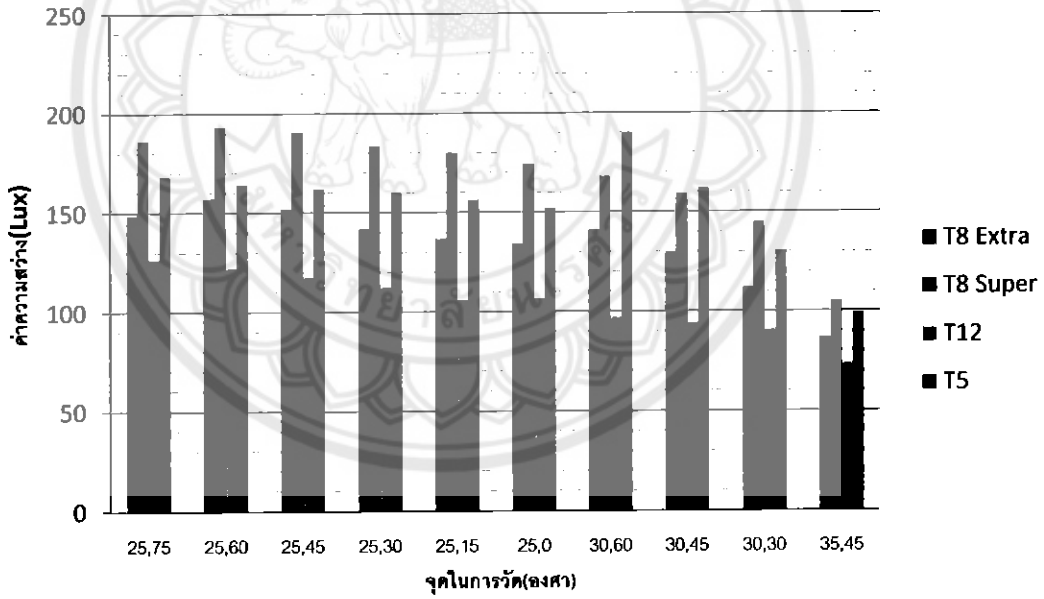
รูปที่ 4.10.1 (ก)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม 0,0 – 10,75 (γ,C)



รูปที่ 4.10.1 (ข)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม 10,60 – 15,30 (γ,C)



รูปที่ 4.10.1 (ค)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม 15,15 – 25,90 (γ,C)



รูปที่ 4.10.1 (ง)แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบตั้งแต่มุม 25,75 – 35,45 (γ,C)

จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบการกระจายของแสงจะพบว่าหลอดขนาด T8 Super ประกอบกับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กทั้งแบบธรรมดาและประหยัดไฟเบอร์ 5 จะมีการกระจายของแสงที่เป็นวงกว้างและมากกว่าหลอดขนาดอื่นๆ ส่วนในบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์แล้วพบว่าหลอดขนาด T5 จะมีการกระจายของแสงที่กว้างและเข้มกว่า

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

เปรียบเทียบผลที่ได้ตามตาราง

บัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา

ชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์	T8 Extra	T8 Super	T12	T5
แรงดันขาออกขณะสตาร์ท(V)	228.8	228.5	222.3	223.7
แรงดันเฉลี่ยด้านขาออก(V)	102.55	102.5	223.5	223.5
กระแสขาออกขณะสตาร์ท(A)	0.769	0.757	0.737	0.169
กระแสเฉลี่ยด้านขาออก(A)	0.417	0.418	0.434	0.166
กำลังไฟฟ้าขณะสตาร์ท(W)	90.20	86.19	85.60	36.54
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย(W)	48.34	48.38	50.36	36.98
ค่าเฉลี่ยตัวประกอบกำลัง	0.504	0.503	0.504	0.941
ค่าความสว่าง(lm)	2499.012	3061.638	1993.77	2051.73
ค่าประสิทธิภาพ(lm/W)	51.7	63.28	39.59	55.48

ค่าประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8Super ประกอบกับบัลลาสต์ธรรมดาจะมีประสิทธิภาพสูงส่วนหลอด T5 นั้นเนื่องจากตัวหลอดต้องมีขาตัวแปลงจึงจะสามารถประกอบกับบัลลาสต์ชนิดนี้ได้ทำให้ตัวขาแปลงบังแสงบางส่วนจึงได้ค่าความสว่างที่น้อยแค่ค่าตัวประกอบกำลังของหลอดT5 จะมีค่าใกล้เคียงกับ 1 และหลอดT5 ยังใช้กำลังไฟฟ้าที่น้อยที่สุดด้วย

บัลลาสต์แกนเหล็กสูญเสียต่ำ

ชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์	T8 Extra	T8 Super	T12	T5
แรงดันขาออกขณะสตาร์ท(V)	229.6	227.0	225.3	224.9
แรงดันเฉลี่ยด้านขาออก(V)	104.8	104.2	110.3	223.8
กระแสขาออกขณะสตาร์ท(A)	0.634	0.645	0.639	0.151
กระแสเฉลี่ยด้านขาออก(A)	0.393	0.393	0.430	0.150
กำลังไฟฟ้าขณะสตาร์ท(W)	69.27	68.98	68.34	30.40
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย(W)	42.33	42.56	46.34	30.16
ค่าเฉลี่ยตัวประกอบกำลัง	0.469	0.470	0.473	0.872
ค่าความสว่าง(lm)	2400.516	3042.76	1910.304	2124.31
ค่าประสิทธิภาพ(lm/W)	56.71	71.49	41.22	69.40

ค่าประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8Super ประกอบกับบัลลาสต์แกนเหล็กสูญเสียต่ำจะมีประสิทธิภาพสูงส่วนหลอด T5 นั้นเนื่องจากตัวหลอดต้องมีขาตัวแปลงจึงจะสามารถประกอบกับบัลลาสต์ชนิดนี้ได้ทำให้ตัวขาแปลงบังแสงบางส่วนจึงได้ค่าความสว่างที่น้อยแค่ค่าตัวประกอบกำลังของหลอดT5 จะมีค่าใกล้เคียงกับ 1 และหลอดT5 ยังใช้กำลังไฟฟ้าที่น้อยที่สุดด้วย

บัลลาสต์อิเล็คทรอนิกส์

ชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์	T8 Extra	T8 Super	T12	T5
แรงดันขาออกขณะสตาร์ท(V)	126.7	129.6	129.5	130.2
แรงดันเฉลี่ยด้านขาออก(V)	125.8	127.6	127.7	130.3
กระแสขาออกขณะสตาร์ท(A)	0.173	0.171	0.194	0.134
กระแสเฉลี่ยด้านขาออก(A)	0.173	0.172	0.191	0.132
กำลังไฟฟ้าขณะสตาร์ท(W)	38.00	37.56	42.84	29.23
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย(W)	37.41	37.51	41.61	28.87
ค่าเฉลี่ยตัวประกอบกำลัง	0.947	0.949	0.95	0.95
ค่าความสว่าง(lm)	2440.53	2894.48	1995.84	3023.892
ค่าประสิทธิภาพ(lm/W)	65.24	77.17	47.97	104.74

จะเห็นว่าค่าประสิทธิภาพของหลอด T5จะมีค่ามากที่สุดโดยแสงที่เปล่งมาต่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้มีค่าสูงถึง 104.74 lm/W ทั้งนี้เมื่อมองโดยรวมจะเห็นว่าหลอดชนิด T5 นั้นมีการใช้กำลังไฟฟ้าที่ต่ำในทุกวงจรและยังให้ค่าตัวประกอบกำลังที่ใกล้กับ 1ด้วย อย่างไรก็ตามควรเลือกใช้หลอดกับบัลลาสต์ใช้เหมาะสมกัน ซึ่งจากการทดลองพบว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5ประกอบกับบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์จะให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุด

5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง

5.2.1 ปัญหาที่เกิดในอุปกรณ์

1. หาซื้อหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด T12 ยาก เพราะในท้องตลาดไม่ค่อยมีจำหน่ายแล้ว

2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด T5 จำนวน 2 หลอด เมื่อทำการทดลองพบว่า 1 ใน 2 หลอด ได้เกิดปัญหาจึงได้ทำการเปลี่ยนหลอดใหม่

5.2.2 ปัญหาที่เกิดในเครื่องมือวัด

1. ลักซ์มิเตอร์มีการดับบ่อยครั้งจึงทำให้เสียเวลาในการทำการทดลอง

2. ออสซิลโลสโคปมีปัญหาในการบันทึกข้อมูลจึงทำให้ต้องเปลี่ยนออสซิลโลสโคปใหม่

5.3 แนวคิดในการพัฒนาต่อ

1. ควรเพิ่มพื้นที่ในการวัดความเข้มแสงให้มาขึ้นเพื่อที่จะได้ค่าความเข้มแสงเท่ากับ 0 ลักซ์

2. ควรทำการทดสอบโดยเพิ่มจำนวนหลอดให้มากขึ้นเพื่อที่จะได้ค่าเฉลี่ยของหลอดที่ละเอียดมากขึ้น

3. ควรทดสอบหลอดไฟกับดวงโคมในแบบต่างๆ เพื่อหาว่าดวงโคมแบบไหนกระจายแสงได้ดีที่สุดกับหลอดไฟชนิดนั้น

เอกสารอ้างอิง

1. http://www.bareo-isyss.com/61/61_light.html
2. http://www.thaigoodview.com/library/teachershow/bangkok/sudarat_n/sec04p03.html
3. http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/physcis-for-everyday/physics-for-everydayuse-content/101-128/indexcontent120.htm
4. http://www.greenenergynet.net/tec_FluorescenceF5.html
5. http://www.lightingthai.com/product
6. http://www.chontech.ac.th/~electric/e-learn/unit17/unit17.htm
7. http://www.rmutphysics.com/charud/howstuffwork/howstuff1/fluorescent-lamp/fluorescent-lampthai4.html
8. http://www.rmutphysics.com/charud/specialnews/5/Fluorescence/fluorescence4.html
9. http://ja-jp.facebook.com/note.php?note_id=121785894503308
10. http://www.prc.ac.th/newart/webart/colour06.html
11. เอกสารประกอบการสอน 303426 การออกแบบระบบไฟฟ้า โดย ดร. แคทรียา สุวรรณศรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
12. เอกสารประกอบการสอน 303429 วิศวกรรมการส่องสว่าง โดย ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ก

การคำนวณหามุมตันกรณีฐานเป็นพื้นระนาบและค่าความสว่าง

มุมตัน

มุมตัน (Solid angle) คือขนาดของช่วงว่างที่จุดใดจุดหนึ่งซึ่งถูกล้อมรอบด้วยพื้นผิวของยอดกรวยหรือพื้นผิวของยอดพีระมิดหรือพื้นผิวของยอดแหลมรูปร่างใดๆ ที่มีจุดยอดของกรวยหรือยอดหรือของยอดพีระมิดหรือยอดแหลมรูปร่างใดๆอยู่ที่จุดนั้น

มุมตันหาได้จากอัตราส่วนของพื้นที่ตั้งฉากที่รองรับมุมตันนั่น หารด้วยระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับพื้นที่ดังกล่าวยกกำลังสอง มีหน่วยเป็น สเตอเรเดียน (steradian ; sr)

$$d\omega = \frac{dA}{r^2}$$

โดยที่ ω = มุมตัน

A = พื้นที่ตั้งฉากที่รองรับมุมตัน

r = ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับพื้นที่

ในปริญญานิพนธ์นี้ได้วัดค่าความสว่างในพื้นผิวที่เป็นพื้นระนาบซึ่งค่าของมุมตันจะคำนวณได้ตามนี้

จากรูป

$$d\omega = \frac{dA \cdot \cos\gamma}{r^2}$$

$$= \frac{h \cdot dx \cdot dy}{[h^2 + x^2 + y^2]^{\frac{3}{2}}}$$

$$= \frac{d(\frac{x}{h}) \cdot d(\frac{y}{h})}{[1 + (\frac{x}{h})^2 + (\frac{y}{h})^2]^{\frac{3}{2}}}$$

$$dA = dx \cdot dy$$

$$\cos\gamma = \frac{h}{r}$$

$$r = \sqrt{h^2 + x^2 + y^2}$$

$$\omega = \int_{x=0}^{a} \int_{y=0}^{b} \frac{d(\frac{x}{h}) \cdot d(\frac{y}{h})}{[1 + (\frac{x}{h})^2 + (\frac{y}{h})^2]^{\frac{3}{2}}}$$

$$\omega = \tan^{-1}[\frac{\frac{a}{h} \cdot \frac{b}{h}}{\sqrt{1 + (\frac{a}{h})^2 + (\frac{b}{h})^2}}]$$

จากค่าในการทดลองศึกษาในปริญญานิพนธ์นี้จะหาค่ามุมตันได้ดังนี้

a = 1m, b= 1m, h= 2m

$$\omega = \tan^{-1}[\frac{\frac{a}{h} \cdot \frac{b}{h}}{\sqrt{1 + (\frac{a}{h})^2 + (\frac{b}{h})^2}}]$$

แทนค่า

$$\omega = \tan^{-1}[\frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}}{\sqrt{1 + (\frac{1}{2})^2 + (\frac{1}{2})^2}}]$$

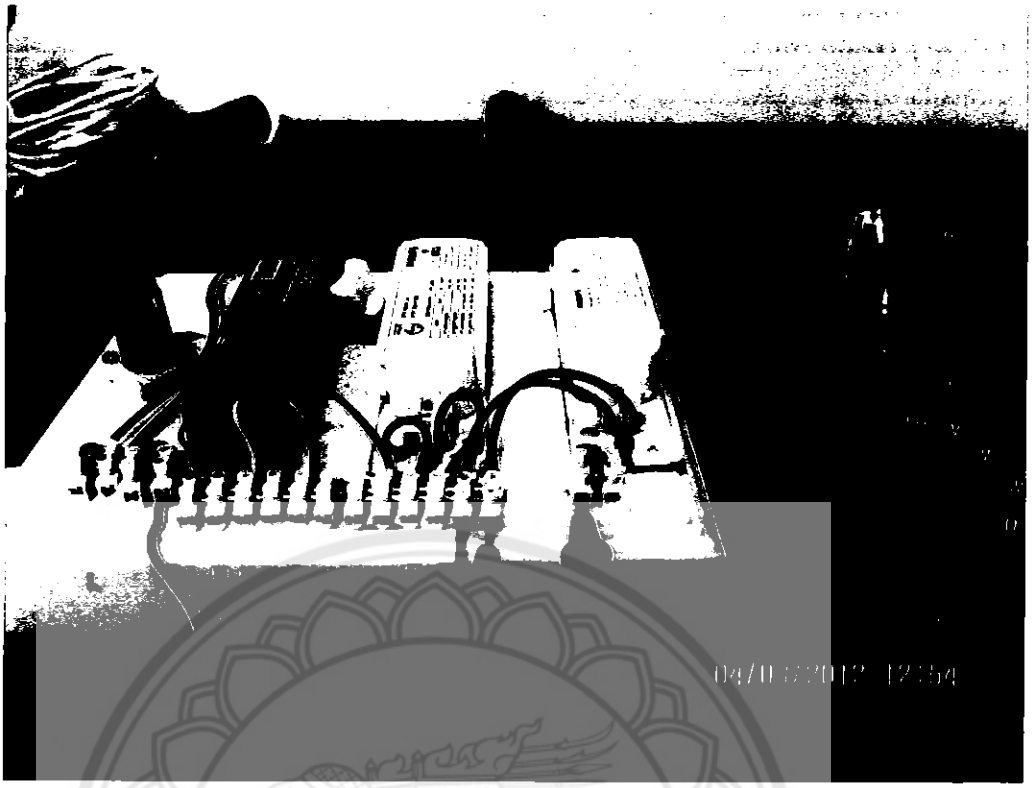
=0.2014 sr

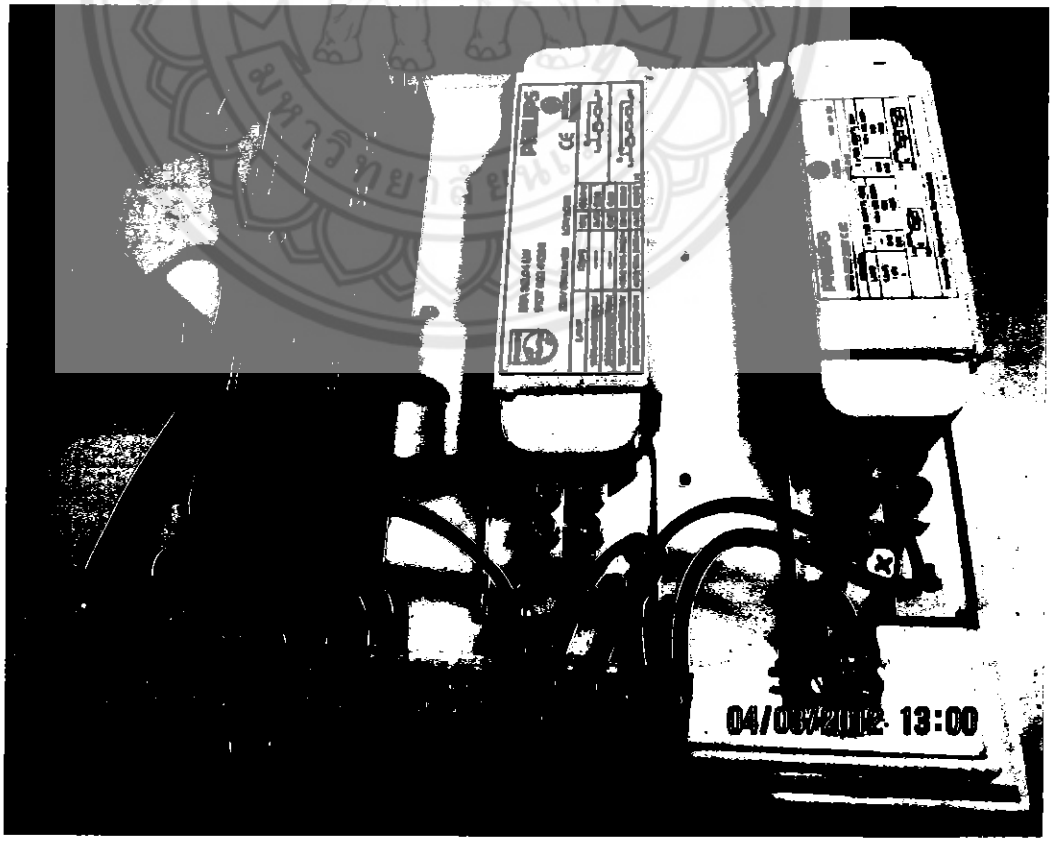
แต่มุมตกกระทบทั้งหมดมี *4* มุม ดังนั้นจะได้

$$0.2014 \times 4 = 0.805\ sr$$

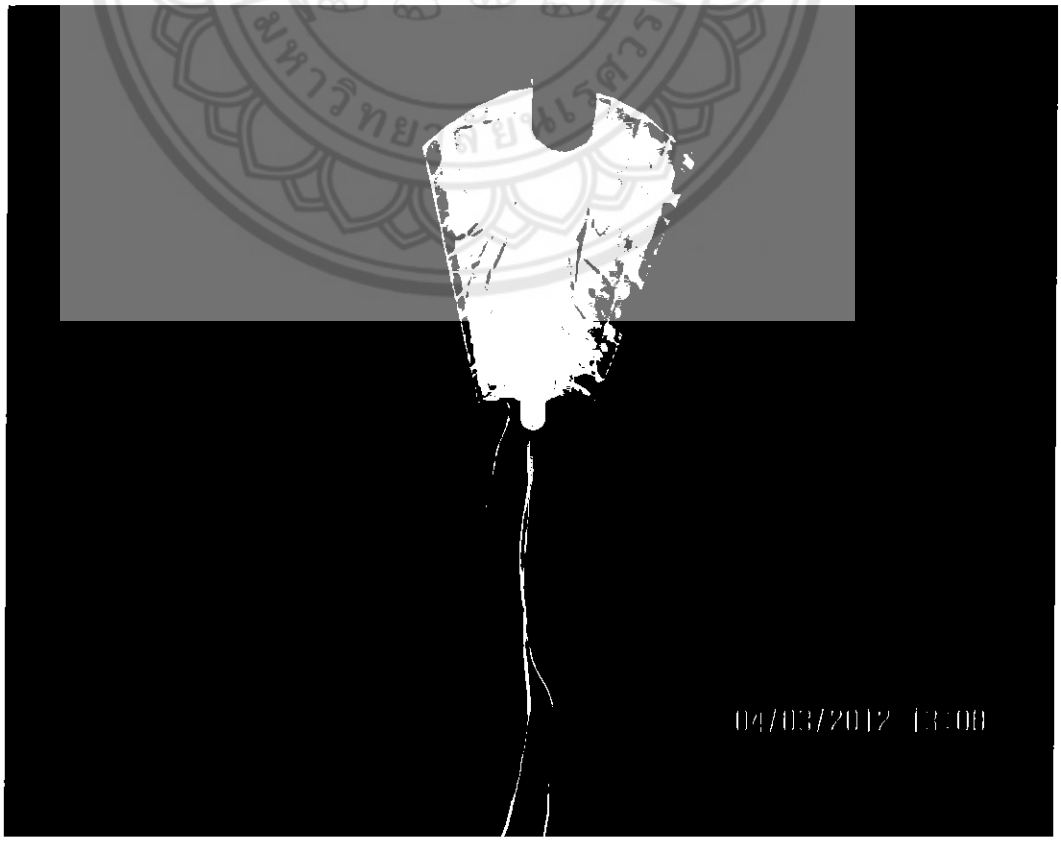
ภาคผนวก ข

ภาพการทดลอง




PHILIPS
04/06/2012 13:00

04/03/2012 16:30


04/03/2012 13:00

12