

# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาบัลลาสต์และหลอดประหยัดพลังงาน

THE STUDY OF FLUORESCENT LAMPS WITH DIFFERENT TYPE OF BALLASTS



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 34144  
วัน, เดือน, ปี..... 6 ต.ค. 2542

ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2541

การศึกษาลักษณะและหลอดประหยัดพลังงาน

THE STUDY OF FLUORESCENT LAMPS WITH DIFFERENT TYPE OF  
BALLASTS



อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ประภาพร ไพรสุวรรณ

อ.ชาย ชมภูอินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2541

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาบัณฑิตและหลอดประหยัดพลังงาน

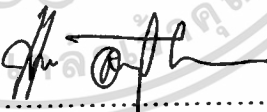
ผู้จัดทำ

1. นายวีรศักดิ์ วงศาสุราฤทธิ รหัสประจำตัว 38014478
2. นายศิลป์ สามาลา รหัสประจำตัว 38014504
3. นายสงวน แซ่ลิ่ม รหัสประจำตัว 38014521



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ประภาส ไพรสุวรรณ)



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.ชาย ชมภูอินไหว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การศึกษาบัลลาสต์และหลอดประหยัดพลังงาน

- วีรศักดิ์ วงศาสุราฤทธิ์

ศิลป์ สามาธา

สงวน แซ่ลิ้ม

ผศ. ประภาส ไพรสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ชาย ชมภูอินไหว

ปีการศึกษา 2541

### บทคัดย่อ

การศึกษาคูสมบัติทางแสงและไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ และ 40 วัตต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ดังกล่าวนี้จะใช้คู่กับบัลลาสต์ต่าง ๆ กันคือบัลลาสต์ธรรมดาขนาด 36 วัตต์ , 40 วัตต์ และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 36 วัตต์ เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางแสงและไฟฟ้าซึ่งได้แก่ ค่าตัวประกอบขดคลื่น ค่าฮาร์โมนิกรวม ค่าแสงสว่าง ค่ากำลังงานที่ให้กับหลอด ค่าความสูญเสียที่เกิดในบัลลาสต์ ค่าแรงดันไฟฟ้าขาออกของหลอด ฯลฯ นอกจากนี้ยังศึกษาถึงผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของบัลลาสต์แต่ละชนิด ในแต่ละช่วงเวลาที่เปลี่ยนไป ว่าผลของอุณหภูมินี้จะมีผลต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าและการประหยัดพลังงานของหลอดหรือไม่และอย่างไร เมื่อเลือกทดสอบร่วมกับบัลลาสต์แต่ละชนิด ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเงื่อนไขในการวัดค่าทางแสงและไฟฟ้า ภายใต้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ต้องให้สอดคล้องกับการทดลองแต่ละขั้นตอน ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทั้งหมด จะนำมาใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้บัลลาสต์ที่จะนำมาใช้ร่วมกับหลอดให้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# THE STUDY OF FLUORESCENT LAMPS WITH DIFFERENT TYPE OF BALLASTS

Weerasak Vongsasurarit

Silp Samala

Sangoun Saelim

Ass. Professor Prapas Prisuwumna Advisor

Chay Chompoinwai

1998

## Abstract

The electric and photometric characteristics have been compared for 36 watt and 40 watt fluorescent lamps by operating them with normal ballast ( 36 watt , 40 watt ) and electronics ballast ( 36 watt ) to compared electric and photometric characteristics measurements such as crest factor , Total harmonics distortion , light output , power input of lamp , ballast loss , output voltage etc. Further more have considered about temperature which modify in each time that have affect to the electric characteristics and how to save energy of lamp or not when select test with each ballast . In this paper presents the measurement of electric and photometric characteristics which considered and operated under ac voltage are established and discussed according to these result . The data from all results have studied and analysed which influence to select ballast that operate with fluorescent lamps to save energy the most.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(ก)
สารบัญรูปภาพ	(ค)
สารบัญตาราง	(ฉ)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการทำโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานหลอดฟลูออเรสเซนต์	3
2.1 หลักการทำงานเบื้องต้น	4
2.2 โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์	5
2.3 การกระจายพลังงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์	9
2.4 การกระจายกำลังเชิงสเปกตรัม	10
2.5 ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์	11
บทที่ 3 ทฤษฎีพื้นฐานของบัลลาสต์	15
3.1 การใช้บัลลาสต์ช่วยในการจุดติดของหลอด	15
3.2 คุณลักษณะทั่วไปของบัลลาสต์	21
3.3 คุณลักษณะขณะทำงาน	21
3.4 คุณลักษณะเฉพาะของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	23
บทที่ 4 การออกแบบการทดลอง	25
4.1 ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ศึกษา	25
4.2 การทดลอง	26
4.3 การวัดค่าทางไฟฟ้า	27
4.4 การวัดค่าทางแสง	30
4.5 การทำ Temperature Rise	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 บทที่ 5 ผลการทดลอง 38  
 ไม่วากรณใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 วิเคราะห์และสรุปผลโครงการ	80
ภาคผนวก ก.	87
ภาคผนวก ข.	90
กิตติกรรมประกาศ	113
เอกสารอ้างอิง	114



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงหลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์	6
2.2	แสดง Phosphor Model ของ ZnS	8
2.3	แสดงการกระจายพลังงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์	9
2.4	แสดงการกระจายเชิงสเปกตรัมของหลอดฟลูออเรสเซนต์	10
2.5	วงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบชนิดอุ่นไส้	12
2.6	วงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแบบติดทันที	13
2.7	วงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแบบติดเร็ว	13
3.1	กราฟแสดงความต้านทานเชิงลบของหลอดฟลูออเรสเซนต์	15
3.2	แสดงการต่อวงจรของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	17
3.3	แสดงบล็อก ไดอะแกรมของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	17
3.4	แสดงDiode Rectifier Bridge	18
3.5	แสดงClass E Converter	19
3.6	แสดงวงจรสร้าง Pulse	20
4.1	แสดงแผงวงจรสำเร็จรูปสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์	28
4.2	แสดงลักษณะภายนอกและจุดเชื่อมต่อของ Digital Power Meter	29
4.3	แสดงการเชื่อมต่อแผงวงจรเข้ากับเครื่องมือวัด	29
4.4	แสดงรูปประกอบการคำนวณหาค่าความสว่าง โดยตรงของแรงก้านิตแสงแบบจุด	31
4.5	แสดงวงจรการต่ออุปกรณ์เพื่อวัดค่าทางแสง	32
4.6	แสดงรูป Top View การจัดแผงวงจรและวัดค่าทางแสง	33
4.7	แสดงระนาบในการวัดค่าทางแสง	33
4.8	แสดงการต่อวงจรการวัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น	35
5.1	กราฟแสดงกำลังของวงจร	55
5.2	กราฟแสดงค่าตัวประกอบกำลังของวงจร	56
5.3	กราฟแสดงค่าVA ที่วงจรดึงจากแหล่งจ่าย	57
5.4	กราฟแสดงค่ากระแสจ่ายวงจร	58

5.5 เป็นกราฟแสดงค่าตัวประกอบขอดีคลื่นของกระแสผ่านหลอดไม่อนุญาตให้นำไปใช้ 59 ะโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.6 กราฟแสดงค่าตัวประกอบยอดคลื่นของแรงดันคร่อมหลอด	60
5.7 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ฮาร์โมนิครวมของวงจร	61
5.8 กราฟแสดงความส่องสว่างของหลอด	62
5.9 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของหลอด	63
5.10 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของบัลลาสต์	64
5.11 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของระบบ	65
5.12 แผนภูมิการเพิ่มของอุณหภูมิของบัลลาสต์ชนิดลวด 40 วัตต์	66
5.13 แผนภูมิการเพิ่มของอุณหภูมิของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D	67
5.14 แผนภูมิเปรียบเทียบการเพิ่มของอุณหภูมิของบัลลาสต์ชนิดต่างๆ	68
5.15 แสดงรูปร่างกระแสน้ำเข้าวงจรของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ O กับหลอด 36 วัตต์	69
5.16 แสดงรูปร่างกระแสน้ำเข้าวงจรของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ F กับหลอด 36 วัตต์	70
5.17 แสดงรูปร่างกระแสน้ำเข้าวงจรของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D กับหลอด 40 วัตต์	71
5.18 แสดงรูปร่างกระแสน้ำเข้าวงจรของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D กับหลอด 36 วัตต์	72
5.19 แสดงรูปร่างกระแสน้ำเข้าวงจรของบัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับหลอด 40 วัตต์	73
5.20 แสดงรูปร่างกระแสน้ำเข้าวงจรของบัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับหลอด 36 วัตต์	74
5.21 แสดงรูปร่างกระแสน้ำเข้าวงจรของบัลลาสต์แบบขดลวด 36 วัตต์ กับหลอด 36 วัตต์	75
5.22 แสดงรูปร่างกระแสน้ำเข้าวงจรของบัลลาสต์ Low loss กับหลอด 36 วัตต์	76
5.23 แสดงรูปร่างกระแสน้ำเข้าหลอดของบัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับหลอด 36 วัตต์	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ไม่ว่ากระเสือกกระสน อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.24 แสดงรูปร่างกระแสจ่ายหลอดของบัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับหลอด 36 วัตต์	78
5.25 แสดงรูปร่างกระแสจ่ายหลอดของบัลลาสต์ Low loss กับหลอด 36 วัตต์	79
 ภาพผนวกที่	
1. การวัดรูปคลื่นกระแส	93
2.1 บัลลาสต์ที่หยุดป้อนกระแสเผาไส้ก่อนเมื่อมีแรงดันไฟฟ้าเปิดเพิ่มขึ้น	102
2.2 บัลลาสต์ที่มีเวลาเปลี่ยนสถานะของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดมากกว่า 100 มิลลิวินาที	102
3ก. วงจรทดสอบแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด	105
3ข. วงจรทดสอบอิมพีแดนซ์ของบัลลาสต์	105
3ค. วงจรทดสอบกระแสไส้หลอด	106
4 การวัดอิมพีแดนซ์ที่ความถี่เสียง	108
5 วงจรทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดจุดหลอดโดยมีการเผาไส้ก่อนควบคุม ด้วยกระแส	109

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงดีและสารฟอสเฟอ์ที่ใช้เคลือบผิว	8
4.1 แสดงการจับคู่บัลลาสต์กับหลอดชนิดต่างๆ ที่ใช้ทดลอง	26
4.2 แสดงการจับคู่บัลลาสต์ชนิดต่างๆ กับหลอด 36 วัตต์	27
4.3 แสดงค่า Zonal Constant	34
4.4 แสดงตัวอย่างการคำนวณหาค่าฟลักซ์ส่องสว่าง	34
4.5 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่บันทึกจากการทำ Temperature Rise	36
5.1 แสดงผลการทดลองของคู่บัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับหลอด 40 วัตต์	39
5.2 แสดงผลการทดลองของคู่บัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับหลอด 36 วัตต์	40
5.3 แสดงผลการทดลองของคู่บัลลาสต์แบบขดลวด 36 วัตต์ กับหลอด 36 วัตต์	41
5.4 แสดงผลการทดลองของคู่บัลลาสต์ Low loss กับหลอด 36 วัตต์	42
5.5 แสดงผลการทดลองของคู่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D กับหลอด 40 วัตต์	43
5.6 แสดงผลการทดลองของคู่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D กับหลอด 36 วัตต์	44
5.7 แสดงผลการทดลองของคู่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ O กับหลอด 36 วัตต์	45
5.8 แสดงผลการทดลองของคู่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ F กับหลอด 36 วัตต์	46
5.9 แสดงผลการทดลองของคู่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ U กับหลอด 36 วัตต์	47
5.10 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับหลอด 36 วัตต์ (FL1)	48
5.11 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์แบบขดลวด 36 วัตต์ กับหลอด 36 วัตต์ (FL1)	49
5.12 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์แบบ Low loss กับหลอด 36 วัตต์ (FL1)	50
5.13 แสดงผลการทดลองของคู่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D กับหลอด 36 วัตต์ (FL1)	51
5.14 แสดงผลการทดลองของคู่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ O กับหลอด 36 วัตต์ (FL1)	52
5.15 แสดงผลการทดลองของคู่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ F กับหลอด 36 วัตต์ (FL1)	53
5.16 แสดงผลการทดลองของคู่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ U กับหลอด 36 วัตต์ (FL1)	54
6.1 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบเมื่อใช้บัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับหลอด 40 และ 81 36 วัตต์	81
6.2 แสดงข้อมูลตัวอย่างเกี่ยวกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์และบัลลาสต์ชนิดต่าง ๆ	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1. ฮาร์โมนิกกระแสไฟฟ้าค่านเข้า	94
2. ขีดจำกัดแรงดันรบกวนที่ขั้วต่อสายประธาน	96
3. ขีดจำกัดแรงดันรบกวนที่ขั้วต่อด้านออกและขั้วต่อควบคุม	97
4. ขีดจำกัดสัญญาณรบกวนที่แผ่กระจายเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	97
5. แผนการชักตัวอย่าง	99
6. แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้เครื่องกำเนิด Pulse ที่ไม่มีโหลด	110



# บทที่ 1

## บทนำ

ปัจจุบันแสงสว่างมีความจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างมาก นอกจากแสงอาทิตย์แล้วมนุษย์ยังต้องการแสงสว่างจากแหล่งอื่นเพื่อใช้ในเวลาและสถานที่ที่ไม่มีแสงอาทิตย์ด้วย แสงสว่างจากหลอดไฟจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งปัจจุบันการให้แสงสว่างภายในบ้าน สำนักงาน สถานที่ต่าง ๆ มีการให้หลอดไฟโดยเฉพาะหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นจำนวนมาก เนื่องจากให้ค่าแสงสว่างที่มากกว่าเมื่อเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้เท่ากันและมีความสูญเสียน้อยกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ด้วย

### 1.1 ความเป็นมาของโครงการ

เมื่อ 4-5 ปีที่ผ่านมาได้มีการรณรงค์ให้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์หรือหลอดประหยัดพลังงานแทนการให้หลอดขนาด40วัตต์เดิมและเพียงระยะเวลาไม่นานหลอดขนาด36 วัตต์ได้เข้ามาแทนที่หลอด 40วัตต์จนหมด ซึ่งในการรณรงค์ครั้งนั้นประชาชนทั่วไปรู้เพียงแค่ว่าหลอดนี้ใช้พลังงานน้อยกว่าเท่านั้น โดยที่ไม่มีการชี้แจงผลอื่น ๆที่จะเกิดขึ้นจากการใช้หลอดประหยัดพลังงานนี้ โดยจากการใช้งานของผู้บริโภคสังเกตเห็นเพียงอายุการใช้งานที่สั้นลงของหลอดประหยัดพลังงานเท่านั้น

ปัจจุบันในแหล่งขายเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใหญ่แห่งหนึ่งในกรุงเทพฯ หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 วัตต์ได้กลับเข้ามาขายอีกครั้งในเกือบทุก ๆ ร้านที่ เคยหายจากตลาดแล้ว จึงมีข้อสงสัยเกิดขึ้นว่าหลอดประหยัดพลังงานนั้นมีข้อดีมากกว่าหลอด 40 วัตต์จริงหรือไม่ เพราะถ้าหากคิดว่าจริงทำไมหลอด 40 วัตต์จึงสามารถกลับมาขายได้อีก และความแตกต่างอื่น ๆ ของหลอดทั้ง 2 มีอะไรบ้าง

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

โครงการนี้จะศึกษาหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 , 40 วัตต์ และบัลลาสต์ชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยที่มีวัตถุประสงค์ คือ

1.เพื่อศึกษาถึงข้อแตกต่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์และ 40 วัตต์ ในแง่ของการประหยัดพลังงานและประสิทธิภาพของหลอด รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลเกี่ยวข้อง

2.เพื่อศึกษาผลของบัลลาสต์ชนิดต่าง ๆ เมื่อจับคู่กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ว่ามีผลต่อค่าปัจจัยต่าง ๆ ภายในวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ และมีผลต่อระบบอื่นอย่างไร ปัจจัยที่ศึกษามีหลายปัจจัย เช่น ค่ากำลังไฟฟ้า ค่าตัวประกอบขดลวดของกระแส ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสขาเข้าวงจร ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าตัวประกอบกำลังของวงจร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เพื่อเป็นแนวทางต่อไปในการใช้หลอดประหยัดพลังงานให้มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน ยืดอายุการใช้งานของหลอด และให้เกิดผลกระทบต่อระบบอื่นน้อยที่สุด

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้จะศึกษาหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลัก โดยการศึกษาเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองระหว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ (หลอดประหยัดพลังงาน) และหลอด 40 วัตต์ ในการศึกษาจะมีการศึกษาควบคู่กับบัลลาสต์ชนิดต่าง ๆ ที่หลากหลาย ทั้งบัลลาสต์แบบขดลวดพันบนแกนเหล็กทั่วไป บัลลาสต์แบบขดลวดที่มีค่าความสูญเสียต่ำ (Low Loss) และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ โดยการจับคู่หลอดและบัลลาสต์ให้เกิดความหลากหลาย เพื่อให้การศึกษารอบคลุมมากที่สุด

การศึกษาค่าปัจจัยต่าง ๆ นอกจากจะศึกษาค่าปัจจัยทั่ว ๆ ไป เช่น ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ ค่าตัวประกอบกำลังของวงจร กระแสของวงจร เป็นต้น แล้ว ยังมีการศึกษาถึงปัจจัยอื่น ๆ เช่น ค่าฮาร์โมนิกรวม (Total Harmonic Distortion) , ตัวประกอบยอดคลื่นของกระแส (Current Crest Factor) , Ballast Factor , ค่าประสิทธิภาพต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งการทำ Temperature Rise

### 1.4 ขั้นตอนการทำโครงการ

ขั้นตอนการทำโครงการจะมีขั้นตอนต่อไปนี้

1. การศึกษาแนวทางและวางขอบเขตของ โครงการ
2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ โครงการ
3. ข้อมูลอุปกรณ์ คือ หลอด บัลลาสต์ สายไฟ และอุปกรณ์อื่น ๆ
4. การออกแบบการทดลอง
5. การทดลองวัดค่าทาง ไฟฟ้า และวัดค่าทางแสง
6. การทดสอบการใช้งานติดต่อกัน 8 ชั่วโมง
7. การทำ Temperature Rise
8. การเก็บรายละเอียดการทดลอง เช่น รูปคลื่นกระแส และแรงดัน
9. รวบรวมข้อมูลและจัดทำรายงานโครงการ
10. Present

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลจากการศึกษาโครงการนี้จะให้ประโยชน์ในด้านการเป็นแนวทางในการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อให้ผู้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ บุคคลทั่วไป รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ได้รู้ถึงผลที่ได้รับจากการใช้หลอดประหยัดพลังงาน ข้อมูลที่ได้คาดว่าจะมีประโยชน์ทั้งกับผู้ใช้ไฟฟ้านองและการไฟฟ้า โดยหวังว่าโครงการนี้จะเปิดโลกทัศน์ที่กว้างขึ้นแก่บุคคลทุก ๆ ฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีพื้นฐานหลอดฟลูออเรสเซนต์

ในปัจจุบันสามารถยอมรับได้เลยว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์จัดว่าเป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ได้รับความนิยมกันแพร่หลาย ในการใช้งานตามบ้านเรือนที่พักอาศัย เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างที่สูงพอสมควร และคุณภาพของแสงที่ออกมาที่เหมาะสมสำหรับการให้แสงสว่างทั่วไปจากเหตุผลข้างต้นจึงเป็นเหตุให้มันถูกนำไปใช้ทดแทนแหล่งกำเนิดแสงสว่างแบบเดิม คือ หลอดเผาไส้ (Incandescent)

หลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ทำให้เกิดแสงสว่างเปล่งออกมาจากหลอดนั้น นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบในปี ค.ศ 1852 โดยอาศัยการเปลี่ยนพลังงานรังสีอุลตราไวโอเล็ตเป็นแสงสว่างที่สามารถมองเห็นได้ แต่กว่าที่หลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดแรกจะถือกำเนิดก็ล่วงมาถึงปี ค.ศ 1935 ซึ่งเป็นหลอดขนาด 2 ฟุต และปี ค.ศ 1938 – 1939 หลอดฟลูออเรสเซนต์ได้ถูกพัฒนาให้นำมาใช้ในแหล่งอุตสาหกรรมและชุมชน โดยในช่วงนั้นจะมีสีขาวและสีอื่น ๆ อีก 6 สี ซึ่งใช้สารฟอสเฟอร์ที่แตกต่างกันเคลือบที่ผนังหลอดฟลูออเรสเซนต์

จากข้อดีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ให้ประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างที่สูงเมื่อเทียบกับพลังงานที่ใช้ และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน จึงทำให้ได้มีการคิดค้น และผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ใหม่ ๆ ออกมา ในปัจจุบันมากมายเพื่อที่จะทดแทนข้อเสียเดิมที่มีอยู่แล้ว เช่น ขนาดของหลอดที่ยังจัดได้ว่าค่อนข้างยาว และ เกะกะ โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับหลอดเผาไส้

หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่พบมากกันในปัจจุบัน มีดังนี้

-หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็ก

หลอดแบบนี้ได้รวมเอาบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ไว้ในตัว ขั้วของหลอดเป็นแบบเกลียว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แทนหลอดเผาไส้โดยตรง ที่ฐานหลอดจะบรรจุบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ไว้ หลอดชนิดนี้จะมีชื่อเรียกทางการค้าต่างกันออกไป ตามผู้ผลิต เช่น

บริษัทฟิลิปส์ เรียกว่า หลอด SL , SLD

บริษัทซิลวาเนีย เรียกว่า หลอด Cheetah

ขนาดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทนี้มีหลายขนาด คือ 9 วัตต์ , 13 วัตต์ , 18 วัตต์ , 25

วัตต์นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยู

เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีการโค้งงอเป็นรูปตัวยู มีสแตนท์เทอร์รวมเป็นส่วน

ประกอบของหลอด และมีขั้วอีก 2 ขั้วเพื่อให้ใช้กับบัลลาสต์ หลอดชนิดนี้จะมีชื่อเรียกกัน ตามบริษัทผู้ผลิต เช่น

บริษัทฟิลิปส์ เรียกว่า หลอด PL

บริษัทซิลวานีเรีย เรียกว่า หลอด Lynx CF-S

บริษัทฮอสแรม เรียกว่า หลอด CL

ขนาดของหลอดมีดังนี้ 5 วัตต์, 7 วัตต์, 9 วัตต์, 11 วัตต์

-หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เป็นรูปตัวยู 2 หลอด

จะมีลักษณะเหมือนกับหลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยูแต่แทนที่จะเป็นหลอดรูปตัวยู เพียงหลอดเดียว ก็เพิ่มปริมาณของหลอดรูปตัวยูขึ้นมาเป็นสองหลอด หลอดจะมีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน ตามบริษัทผู้ผลิต เช่น

บริษัทฟิลิปส์ เรียกว่า หลอด PLC

บริษัทซิลวานีเรีย เรียกว่า หลอด Lynx CF-D

บริษัทฮอสแรม เรียกว่า หลอด Dulux D

ขนาดของหลอดมี ดังนี้ 10 วัตต์, 13 วัตต์, 18 วัตต์, 26 วัตต์

-หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดยาว

จะมีความยาวน้อยกว่าเดิม หลอดมีชื่อเรียกตามผู้ผลิต เช่น

บริษัทฟิลิปส์ เรียกว่า หลอด Long PL

บริษัทซิลวานีเรีย เรียกว่า หลอด Lynx CF-L

บริษัทฮอสแรม เรียกว่า หลอด Dulux L

ขนาดของหลอดมีดังนี้ 18 วัตต์, 24 วัตต์, 36 วัตต์

## 2.1 หลักการทำงานเบื้องต้น

การทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์อาศัยพลังงานจากแสงอัลตราไวโอเลต ซึ่งเกิดขึ้นจากไอปรอทที่บรรจุเอาไว้ในก๊าซเฉื่อย เช่น พวงก๊าซอาร์กอน คริปทอน หรือ นีออน ที่ความดันต่ำ ๆ ไอปรอทได้รับพลังงานจากแหล่งปลดปล่อยพลังงาน เพื่อกระตุ้นให้ไอปรอทปลดปล่อยพลังงานออกมาซึ่งแสงอัลตราไวโอเลตที่เปล่งออกจากไอปรอทนี้จะกระทบเข้ากับผิวในของหลอดแก้วซึ่งฉาบไว้ด้วยสารเรืองแสงที่เรียกว่า ฟอสฟอรัส ( Phosphor ) ตัวสารเรืองแสงนี้ก็จะทำหน้าที่เปลี่ยนแสง

อัลตราไวโอเลตซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ให้กลายเป็นแสงสว่างที่ปรากฏแก่สายตาของมนุษย์

อีกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งผ่านไว้ระเหิดหรือการใช้อย่างการศึกษาซึ่งมันไม่ยอมถูกใช้ทั่วไปโดยวิธีธรรมดาแต่ถ้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงที่มาของสารหากมีที่กล่าวไปใช้จะถูกลงโทษตามกฎหมายและจะถูกลงโทษปรับและกักขังในคุกและกักขังในคุกและกักขังในคุก

ของหลอดแก้ว จะมีขั้วไฟฟ้าที่เรียกว่า อิเล็กโทรด ( Electrode ) เมื่อเปิดสวิตซ์ให้มีกระแสไฟไหลผ่าน หลอดฟลูออเรสเซนต์ ทางเดินของกระแสผ่านขั้วอิเล็กโทรดจะทำให้ขั้วอิเล็กโทรดร้อน และปล่อย อิเล็กตรอนออกมา ซึ่งอิเล็กตรอนนี้จะออกมาจากสารปล่อยอิเล็กตรอน ( Emissive Material ) ซึ่งเคลือบ ไว้บนไส้หลอด นอกเหนือจากอิเล็กตรอนที่ปล่อยออกมาโดยความร้อน ก็ยังมีอิเล็กตรอนที่ถูกปล่อย ออกมานี้เนื่องจากความแตกต่างของค่าแรงดัน ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดทั้งสอง อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงจากขั้วอิเล็กโทรดขั้วหนึ่ง ไปยังขั้วอิเล็กโทรดอีกขั้วหนึ่ง ก่อให้เกิดลำอิเล็กตรอน หรืออาร์ค ซึ่งเคลื่อนที่ผ่าน โขงของปรอททำให้โขงของปรอทได้รับพลังงานจากอิเล็กตรอน และทำให้หลอดได้รับความร้อน และเพิ่มค่าแรงดัน โขงปรอทจนถึงจุดที่หลอดจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด

สภาวะที่เกิดขึ้นภายในหลอดแก้วนี้จะมีคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับค่าความดันของก๊าซที่อยู่ภายในและค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดทั้งสอง คุณสมบัติที่สำคัญก็คือการก่อให้เกิดแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและอัลตราไวโอเล็ต เมื่ออิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ชนเข้ากับอะตอมของไอปรอท และทำให้อิเล็กตรอนของไอปรอทกระเด็นออกจากวงโคจรของมัน อิเล็กตรอนที่หลุดกระเด็นออกมาเหล่านี้พยายามที่จะกลับคืนเข้าสู่วงโคจรเดิม ดังนั้นมันจะปล่อยพลังงานที่มันได้รับออกมาก่อนที่จะกลับเข้าสู่สถานะเดิม พลังงานที่มันปลดปล่อยออกมานี้ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่น 253.7 nm

แสงอัลตราไวโอเล็ตนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นแสงที่ตาสามารถมองเห็นได้โดยสารเรืองแสง ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตเอาไว้และปล่อยแสงซึ่งมีความยาวคลื่นมากกว่าที่มนุษย์เห็นได้ออกมา หรืออาจกล่าวได้ว่า ตัวสารเรืองแสงนี้จะถูกกระตุ้นให้เปล่งแสงออกมา โดยแสงอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่นที่เหมาะสม สีของแสงที่ได้จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของสารที่ใช้ทำภายในของหลอดแก้ว หลักการทำงานของเบื้องต้นของหลอดฟลูออเรสเซนต์ จะแสดงได้ดังรูปที่ 2.1

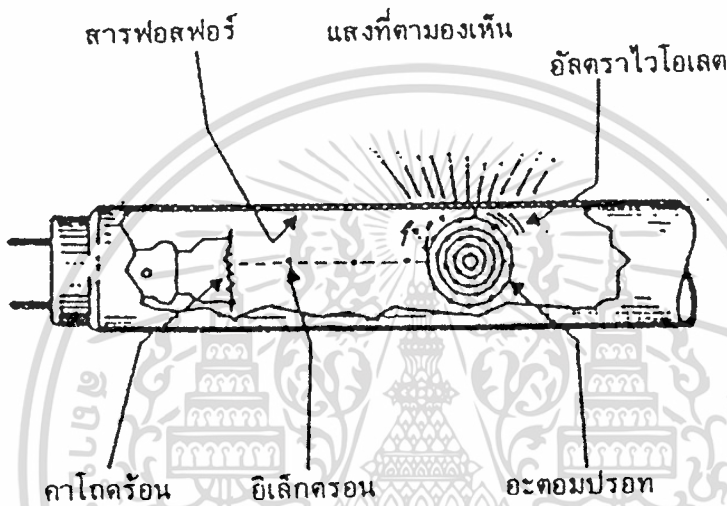
## 2.2 โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์

แม้ว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีหลายขนาดและหลายรูปร่าง แต่รูปร่างที่พบบันมากที่สุดก็คือหลอดกลมที่มีขั้วหลอดและ ฐานขั้วหลอดอยู่ที่ปลายทั้งสองข้างของหลอด ภายในหลอดจะบรรจุไว้ด้วยปรอทจำนวนเล็กน้อย และก๊าซเฉื่อย ซึ่งส่วนมากจะเป็นก๊าซอาร์กอน หรือส่วนประกอบก๊าซอื่น ๆ และสารเคลือบเรืองแสง ส่วนประกอบอื่น ๆ ของหลอดมีดังนี้

### 1. ตัวหลอด

ขนาดและรูปร่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะได้รับการกำหนดโดยรหัสที่ประกอบด้วยตัว T ( ซึ่งหมายความว่าหลอดกลม คือ T มาจากคำว่า Tubular ) จากนั้นจะตามด้วยตัวเลขซึ่งแสดงเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดเป็นเศษส่วน 8 ของ 1 นิ้ว หลอดจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกันไปตั้งแต่หลอด T5 ( เศษ 5 ส่วน 8 นิ้ว ) จนถึง T17 ( 2 เศษ 1 ส่วน 8 นิ้ว ) สำหรับขนาดความ

ยาวโดยทั่วไปจะมีแตกต่างกันตั้งแต่ 6 นิ้ว ไปจนถึง 96 นิ้ว ซึ่งจะวัดตั้งแต่ขาหรือ หลอดข้างหนึ่ง ไปยังขาอีกข้างหนึ่ง



รูป 2.1 แสดงหลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์

## 2. ขั้วอิเล็กโทด

ขั้วอิเล็กโทดที่ตอนปลายของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะเป็นขดลวดทั้งสแตนท์ที่นำมาขดซ้อน ๆ กันและฉาบไว้ด้วยสารชนิดที่จะปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมาซึ่งอาจจะได้แก่แบเรียม, สตรอนเทียม และแคลเซียมออกไซด์ สารที่กล่าวมานี้จะปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมาเมื่อได้รับความร้อนถึงจุดทำงานของมันที่จะตกประมาณ 950 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมินี้ อิเล็กตรอนจะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างอิสระโดยมีจำนวนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่สูญเสียไปที่คาโทด การปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมานี้ เรียกว่า Thermionic Emission เนื่องจากความร้อนเป็นตัวที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอนมากกว่าแรงดันไฟฟ้าคาโทดชนิดนี้ เราเรียกว่า คาโทดร้อน (Hot Cathode) ซึ่งต้องการแรงดันไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดลำอิเล็กตรอนภายในหลอดไม่มากนัก

### 3. ขั้วหลอด

ขั้วของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะแตกต่างกันตามชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เช่น สำหรับหลอดชนิด Preheat และ Rapid Start จะต้องการขั้วสองขั้วที่แต่ละข้างของหลอด ดังนั้นตัวรับขั้วหลอดจึงต้องเป็นชนิดสองขั้วด้วย ซึ่งมีอยู่ 3 ขนาด คือ ขนาดจิวสำหรับหลอด T-5 , ขนาดกลางสำหรับหลอด T-8 และ F-12 และชนิดใหญ่สำหรับหลอด T-17 ส่วนหลอดชนิดวงกลมนั้น ตัวหลอดจะมาบรรจบกันเป็นวงกลม ดังนั้นจะมีส่วนหนึ่งซึ่งเป็นขั้วหลอด ซึ่งมีขาอยู่ 4 ขา ส่วนหลอดชนิด High output และ Very high output จะมีขั้วชนิดยุบลงไป ( Recessed double contact ) ส่วนหลอดชนิด Slimline หรือ Instant Start นั้นจะต้องการขั้วไฟฟ้าเพียงสองขั้วเท่านั้นคือ ที่ปลายแต่ละข้างเพียงขั้วเดียว และตัวรับขั้วหลอดก็เป็นชนิดขั้วเดียว ส่วนหลอดชนิด Sign line จะมีขั้วที่เป็นบ่าชนิดเดียว ( Shrouded single pin : SSP )

### 4. สารเคลือบแสง ( Phosphor )

สีของแสงที่ปล่อยออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทางเคมีของสารเรืองแสงที่ใช้ภายในของหลอด โดยการใช้ส่วนผสมที่แตกต่างกันไปจะทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์มีสีต่างกัน ได้ ซึ่งจะมีอยู่หลายสี ได้แก่ สีขาว ไปจนกระทั่งสีน้ำเงิน สีเขียว สีทอง สีชมพู และสีแดง และยังมีหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ได้รับการฉาบเรืองแสงนี้ เพื่อให้แสงที่เหมาะสมต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชหรือให้แสงสีชนิดพิเศษอื่น ๆ อีก สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้สีต่าง ๆ กันนี้เมื่อยังไม่ได้เปิด สวิตซ์ไฟจะยังคงมีสีขาวอยู่ ยกเว้นหลอดชนิดสีน้ำเงินเข้ม สีทอง สีแดง และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ให้แสงเหมือนกับหลอดมีไส้ ( Incandescent Fluorescent Lamp ) ซึ่งหลอดเหล่านี้จะฉาบเม็คสีเอาไว้ภายในหลอดแก้วก่อนที่จะเคลือบสารเรืองแสงทับลงไป ส่วนชนิดที่ให้สีน้ำเงินออกไปทางดำ ( Black Light Blue ) จะเป็นหลอดชนิดพิเศษที่จะกรองเอาแสงที่มองได้ด้วยตาออกไป โดยการใช้สารเคลือบเรืองแสงชนิดต่าง ๆ กัน เราจะได้สีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ดังตารางที่ 2.1

การทำงานของสารเคลือบแสง ในการที่จะเปลี่ยนพลังงานรังสีอุลตราไวโอเล็ต เป็นพลังงานแสงสว่างที่สามารถมองเห็นได้มีดังนี้

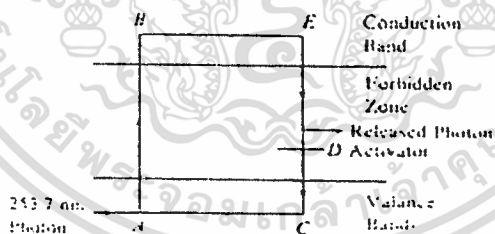
สารฟอสเฟอร์จะมีพื้นฐานการทำงานเหมือนกับสาร Semiconductor ( ต้องมีการเติมสาร Activators เพื่อให้มีการปลดปล่อยอิเล็กตรอนมากขึ้น ) เราสามารถจำลองสารฟอสเฟอร์ได้ดังรูปซึ่งประกอบไปด้วย 3 โซนคือ Valance Band , Forbidden Zone และ Conduction Band

ในสาร Semiconductor ในสภาวะปกติจะพบว่า Valance Electrons จะยึดกันแน่นกับอะตอม และมีอิเล็กตรอนอิสระน้อยมาก ผลทำให้ไม่มีการถ่ายเทพลังงานระหว่างชั้น ใน Forbidden Zone ซึ่งการที่จะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระเพิ่มขึ้นสามารถทำได้โดยการเพิ่มพลังงาน ( Electron Volts ) เข้าไปอีกเพื่อให้อิเล็กตรอนเกิดการกระโดดจาก Valance Band ไปยัง Conduction Band ซึ่งมีการนำไปใช้

ตาราง 2.1 แสดงสีและสารฟอสเฟอร์ที่ใช้เคลือบผิว

สารฟอสเฟอร์ที่ใช้	สีที่ได้จากหลอด
Cadmium Borate	ชมพู
Calcium Halophosphate	ขาว
Calcium Silicate	ส้ม
Calcium Tungstate	น้ำเงิน
Magnesium Germanate	แดง
Magnesium Tungstate	ขาวน้ำเงิน
Strontium Halophosphate	เขียวอ่อน
Zinc Silicate	เขียว

กระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานรังสีอุลตราไวโอเลตเป็นพลังงานแสงสว่างที่สามารถมองเห็นได้ สามารถอธิบายได้จากรูป คือ เมื่อ โปรตอน ( Photon ) ของรังสีอุลตราไวโอเลตซึ่งมีความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร เคลื่อนที่มาชนสารฟอสเฟอร์ที่เคลือบไว้ที่ผนังหลอดฟลูออเรสเซนต์



- A-B Electron Jump
- A-C Hole Migration
- B-E Electron Migration
- D-C Electron Jump
- E-D Electron Jump

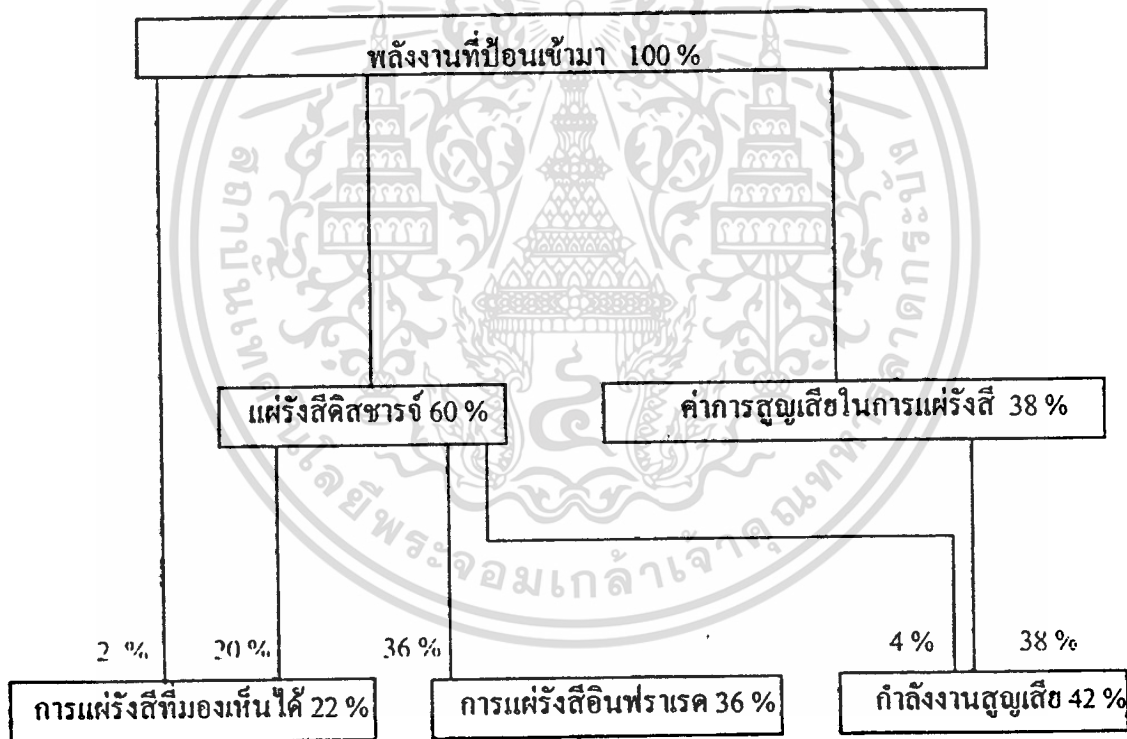
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูป 2.2 แสดง Phosphor Model ของ Zinc Sulfide ( ZnS )  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การชนกันจะทำให้อิเล็กตรอนกระโดดจาก Divalent Sulfur ไปยัง Divalent Zinc ผลทำให้เกิดอิเล็กตรอนเพิ่ม ขึ้นที่ Conduction Band และจะเพิ่มมากขึ้นจนเกิดการเคลื่อนย้ายจากผลึก Zinc หนึ่งไปยังผลึกอื่น ๆ ขณะเดียวกันก็จะเกิด Positive Hole ที่ Valance Band และ Positive Hole ก็จะเคลื่อนย้ายไปยัง Sulfur Ion หนึ่งไปยังอีกอันหนึ่ง เมื่อ Positive Hole เคลื่อนที่เข้ามาใกล้ตัว Activator ตัว Activator ก็จะถูกจับอิเล็กตรอนออกไป ผลทำให้เกิด Positive Hole ขึ้นในตัว Activator และอิเล็กตรอนใน Valance Band ก็จะเคลื่อนย้ายมายัง Positive Hole ในตัว Activator จึงทำให้เกิดการปล่อยพลังงานแสงซึ่งมีความยาวคลื่นมากกว่าและตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้ออกมา

2.3 การกระจายพลังงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์

เมื่อพิจารณาหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 W ชนิด Cool white เป็นตัวอย่างดังในรูปข้าง

ล่าง



รูป 2.3 แสดงการกระจายพลังงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์

จะพบว่าค่าพลังงานที่ป้อนให้หลอดประมาณ 60 % จะเปลี่ยนเป็นรังสีคิสซาร์จ พลังงานอีก 38 % จะเป็นค่าการสูญเสียในการแผ่รังสี ส่วนที่เหลืออีก 2 % จะกลายเป็นแสงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ ตัวสารเรืองแสงที่เคลือบภายในหลอดจะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงแสงอุลตราไวโอเลต 20 % คำนี้อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

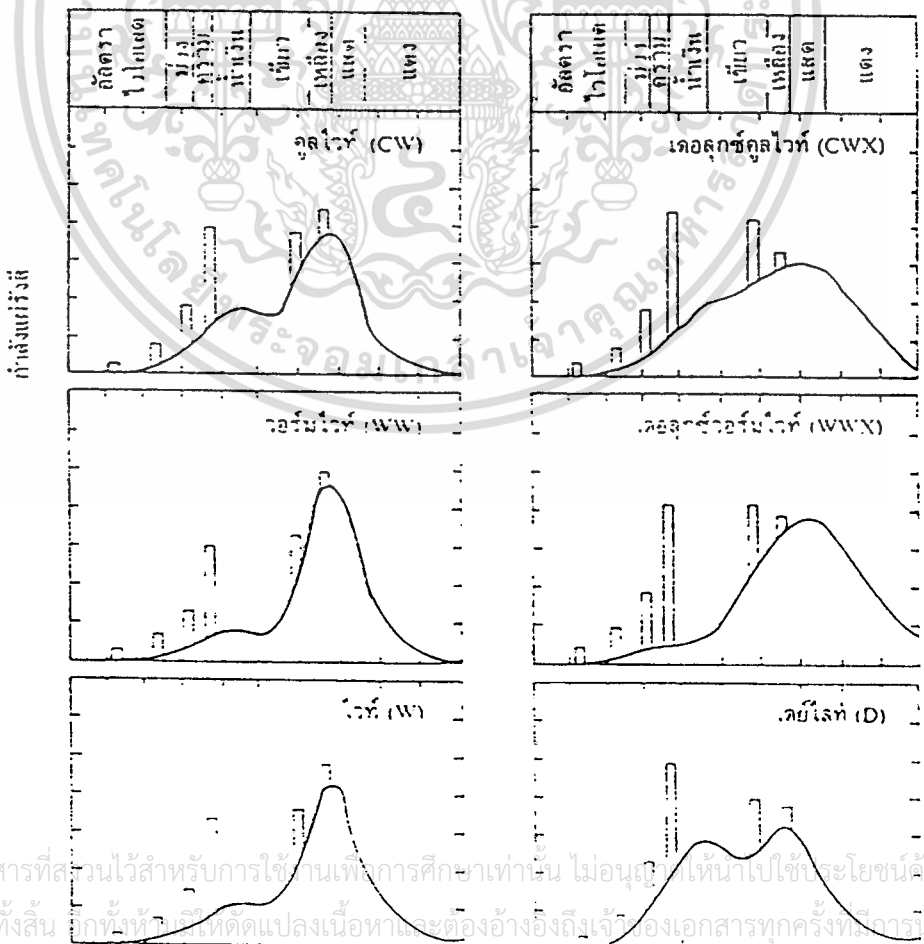
ไปเป็นแสงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ ส่วนแสงอุลตราไวโอเลตที่เหลืออีก 40 % จะกลายเป็นรังสีอินฟราเรด และกำลังงานสูญเสียซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านแสงสว่างดังนั้นแสงสว่างที่จะปรากฏให้ตาเห็นจริง ๆ จะเหลือเพียง 22 % ของพลังงานทั้งหมดที่ป้อนให้แก่หลอด ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์ดังกล่าวสามารถเปลี่ยนพลังงานที่ได้รับทั้งหมดเพียงไม่ถึงหนึ่งในสี่เท่านั้นเป็นแสงสว่างที่ตามองเห็น

**2.4 การกระจายกำลังเชิงสเปกตรัม ( Spectral Power Distribution : SPD )**

เป็นค่าการกระจายของความยาวคลื่นที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงซึ่งค่า SPD ของหลอด ฟลูออเรสเซนต์จะขึ้นอยู่กับสารฟอสเฟอร์ที่เคลือบที่ผนังหลอด โดยทั่วไปแล้วกราฟของ SPD จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ราบเรียบและต่อเนื่อง กับส่วนที่เป็นไลน์สเปกตรัม

ส่วนที่เป็นไลน์สเปกตรัม จะแสดงความหมายถึงแสงที่มองเห็นได้และกำเนิดโดยตรงจากเมอคิวรีอาร์ก ( Mercury Arc ) ส่วนที่ราบเรียบและต่อเนื่องจะเกิดจากการกระทำของพลังงานอุลตราไวโอเลตบนสารฟอสเฟอร์

ค่า SPD ของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะสามารถเปลี่ยนได้โดยการเปลี่ยนชนิดหรือส่วนผสมของฟอสเฟอร์ที่ใช้เสียใหม่ แต่โดยปกติจะพบ SPD ทั่ว ๆ ไป ดังรูปที่ 2.4



รูป 2.4 แสดงการกระจายกำลังเชิงสเปกตรัมของหลอดฟลูออเรสเซนต์

## 2.5 ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์

สามารถจำแนกหลอดฟลูออเรสเซนต์ตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ชนิดคือ ชนิดที่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ ( Starter ) และชนิดที่ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ ชนิดที่ใช้สตาร์ทเตอร์หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Preheat Start จะใช้สตาร์ทเตอร์ทำหน้าที่อุ่นขั้วหลอดให้ร้อนประมาณ 2 - 3 วินาที แล้วจึงเปิดวงจรซึ่งทำให้มีความต่างศักย์สูงที่ขั้วหลอด ทำให้ก๊าซที่บรรจุภายใน Discharge เกิดรังสีอุลตราไวโอเลต ซึ่งทำให้ผงหรือฝุ่นฟลูออเรสเซนต์ที่เคลือบอยู่เรืองแสงขึ้นมา เมื่อไฟสว่างแล้วตัวบัลลาสต์จะเป็นตัวควบคุมความต่างศักย์ภายในให้สม่ำเสมอ ส่วนหลอดอีกชนิดเป็นชนิดที่ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ซึ่งมี 2 แบบ เรียกว่า ชนิด Rapid Start และ ชนิด Instant Start ซึ่งขบวนการก็คล้ายกับแบบใช้สตาร์ทเตอร์ แต่ไม่มีอุปกรณ์ที่ใช้แทนสตาร์ทเตอร์บรรจุอยู่ในขั้วหลอดเลย การจุดติดจะเร็วกว่าแบบใช้สตาร์ทเตอร์

### 1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดอุ่นไส้ ( Preheat Fluorescent lamp )

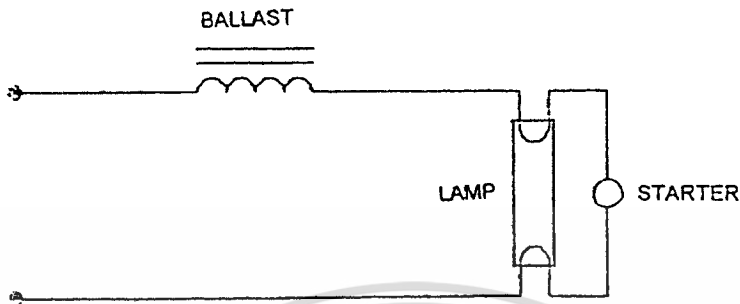
หลอดชนิด Preheat จัดได้ว่าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแรกที่ถือกำเนิดขึ้นมาในปี ค.ศ 1938 หลอดชนิดนี้ต้องการการอุ่นไส้หลอด ทำให้ต้องมีตัวสตาร์ทเตอร์แยกต่างหาก ตัวสตาร์ทเตอร์นี้จะปล่อยให้มีกระแสไหลผ่านขั้วหลอด เพื่ออุ่นขั้วหลอดจนถึงเวลาที่หลอดเริ่มทำงานและเปล่งแสงสว่างออกมา การอุ่นขั้วหลอดนี้ก็เพื่อให้ตัวขั้วคาโอดปล่อยอิเล็กตรอนที่จะกลายเป็นลำอิเล็กตรอนที่ค่าแรงดันต่ำ ๆ ตัวสตาร์ทเตอร์ปกติแล้วจะเป็นชนิดอัตโนมัติซึ่งจะปล่อยกระแสผ่านตัวคาโอดชั่วระยะเวลาหนึ่ง และหลังจากนั้นก็หยุดไม่ปล่อยให้มีกระแสไหลต่อไป ทำให้มีค่าความต่างศักย์ของแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วหลอดทั้งสองอย่างเต็มที่

หลอดชนิด Preheat เป็นหลอดชนิดสองขั้วและมีขนาดตั้งแต่ 4 ไปจนถึง 90 วัตต์ และความยาวตั้งแต่ 6 นิ้ว ไปจนถึง 60 นิ้ว การตั้งหลอดสามารถทำได้โดยบอกว่าเป็นหลอดชนิด Preheat กำหนดค่าวัตต์ , ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอด ( เป็นเศษ 8 ของนิ้ว ) และสี ยกตัวอย่าง เช่น หลอดที่กำหนดค่าเป็นชนิด F20T 12/CW คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 20 วัตต์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เศษ 1 ส่วน 2 นิ้ว ชนิด Cool White

ซึ่งวงจรการทำงานแสดงคังรูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของหลอดชนิดอุ่นไส้หลอดนี้

### 2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดติดทันที ( Instant Start Fluorescent lamp )

จะเห็นได้ว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด Preheat มีข้อเสียก็คือ จำเป็นจะต้องใช้เวลาชั่วขณะหนึ่งในการอุ่นไส้หลอดเพื่อที่จะทำให้หลอดติด ดังนั้นจึงได้มีการคิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดใหม่ทีเรียกว่า หลอด Slimline หรือ Instant Start ขึ้นมาในปี ค.ศ 1944 ซึ่งไม่ต้องการอุ่นไส้หลอดและไม่จำเป็นต้องใช้ สตาร์ทเตอร์ โดยตัวบัลลาสต์ จะทำหน้าที่เหนี่ยวนำให้เกิดค่าความต่างศักย์ที่สูงพอที่จะเกิดลำอิเล็กตรอนขึ้นในทันที เมื่อ ไม่มีตัวสตาร์ทเตอร์ การติดตั้งและการบำรุงรักษาจึงทำได้ง่ายยิ่งขึ้นแต่ไม่ว้ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.5 วงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบชนิดอุ่นไส้

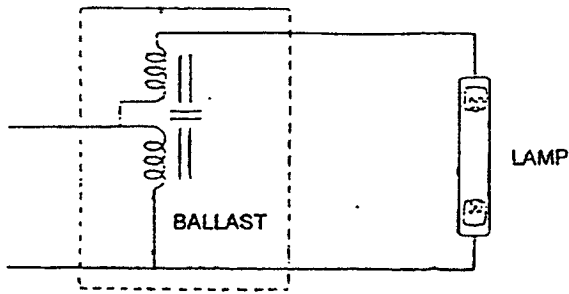
อายุการใช้งานของหลอดโดยทั่วไปจะสั้น และเนื่องจากตัวคาโอดของหลอด Slimline นี้ไม่ต้องการอุ่นไส้ก่อน ดังนั้นจึงมีขั้วเพียงขั้วเดียวที่แต่ละปลายของหลอด คาโอดของหลอดประเภทนี้จึงเรียกว่าเป็นคาโอดเย็น ( Cold Cathode ) ซึ่งตรงกันข้ามกับคาโอดร้อน ที่ต้องมีการอุ่นไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด Preheat หลอดชนิดนี้โดยทั่วไปจะนิยมใช้ในห้องเย็นหรือตู้ทำความเย็น

หลอด Slimline มีขนาดตั้งแต่ 21 - 75 วัตต์และความยาวตั้งแต่ 24 นิ้ว ถึง 96 นิ้ว เนื่องจากหลอด Slimline สามารถใช้งานได้ทั้งที่ค่ากระแสและค่าความต่างศักย์มากกว่าค่าเดียว ดังนั้นการกำหนดหลอดจึงต้องกำหนดด้วยความยาวของหลอดแทนค่าวัตต์ ยกตัวอย่างเช่น F96T 12/ CW คือหลอดที่ยาว 96 นิ้วมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เศษ 1 ส่วน 2 นิ้ว ชนิด Cool White

หลอด Slimline ขนาด 40 วัตต์อาจจะมีขั้วหลอด 2 ขั้วเพื่อให้สามารถใช้ได้กับตัวรับขั้วหลอดชนิด 2 ขั้ว แต่ความจริงแล้วจะมีการต่อขั้วนี้ภายใน เพื่อทำให้ขั้ว 2 ขั้วนั้นทำงานเหมือนกับเป็นเพียงขั้วเดียว ตัวหลอดชนิด Slimline ชนิดมี 2 ขั้วนี้ไม่สามารถใช้งานได้กับวงจรของหลอดชนิด Preheat หรือ Rapid Start ถ้าเรานำไปใส่กับวงจรและขั้วของหลอดชนิดนั้น

หลอดชนิด Slimline ชนิดที่มีขั้ว 2 ขั้วจะกำหนดได้ด้วยตัวอักษร IS ที่ปลายรหัสของหลอด ยกตัวอย่างเช่นหลอด F 4 DT 12/D/IS คือหลอดขนาด 40 วัตต์เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 เศษ 1 ส่วน 2 นิ้ว และเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด Daylight Instant Start

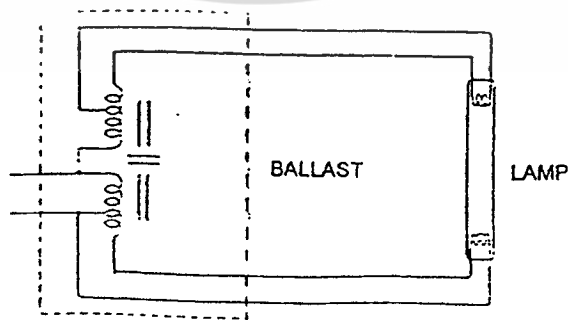
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.6 วงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแบบติดทันที

3. หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดติดเร็ว ( Rapid Start Fluorescent lamp )

หลอด Rapid Start ซึ่งได้รับการนำออกสู่ตลาดในปี ค. ศ 1952 เป็นหลอดที่สามารถจุดติด และไม่มีอาการกระพริบได้อย่างรวดเร็ว โดยเป็นการรวมเอาคุณสมบัติของหลอดสองชนิดแรกข้างต้นเข้าด้วยกัน ส่วนวงจรบัลลาสต์จะมีขดลวดชุดพิเศษเพิ่มขึ้นมาอีกชุดหนึ่ง ซึ่งจะทำหน้าที่อุ่นไส้หลอดตลอดเวลา การส่องสว่างของหลอดชนิดนี้จะเกิดขึ้นช้ากว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบชนิดติดทันทีเล็กน้อย และไม่ต้องอาศัยแรงดันไฟฟ้าสูงเหมือนกับกรณีของหลอดแบบชนิดติดทันที ทำให้อายุการใช้งานของหลอดประเภทนี้นานกว่าหลอดแบบชนิดติดทันทีอีกทั้งไม่มีความจำเป็นต้องใช้สตาร์ทเตอร์ช่วยในการทำงานหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้ ซึ่งเป็นหลอดที่ได้รับความนิยมสูงมากในปัจจุบัน โดยวงจรการทำงานดังรูปที่ 2.7 แสดงให้เห็นถึงวงจรการทำงานของหลอดแบบชนิดติดเร็ว



รูป 2.7 วงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบชนิดติดเร็ว

การระบุค่าของหลอดก็ใช้การกำหนดในลักษณะกับการกำหนดหลอดชนิดอื่น ๆ และต่อท้ายด้วยคำว่า RS ซึ่งหมายถึง Rapid Start ยกตัวอย่างเช่น หลอดที่มีสัญลักษณ์กำหนดความเป็นหลอดชนิด F 30 T 12 /CW/RS หมายถึง หลอด Rapid Start ขนาด 30 วัตต์ เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 เศษ 1 ส่วน 2 นิ้ว ชนิด Rapid Start

#### 4. หลอด Rapid Start ชนิด High Output

เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้ค่าแสงสว่างออกมามากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดอื่น ๆ หลอด High Output จะมีขนาดตั้งแต่ 32 ไปถึง 105 วัตต์และความยาวตั้งแต่ 24 นิ้ว ไปถึง 96 นิ้ว การระบุหลอดเหมือนกับการกำหนดคุณสมบัติของหลอด Slimline นั่นก็คือ จะกล่าวถึงความยาวของหลอดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอด และสี แต่จะมีตัวย่อ HO ซึ่งย่อมาจาก High Output ต่อท้าย เช่น หลอด F60 T 12 / CW/HO หมายถึงหลอดยาว 60 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เศษ 1 ส่วน 2 นิ้ว Cool White และเป็นหลอด High Output

#### 5. หลอด Rapid Start ชนิด Very High Output

เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดที่ให้แสงสว่างสูงกว่าหลอดธรรมดาแต่ที่แตกต่างจากหลอด High Output ก็คือ เมื่อกระแสของหลอดฟลูออเรสเซนต์สูงเกินกว่า 1 แอมแปร์ หรือ 1,000 มิลลิแอมป์แล้วค่าวัตต์ต่อค่าความยาวฟุตของหลอดจะสูงมากขึ้นจนก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความร้อน จึงทำให้ต้องมีการแก้ไขการออกแบบใหม่เพื่อให้สามารถใช้งานหลอดได้ตามปกติ ผลจากการที่กระแสสูงกว่า 1 แอมแปร์จะทำให้อุณหภูมิของไอปรอทสูงขึ้นและทำให้ค่าความดันไอของปรอทสูงขึ้นด้วย ซึ่งจะเป็นการลดประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างของหลอด เพราะไอของปรอทจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดเมื่อค่าความดันไออยู่ระหว่าง 6 -10 ไมครอน ซึ่งคิดเป็นอุณหภูมิของไอปรอทก็จะตกประมาณ 40 - 45 องศาเซลเซียส การควบคุมความดันไอปรอทในหลอดนี้ทำได้โดยการใส่แผ่นโลหะกลม ที่ทำหน้าที่เป็นโล่ป้องกันความร้อน ( Circular Metallic Reflecting Shields ) ระหว่างไส้หลอดกับปลายหลอด โล่นี้จะทำหน้าที่สะท้อนความร้อนที่ถูกนำมาโดยก๊าซร้อนใกล้กับตัวคาโอด ดังนั้นอุณหภูมิของไอปรอทที่ส่วนหลังของคาโอด จึงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมหรือเป็นการสร้างศูนย์กลางของค่าความดัน ( Pressure Control Center ) ที่เหมาะสมขึ้น ไอปรอทที่มีค่าสูงจนเกินไปจะลดค่าความดันที่เหมาะสมทั่วทั้งหลอด จึงมีการผสมส่วนประกอบของก๊าซเฉื่อยเข้าไปเพื่อทำให้คาโอดมีอายุยาวยิ่งขึ้น และสามารถรักษาระดับปริมาณแสงสว่างไว้ได้อย่างสม่ำเสมอ

### บทที่ 3

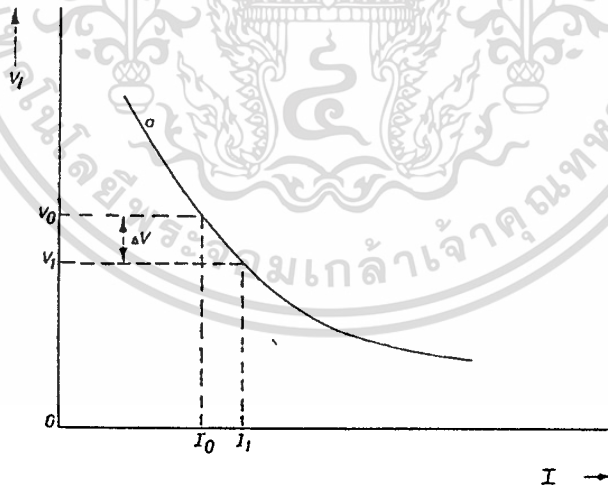
#### ทฤษฎีพื้นฐานของบัลลาสต์

บัลลาสต์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่ง ที่ไม่ควรมองข้ามมันไป ในระบบแสงสว่าง ปัจจุบันนี้จะพบว่าเราให้ความสำคัญกับบัลลาสต์มาก ได้มีการพัฒนาบัลลาสต์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างมาก ในการที่จะช่วยประหยัดพลังงาน ( ช่วยลดการสูญเสียในตัวบัลลาสต์ ) อีกทั้งยังช่วยพัฒนาระบบไฟฟ้าเพิ่มค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบให้ดีขึ้น

#### 3.1 การใช้บัลลาสต์ช่วยในการจุดติดของหลอดฟลูออเรสเซนต์

##### 1. เมื่อใช้บัลลาสต์แบบขดลวดพันบนแกนเหล็ก

หลอดฟลูออเรสเซนต์จะเหมือนกับหลอดไส้ขจรทั่ว ๆ ไป คือมีลักษณะความต้านทานทางลบ ( Negative Resistance ) ซึ่งในหลอดฟลูออเรสเซนต์คุณสมบัติความต้านทานเชิงลบจะจัดอยู่ในลักษณะของกระแสเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันลดลง ดังแสดงตามรูป 3.1



รูป 3.1 กราฟแสดงความต้านทานทางลบของหลอดฟลูออเรสเซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟจะอธิบายได้ว่าเมื่อแหล่งจ่าย ( $V_0$ ) จ่ายแรงดัน ให้กับหลอด ก็เกิดการคายประจุขึ้นภายในหลอด ผลทำให้มีกระแส  $I_0$  ไหลผ่าน  $\omega$  ที่แรงดันเท่ากับแรงดันคร่อมหลอด แต่เนื่องจากผลของความต้านทานเชิงลบจึงทำให้ แรงดันคร่อมหลอดเปลี่ยนเป็น  $V_L$  แต่ในขณะที่เดียวกันแหล่งจ่ายยังจ่ายแรงดัน  $V_0$  ให้กับหลอดอยู่ตลอดเวลา ผลทำให้เกิดแรงดันเกิน  $\Delta V$  ซึ่งมีผลให้อิเล็กตรอนเกิดการแตกตัวมากขึ้น กระแสในหลอดจะเพิ่มมากขึ้น จนในที่สุด หลอดก็จะเสีย

ซึ่งเป็นเหตุผลที่หลอดคายประจุต้องมีอุปกรณ์ที่ทำให้มีความเสถียรภาพมาต่ออนุกรมกับหลอด เพื่อให้เป็นตัวควบคุมกระแสที่พอเหมาะให้ไหลผ่านหลอดและเป็นตัวที่จะกำหนดค่าแรงดันที่ใช้ในการจุดหลอดและแรงดันของหลอดในขณะที่ทำงาน ซึ่งเราเรียกอุปกรณ์นี้ว่า บัลลาสต์ (Ballast) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทำงานของหลอดก๊าซคายประจุมาก เพราะก่อนที่หลอดก๊าซคายประจุจะจุดติดได้นั้น หลอดจะมีค่าอิมพีแดนซ์ ที่สูงมากในช่วงแรกจึงต้องอาศัยแรงดันที่มีค่าสูงเพื่อช่วยในการจุดหลอดซึ่งโดยทั่วไปแล้วในทางไฟฟ้าบัลลาสต์จะเป็นอุปกรณ์แบบขดลวดอินดักทีฟ ( Inductive ) คาปาซิทีฟ ( Capacitive ) และ รีซิสทีฟ ( Resistive )

จากรูป 2.5 แสดงวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้บัลลาสต์แบบขดลวดพันบนแกนเหล็ก จะมีอิมพีแดนซ์เป็นแบบอินดักทีฟ เพื่อให้เกิดแรงเคลื่อนทางไฟฟ้าแบบทรานเซียนต์ ( Transient voltage ) ที่มีค่าสูงไปช่วยจุดหลอดในช่วงแรก ก่อให้เกิดการอาร์กระหว่างไส้หลอดจนหลอดจุดติดได้แล้วจากนั้นค่าอิมพีแดนซ์ของหลอดจะมีค่าลดลง ถ้าไม่มีการจำกัดกระแสก็จะมีปริมาณกระแสไหลผ่านหลอดเพิ่มมากขึ้นจนหลอดเสียหายได้ บัลลาสต์แบบขดลวดอินดักทีฟที่ต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายแรงดัน จะทำให้อิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่ายมีค่าสูงขึ้น และทำให้แหล่งจ่ายแรงดันทำงานเสมือนแหล่งจ่ายกระแส ดังนั้นวงจรจึงสามารถจำกัดกระแสที่ไหลผ่านหลอดได้

จากรูป 2.5 แสดงวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์จะพบว่า ยังมีอุปกรณ์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ สตาร์ทเตอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ช่วยในการจุดการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ โครงสร้างของสตาร์ทเตอร์ภายในจะประกอบด้วยอิเล็กโทรดที่เป็นแบบ Bimetallic 2 แผ่น ภายในตัวสตาร์ทเตอร์จะบรรจุด้วยก๊าซเฉื่อย และมีคาปาซิเตอร์ตัวเล็ก ซึ่งช่วยป้องกันการรบกวนคลื่นวิทยุขณะสตาร์ทเตอร์ทำงาน

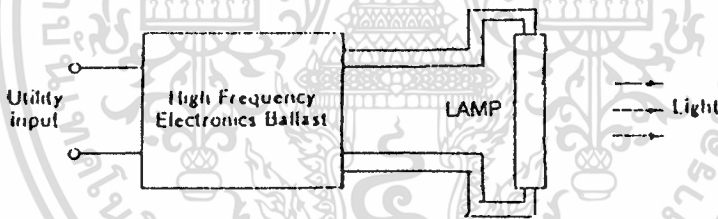
เมื่อเราดับสวิทช์ปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านวงจรช่วงแรกกระแสจะไม่สามารถไหลผ่านระหว่างขั้วและท้ายของขั้วอิเล็กโทรดเนื่องจากความต้านทานภายในยังสูงอยู่ ในขณะที่เดียวกันกระแสไฟฟ้าก็จะไหลผ่านสตาร์ทเตอร์ที่บรรจุด้วยก๊าซนีออนซึ่งจะทำให้ก๊าซนีออนในสตาร์ทเตอร์แยกตัวเป็นไอออนเปล่งแสงพร้อมทั้งเกิดความร้อนทำให้โลหะต่างชนิดกันสองแผ่น ( Bimetallic ) โกงตัวไปชนหน้าสัมผัสที่อยู่กับที่ซึ่งทำให้วงจรได้หลอดทั้งสองก็จะถูกต่อให้ครบวงจรทางไฟฟ้าโดยการเผาไส้หลอดให้ร้อนก็จะเกิดขึ้นและความต้านทานของหลอดจะลดลง ในขณะที่เดียวกันสตาร์ทเตอร์เมื่อเย็นตัวลงจะเปิดแยกวงจรไฟฟ้าเผาไส้หลอดออกซึ่งจากการเปิดวงจรทำให้สนามแม่เหล็กที่บัลลาสต์เกิด

# ฉันทน์กหอทมุดคตถง ทระจอมเกด้าตคกระบง

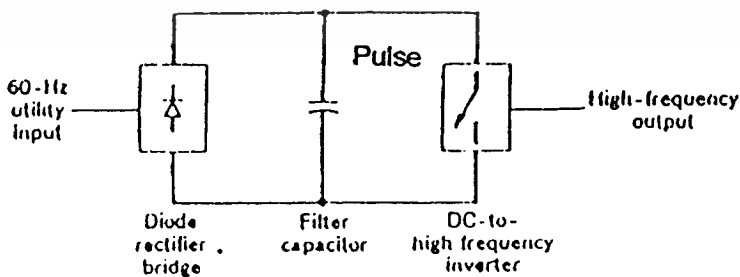
การขุดตัวถงและเกดแรงคั้น ไฟฟ้าที่สูงขั้น จกการเหน็ขวนำในคัวเองนึ่งจมีกรคั้นกระแสให้ว้งผ่าน ระหว่งขั้วอเล็ก ทโรคทงสองข้าง โดยอเล็กทรอนอิสระจะถูกระเทกให้หลุดออกมำทำให้ออปรอทที่ บรรจอยู่ทในหลอดแก้วแตกคัวเป็น ออออนไปกระคุ่นสาร์เรองแสงทำให้อลอดเปล่งแสงออกมำได้

## 2. เม่อใช้บัลลอสต์เบบบัลลอสต์อเล็กทรอนิกส์

บัลลอสต์อเล็กทรอนิกส์ ( Electronics ballast ) เป็นบัลลอสต์ชนิดใหม่ ที่มีกรนำเอา เทคโนโลยี่ทงอเล็กทรอนิกส์มำผลิตบัลลอสต์ ซึ่งจะแตกค่างจกบัลลอสต์ขดลวดพันบนแกนเหล็กที่ใช้ ขดลวดพันบนแกนเหล็กหลวย ๆ รอบ ซึ่งค้ำประสิทธิภพของบัลลอสต์ ค้ำควมสูญเสยของบัลลอสต์ ก็ จะขั้นอยู่กบควมภพของแกนเหล็ก และขดลวด สำหรับบัลลอสต์อเล็กทรอนิกส์ นั้นจะอศัยควมถึสูง ช่วยในกรจคคิตหลอด ซึ่งจะแตกค่างจกบัลลอสต์ขดลวดพันบนแกนเหล็กที่ใช้สคาร์ทเตอร์ช่วยใน กรจคคิตของหลอด สำหรับประสิทธิภของบัลลอสต์ ค้ำควมสูญเสยของบัลลอสต์ จะขั้นอยู่กบกรออก เบบค้ำควมเหน็ขวนำที่ใช้ในวงจร กรออกเบบวงจร Rectifier , วงจร Converter ลักษณะกรค้วง จรของบัลลอสต์อเล็กทรอนิกส์แสดงให้เห่นในรูป 3.2



รูป 3.2 แสดงกรค้วงจรของบัลลอสต์อเล็กทรอนิกส์



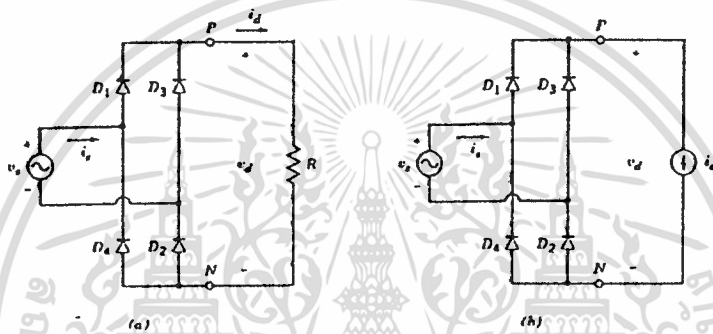
รูป 3.3 แสดงบล็อกรค้วงจรของบัลลอสต์อเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งำนเพื่อกรศีกษำเทำนั้น ไม่อนุญาตให้ นำไปใช้ประยอชนด้ำนกรค้ำ ไม้วำกรณใด ๆ ทงสิ้น อิกทงหำมมิให้คดเปล่งเนื้อหำและต้องอ้ำงอิงถึงเจ้ำของเอกสารทกคร้งที่มีกรนำไปใช้

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะทำการแปลงความถี่กระแสสลับขาเข้าบัลลาสต์ ( 50 Hz ) ให้มีความถี่สูงขึ้นทางด้านขาออก ซึ่งความถี่สูงนี้จะมีค่าประมาณ 25 - 50 kHz สำหรับบล็อกไดอะแกรมของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะแสดงในรูป 3.3

### Ac to Dc Rectifier

เป็นส่วนแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดยในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะนิยมใช้ Diode rectifier bridge ซึ่งเป็นแบบ Uncontrolled Dc โดยทางด้าน output ของกระแสตรงจะมีการต่อ Capacitor เข้าไปเพื่อช่วยลดการ Ripple และให้ค่าแรงดันกระแสตรงมีค่าใกล้เคียงกับค่า peak ของค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ



รูป 3.4 แสดง Diode rectifier bridge

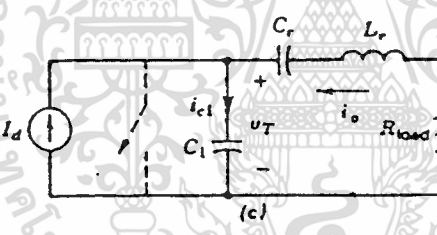
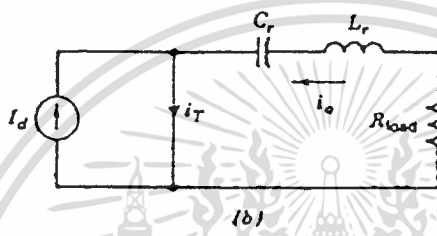
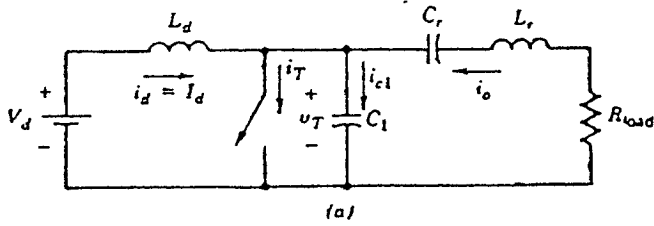
### Dc to Ac inverter

ในส่วนนี้จะเป็นการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับที่มีความถี่สูงขึ้น ซึ่งมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น

#### Class E resonant converter

Class E resonant converter จะทำงานที่ความถี่การสวิตซ์ซึ่ง  $F_s$  ซึ่งจะมีค่าค่อนข้างสูงกว่าความถี่เรโซแนนซ์ ( $F_o = 1/2\pi \sqrt{LrCr}$ ) เล็กน้อย ซึ่งค่าความถี่  $F_s$  จะมีความสัมพันธ์กับค่า  $I_o$ ,  $V_r$  คือ เมื่อ  $F_s$  มีค่าเพิ่มมากขึ้น ( $F_s > F_o$ ) จะทำให้  $I_o$  และ  $V_r$  มีค่าลดลง โดยวงจรสามารถพิจารณาได้ในรูป 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.5 แสดง Class E converter a) รูปวงจร b) Switch turn on c) Switch turn off

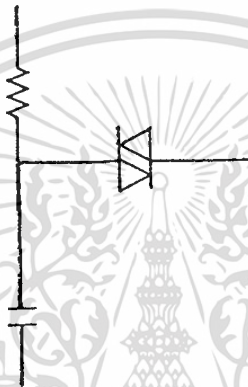
การใช้ Class E converter ในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะไม่นิยมนำมาใช้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แบบทั่วไป แต่จะนิยมนำมาใช้กับหลอด Compact fluorescent เนื่องจากว่าจะใช้สวิตช์เพียงตัวเดียวทำให้ประหยัดเนื้อที่ในการติดตั้ง ข้อดีที่เห็นได้ชัดสำหรับ Class E converter คือ สามารถจำกัดความสูญเสียในขณะ Switching และเนื่องจากเป็น Single switch จึงทำให้กระแสเอาร์ที่พุดมีลักษณะเป็น ไซน์ควบ แต่จะมีข้อเสียในเรื่องของการมีค่าแรงดันและกระแสพิกที่มีค่าสูงมาก

สำหรับ Converter อีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์คือ จะใช้ Switch mode converter โดยใช้แบบ half bridge converter ซึ่งจะแตกต่างจาก Class E converter ตรงที่ว่าจะใช้ไมวากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิทช์ 2 ตัวในการสวิทช์ซึ่งแทนที่จะใช้ 1 ตัวเหมือนใน Class E ข้อเสียของ Switch mode converter คือจะมีกำลังงานสูญเสียในขณะที่สวิทช์ซึ่งสูงขึ้น เมื่อความถี่ในการสวิทช์มีค่าสูง และยังมีผลของการรบกวนทางสนามแม่เหล็กสูง ( Electromagnetic interference )

### Pulse

ใช้เป็นตัวสร้างสัญญาณ โดยส่วนมากจะนิยมใช้ Diac จากรูป 3.6 แสดงลักษณะวงจรสร้าง Pulse โดย C จะทำการ Discharge ประจุจนแรงดันที่ตัวเก็บประจุมีค่าน้อยกว่าแรงดันเบรคดาวนของ Diac จะทำให้ Diac หยุดนำกระแส จากนั้น C ก็จะชาร์จประจุอีก ซึ่งจะเป็นอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ ผลทำให้เกิดวัฏจักรที่สร้าง Pulse ที่มีควมถี่สูง



รูป 3.6 แสดงวงจรสร้าง Pulse

สำหรับการจุดหลอดนั้น ในตอนเริ่มต้นจะอาศัยการเรโซแนนซ์ระหว่างตัวเก็บประจุที่ต่อพร้อมหลอด และตัวเหนี่ยวนำที่ต่ออนุกรมกับหลอดรวมกับการปรับความถี่ โดยจะเพิ่มความถี่ของแหล่งจ่าย ไฟฟ้ากระแสสลับให้สูงกว่าความถี่เรโซแนนซ์ที่พอเหมาะ เพื่อให้มีกระแสอ่อนได้หลอดอย่างเหมาะสมจากนั้นจึงลดความถี่ให้เข้าใกล้ความถี่เรโซแนนซ์ของวงจร ซึ่งปรากฏการณ์เรโซแนนซ์นี้จะช่วยให้หลอดติดได้

เพราะฉะนั้นจึงสรุปได้เลยว่า บัลลาสต์เป็นอุปกรณ์ประกอบที่สำคัญมากในวงจรหลอดปล่อยประจุก๊าซ โดยจะทำหน้าที่ที่สำคัญ คือ

1. จ่ายกระแสจุดหลอดที่เหมาะสมให้กับหลอดในระหว่างเริ่มจุดหลอด
2. จ่ายแรงดันจุดหลอดที่เหมาะสมให้กับหลอด เพื่อใช้กระตุ้นให้เกิดการปล่อยประจุในระหว่างเริ่มจุดหลอด
3. จ่ายแรงดันที่เหมาะสมให้กับหลอดเพื่อรักษาเสถียรภาพของการปล่อยประจุในระหว่างที่หลอดทำงานเพื่อการทำงานที่ดีของหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิใช่เพื่อใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. เพื่อปรับค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้สูงขึ้น ( ในกรณีที่เป็นบัลลาสต์ชนิดเพาเวอร์แฟกเตอร์สูง )

### 3.2 คุณลักษณะทั่วไปทางไฟฟ้าของบัลลาสต์จะประกอบไปด้วย

#### กระแสจุดหลอด

ในช่วงเวลา 30 วินาทีแรก หรือในช่วงอุ่นหลอดจะต้องอยู่ในพิคก ที่กำหนดของหลอดแต่ละชนิด ถ้ากระแสจุดหลอดมีค่าสูงเกินไป หลอดจะมีอายุสั้น แต่ถ้ากระแสจุดหลอดมีค่าต่ำเกินไป หลอดจะไม่สามารถเปล่งแสงจนถึงค่าสูงสุดที่สภาวะปกติได้

#### แรงดันจุดหลอด

คือแรงดันของบัลลาสต์ ( ในขณะเปิดวงจร ) ที่ใช้กระตุ้นให้เกิดกระบวนการ ไอออไนซ์ ในกระเปาะอาร์ก เพื่อให้เกิดอาร์กกระหว่างอิเล็กโทรดหลักทั้งสอง

#### แรงดันทำงาน

หลอดแต่ละชนิด แต่ละขนาดจะมีแรงดันทำงานแตกต่างกันไป บัลลาสต์ต้องควบคุมให้แรงดันทำงานของหลอดเป็นไปตามที่ได้รับการออกแบบไว้

#### รูปร่างของกระแสทำงาน

ถูกกำหนดด้วยตัวประกอบยอดคลื่น ( Crest Factor ) ซึ่งเป็นอัตราส่วนส่วนนของค่ายอด ( Peak หรือ Maximum ) ต่อค่ารากกำลังสองเฉลี่ย ( Root Mean Square : RMS ) ของรูปร่างของกระแส ซึ่งขึ้นกับคุณสมบัติของบัลลาสต์ ตัวประกอบยอดคลื่นของรูปคลื่นไซน์ซอซด์ จะมีค่า 1.414 ตัวประกอบยอดคลื่นของกระแสทำงานจะมีผลโดยตรงต่อค่า ฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดให้ออกมาตลอดอายุการใช้งาน ถ้าตัวประกอบยอดคลื่นมีค่าสูงจะทำให้ฟลักซ์ส่องสว่างลดอย่างรวดเร็วตามระยะเวลาที่ใช้งาน

### 3.3 คุณลักษณะขณะทำงาน

ในการเลือกใช้งานบัลลาสต์แต่ละชนิดต้องคำนึงถึงคุณลักษณะขณะทำงานของบัลลาสต์ด้วย โดยศึกษาจากเอกสารคู่มือของบัลลาสต์ชนิดนั้น ๆ ให้ถ่องแท้เสียก่อน คุณลักษณะขณะทำงานของบัลลาสต์จะประกอบไปด้วย

#### แรงดัน

ต้องใช้บัลลาสต์ที่มีขนาดพิคกแรงดันและความถี่ตรงกับแรงดันและความถี่ของระบบไม่เช่นนั้นแล้วคุณสมบัติของหลอดจะแตกต่างไปจากผู้ผลิตได้ออกแบบไว้ นอกจากนี้ยังอาจทำให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า บัลลาสต์เสียหาย ได้ด้วย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ช่วงของแรงดัน

โดยปกติแล้วแรงดันของระบบจะมีค่าเปลี่ยนแปลงจากค่ากำหนดพอสมควร เนื่องจากมีแรงดันตกหรือแรงดันเพิ่มดังนั้นเมื่อจะใช้งานบัลลาสต์จึงต้องทราบก่อนว่าแรงดันของระบบมีช่วงเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใด

### เพาเวอร์แฟกเตอร์

เราสามารถแบ่งบัลลาสต์ตามค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ออกได้เป็น 2 พวก คือ พวกค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำมีค่าประมาณ 50 % Lagging และ พวกค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์สูงตั้งแต่ 90 % ขึ้นไป ในการเลือกใช้บัลลาสต์ก็ต้องพิจารณาถึงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ด้วย เพราะถ้าเลือกใช้บัลลาสต์ที่ให้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำจะต้องใช้ระบบไฟฟ้าหรือหม้อแปลงขนาดใหญ่กว่าแบบที่ให้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์สูง ซึ่งจะมีผลอื่น ๆ คิดตามอีก เช่น ใช้ระบบไฟฟ้าได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพมีกำลังงานสูญเสียในระบบสูง เป็นต้น

### กระแสจุดหลอด

ก็เป็นตัวประกอบที่สำคัญที่ต้องพิจารณาวลากลือเลือกใช้บัลลาสต์ด้วย เพราะในการออกแบบไฟฟ้าตั้งแต่การกำหนดขนาดสายสวิตช์และอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ เช่น ฟิวส์ หรือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ อุปกรณ์เหล่านี้จะต้องทำงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย เพราะต้องรับกระแสจุดหลอดซึ่งอาจจะสูงกว่ากระแสทำงาน

### แรงดันขาเข้ากระตุก ( Input Voltage dip )

คือ ค่าแรงดันที่ตกลงต่ำสุดในทันทีทันใดในช่วงเวลา 4 วินาที แล้วกลับสู่ค่าเดิมก่อนที่หลอดจะดับ แรงดันกระตุกอาจเกิดจากการตัดต่อโหลดขนาดใหญ่ เช่น มอเตอร์หรือการทำงานเป็นจังหวะ ๆ ของเครื่องเชื่อมแบบความต้านทานในกรณีเช่นนี้ บัลลาสต์ต้องสามารถทำให้หลอดติดอยู่ได้โดยไม่ดับไป ถ้าแรงดันกระตุกมีค่าไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดของบัลลาสต์

### กำลังงานสูญเสีย

กำลังงานสูญเสียของบัลลาสต์เป็นตัวประกอบที่ต้องพิจารณาถึงด้วย เพราะเป็นส่วนที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายโดยเปล่าประโยชน์อยู่ตลอดเวลา

ในปัจจุบันจะพบว่าเราตระหนักถึงการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า เนื่องจากเกรงกันว่าจะเกิดการขาดแคลนพลังงานในอนาคต เพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้เพื่อแสวงหาพลังงานใหม่ ขณะเดียวกันต้องประหยัดและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานด้วย

การใช้หลอดฟลูออโรเรสเซนส์แทนหลอดเผาไส้ก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วย ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 3 - 5 เท่า และในปัจจุบันจะพบว่าได้มีการผลิตบัลลาสต์ชนิดใหม่ขึ้นมาเรียกว่า ‘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electronics Ballast' ซึ่งใช้แทนบัลลาสต์แบบขดลวดพันบนแกนเหล็ก สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้โดยการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ

1. ลดค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำที่ทำหน้าที่ควบคุมกระแสผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์
2. เพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์

การใช้ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงในระดับ 20 - 50 กิโลเฮิร์ตซ์ จะสามารถลดค่าความเหนี่ยวนำที่ใช้ในการควบคุมกระแสผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์ลงได้ประมาณ 500 - 1000 เท่า เมื่อเทียบกับความเหนี่ยวนำของบัลลาสต์แบบขดลวดพันบนแกนเหล็ก ทำให้สามารถออกแบบตัวเหนี่ยวนำให้มีกำลังสูญเสียต่ำ ๆ ได้ ดังนั้นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ก็ต่อเมื่อกำลังสูญเสียของวงจรเรียงกระแส วงจรอินเวอร์เตอร์ และตัวเหนี่ยวนำรวมกันจะต้องมีค่าน้อยกว่ากำลังสูญเสียของบัลลาสต์ขดลวดแบบพันบนแกนเหล็ก

### 3.4 คุณลักษณะเฉพาะของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

1. มีค่าตัวประกอบกำลังเข้าวงจร ( circuit power factor :  $\lambda$  ) ไม่น้อยกว่า 0.95
2. กำลังไฟฟ้าเข้าวงจร ( input power ,  $P_{in}$  ) เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 1506-2541 หรือ IEC 60929 หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า ต้องมีค่า
  - 2.1 ไม่เกิน 36 วัตต์ต่อหลอด กรณีใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์
  - 2.2 ไม่เกิน 18 วัตต์ต่อหลอด กรณีใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์
3. เป็นบัลลาสต์สำหรับใช้ได้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ และสามารถทนการเปลี่ยนแปลงแรงดันจาก 198 โวลต์ ถึง 242 โวลต์ได้
4. ทนแรงดันทรานเซียนต์ ( Transient Overvoltage ) ได้ตามมาตรฐาน IEEE C 62.41 Cat. B.1 หรือ IEC หรือ มาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า
5. มีค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสไฟฟ้าด้านเข้า ( THD , Total Harmonics Distortion of input current ) ไม่เกิน 25 % ตามมาตรฐาน IEC 61000-3-2 หรือ EN 61000-3-2 หรือ VDE 0712 Part 23-25 หรือ ANSI หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า
6. มีการป้องกันการรบกวนจาก การส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ คลื่นรบกวนวิทยุ ( EMI , EM, RFI suppression ) เป็นไปตามมาตรฐาน CISPR 15 หรือ FCC part 18 หรือ VDE 0875 หรือ VDE-EMV หรือ EN 55015 หรือ EN 55022 หรือ EN 61547 หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การออกแบบการทดลอง

ในการทดลองวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อศึกษาคุณสมบัติของบัลลาสต์และหลอดฟลูออโรสเซสเซนต์นั้น จะใช้ระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นตัวแทน โดยจะใช้ระดับแรงดันป้อนเข้าของวงจรแสงสว่าง 5 ระดับ คือ 198 , 209 , 220 , 231 และ 242 โวลต์ หรือ  $220 \pm 2 \times 5\%$  เพื่อจะศึกษาคุณสมบัติของระบบที่เปลี่ยนแปลงไปตามค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับ และยังเป็น การทดสอบด้วยว่าบัลลาสต์ที่ทำการทดลองเหล่านี้สามารถทนแรงดันและทำงานได้ตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

ในการทดลองจะแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วนตามคุณสมบัติ คือ

1. การวัดค่าทางไฟฟ้า เป็นการวัดค่าทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นของบัลลาสต์และหลอด เมื่อจ่ายแรงดันตามกำหนด เช่น กระแสไฟฟ้าแหล่งจ่าย(Supply Current) กำลังวงจรทั้งหมด (Total Circuit Power) ตัวประกอบกำลังของวงจร(Circuit Power Factor) รูปคลื่นกระแสไฟฟ้าแหล่งจ่าย(Source Current Wave Form) เป็นต้น
2. การวัดค่าทางแสง เป็นการวัดค่าฟลักซ์ส่องสว่างที่ได้จากหลอดฟลูออโรสเซสเซนต์ที่ได้จากการจับคู่หลอดและบัลลาสต์ชนิดต่าง ๆ
3. การทำ Temperature Rise

#### 4.1 ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ศึกษา

1. ค่าตัวประกอบกำลังของวงจร(Circuit Power Factor :  $\lambda$ ) หมายถึง ตัวประกอบกำลังของการต่อรวมระหว่างบัลลาสต์และหลอด เป็นค่าที่แสดงสัดส่วนระหว่างกำลังที่ใช้งานจริง(Active Power) ต่อค่ากำลังปรากฏ(Apparent Power)ที่ได้รับจากแหล่งจ่าย และสามารถบอกค่ากำลังที่ไม่ใช้งานจริง(Reactive Power)ได้ ซึ่งหากค่าตัวประกอบกำลังของวงจรต่ำ หมายถึงวงจรมีการใช้กำลังจริงน้อย และจะมีค่ากำลังที่ไม่ใช้งานจริงมาก ซึ่งค่ากำลังงานที่ไม่ใช้งานจริงนี้จะเพิ่มขึ้น ถ้าอุปกรณ์ที่ต่ออยู่เป็นชนิดความเหนี่ยวนำ โดยค่านี้นอกจากจะมีผลทำให้เกิดการสิ้นเปลืองแล้ว ยังมีผลต่อระบบไฟฟ้าด้วย เช่น การเพิ่มค่าสูญเสียเนื่องจากทองแดง ทำให้ระบบจ่ายกำลังได้ไม่เต็มที่ เป็นต้น

2. ค่าตัวประกอบยอดคลื่นของกระแส (Current Crest Factor) เป็นค่าอัตราส่วนของค่ายอดคลื่นกระแส(Peak Current)ต่อค่ากำลังสองเฉลี่ย(rms Current)ของคลื่นนั้น โดยค่าตัวประกอบยอดคลื่นของกระแสเป็นการวัดจากกระแสจ่ายหลอด(Lamp Current Crest Factor) ค่านี้จะมีผลต่ออายุการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นเข้าใช้ประโยชน์ใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานของหลอด โดยค่าตัวประกอบยอดคลื่นกระแสที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลง ซึ่งก็มีผลต่อค่าฟลักซ์ส่องสว่างด้วย

3.ค่าประสิทธิภาพของระบบ (System Efficiency) เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพของระบบในการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่าง มีค่าอยู่ในรูปลูเมนต่อวัตต์(lm/w) ซึ่งหาได้จากค่าฟลักซ์ส่องสว่างที่ได้จากหลอด(Light Output) และค่ากำลังไฟฟ้าของวงจรทั้งหมด(Total Input Power)

4.ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสไฟฟ้าขาเข้า (Total Harmonics Distortion of Input Current) รูปคลื่นของสัญญาณที่ไม่เป็นรูปไซน์(Non-sinusoidal) เกิดจากสัญญาณฮาร์โมนิกที่มีความถี่สูงกว่าความถี่หลักมูล(Fundamental) กระแสฮาร์โมนิกเกิดจากอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต่ออยู่กับระบบไฟฟ้า ซึ่งจะไหลเข้าสู่ระบบจ่ายไฟ โดยจะมีผลต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ที่ต่อรวมอยู่ด้วย

5. Ballast Factor เนื่องจากค่ากำลังด้านขาเข้าอย่างเฉียวไม่สามารถจะประเมินการทำงานของหลอดและบัลลาสต์ได้ Ballast Factorเป็นค่าหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพิจารณาการทำงานของหลอดและบัลลาสต์ สามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างแสงสว่างที่ออกมาจากระบบ(Lamp-Ballast System)ต่อค่าแสงสว่างที่ระบุไว้ของหลอดฟลูออโรเรสเซนซ์ตามหลอดหรือในคู่มือจากโรงงาน มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) บางครั้งเรียกว่า Ballast Lumen Factor

## 4.2 การทดลอง

ในการทดลองโครงงานนี้จะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากที่สุด ดังนี้

ส่วนแรก เป็นการทดลอง โดยการจับคู่บัลลาสต์ชนิดต่าง ๆ เข้ากับหลอดฟลูออโรเรสเซนซ์ชนิด ต่าง ๆ เป็นคู่ ๆ ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 แสดงการจับคู่บัลลาสต์กับหลอดชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ทดลอง

ลำดับ	บัลลาสต์	หลอดฟลูออโรเรสเซนซ์
1	แบบแกนเหล็กขนาด 40 w	ขนาด 40 w
2	แบบแกนเหล็กขนาด 40 w	ขนาด 36 w
3	แบบแกนเหล็กขนาด 36/40 w	ขนาด36 w
4	แบบแกนเหล็ก Low Loss 36 w	ขนาด36 w
5	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D 36 w	ขนาด36 w
6	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D 36 w	ขนาด 40 w

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	บัลลาสต์	หลอดฟลูออเรสเซนต์
7.	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ F 36 w	ขนาด 36 w
8.	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ O 36 w	ขนาด 36 w
9.	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ U 36 w	ขนาด 36 w

ส่วนที่สอง เป็นการทดลองที่ใช้การจับคู่บัลลาสต์ชนิดต่าง ๆ กับหลอดฟลูออเรสเซนต์เพียงหลอดเดียว การจับคู่ดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 แสดงการจับคู่บัลลาสต์ชนิดต่างๆ กับหลอดขนาด 36 วัตต์

ลำดับ	บัลลาสต์	หลอดฟลูออเรสเซนต์
1	แบบแกนเหล็กขนาด 40 w	ขนาด 36 วัตต์
2	แบบแกนเหล็กขนาด 36/40 w	
3	แบบแกนเหล็ก Low Loss 36 w	
4	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D 36 w	
5	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D 36 w	
6	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ O 36 w	
7	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ U 36 w	

การทดลองวัดค่าในแต่ละส่วนจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

- การวัดค่าทางไฟฟ้า
- การวัดค่าทางแสง
- การทำ Temperature Rise

#### 4.3 การวัดค่าทางไฟฟ้า

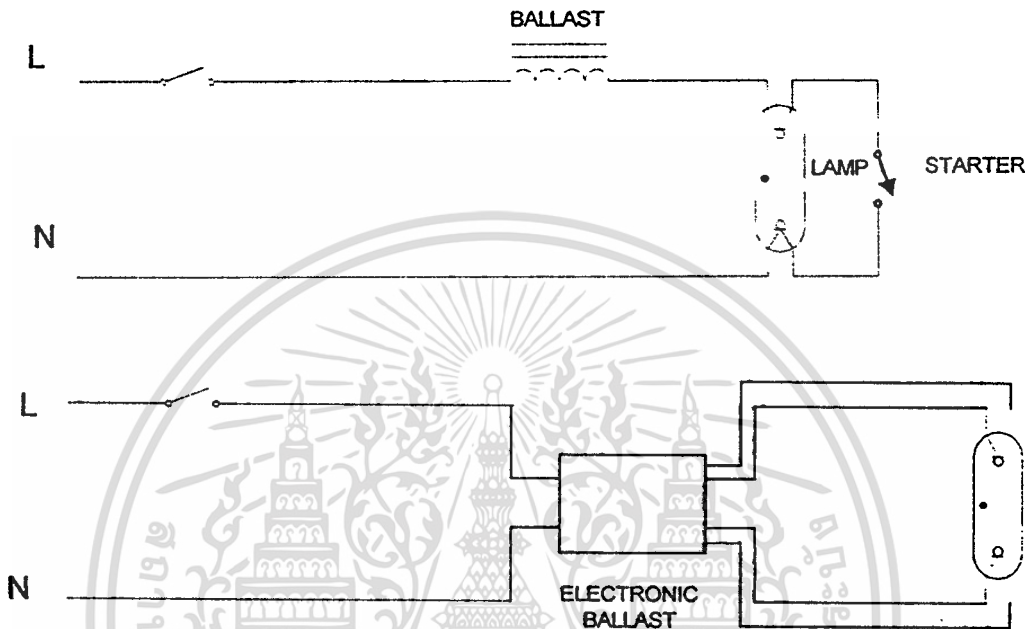
ในการทดลองวัดค่าทางไฟฟ้านั้น นอกจากเราจะแปรค่าระดับแรงดันเป็น 5 ระดับแล้ว การวัดค่าในแต่ละระดับแรงดันต้องทำ 3 ครั้ง แล้วนำเอาค่ามาหาค่าเฉลี่ย เพื่อที่จะให้ได้ค่าที่มีความแม่นยำมากที่สุดนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองวัดค่าทางไฟฟ้าจะอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก.1506-2541 มอก. 23-2521 และมาตรฐาน IEC61000-3-2 เพิ่มเติมสำหรับการวัดค่าฮาร์โมนิก

### อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

1.แผงวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์สำเร็จรูป ทั้งสำหรับบัลลาสต์แบบขดลวดพันบนแกนเหล็กและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ดังรูป 4.1



รูป 4.1 แสดงวงจรของแผงวงจรสำเร็จรูปสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

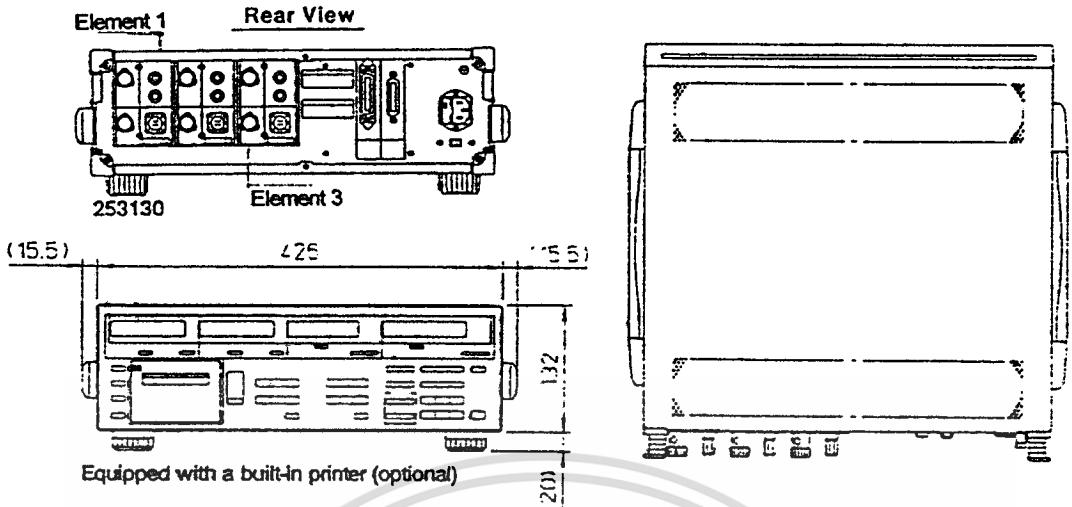
- ก) แผงวงจรสำหรับบัลลาสต์ชนิดขดลวดพันบนแกนเหล็ก
- ข) แผงวงจรสำหรับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

2. Digital Power Meter YOKOGAWA model 253130
3. Variac Single Phase (0-260 volt ) 5 A
4. อุปกรณ์เชื่อมต่อและอุปกรณ์ป้องกัน เช่น สายไฟ , กล่องฟิวส์ , Junction Box เป็นต้น

### วิธีการทดลอง

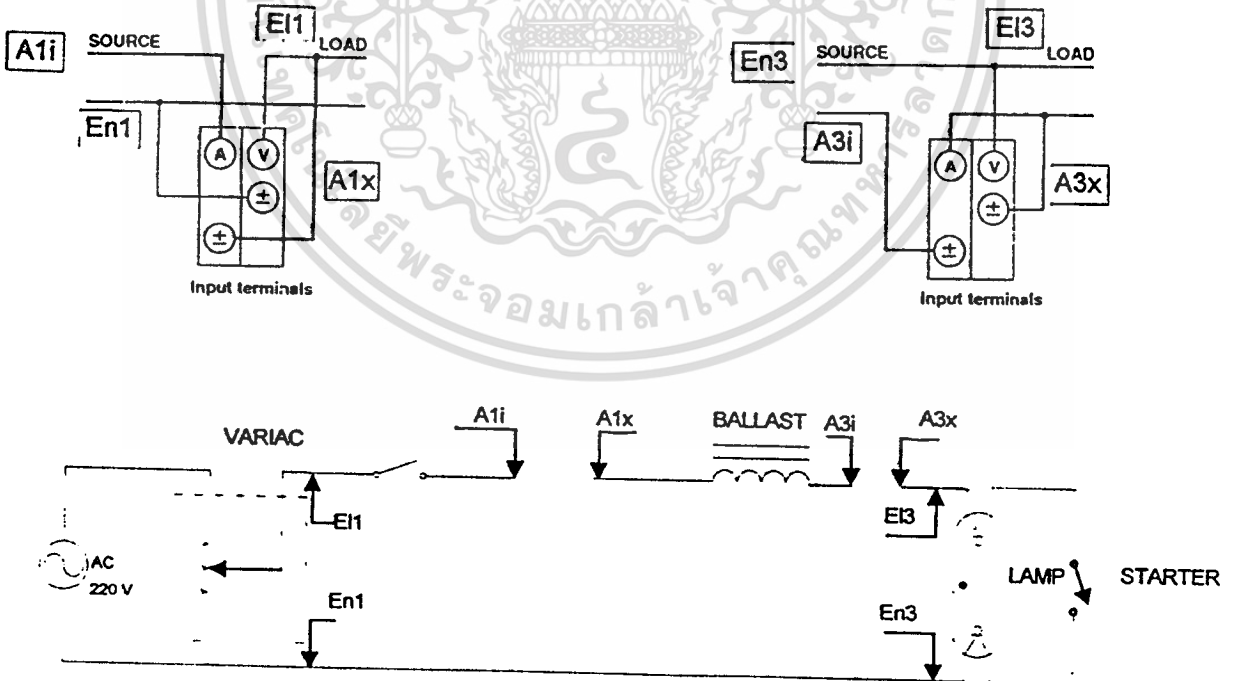
1. เตรียมอุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ พร้อมกับอุ่น(warm up) เครื่อง Digital Power Meter ซึ่งอุปกรณ์ตัวนี้มีลักษณะดังรูป 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป4.2 แสดงลักษณะภายนอกและจุดเชื่อมต่อของ Digital Power Meter

2. ต้องวงจรการทดลอง ดังรูป4.3 ซึ่งจะเป็นการต่อสายจากแผงวงจรเข้ากับเครื่อง Digital Power Meter และนำเอาแบตเตอรี่และหลอดตามที่ได้จับคู่ไว้ต่อเข้ากับแผงวงจร เพื่อเตรียมทดลอง



รูป4.3 แสดงการเชื่อมต่อแผงวงจรเข้ากับเครื่องมือวัด Digital Power

Meter เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปรับแรงดันที่ Variac ให้ได้ 220 โวลต์ เปิดสวิตซ์ให้วงจรทำงาน รอให้ระบบทั้งหมดเสถียร ซึ่งจะต้องอาศัยเวลา 10-15 นาที ล็อกค่า(Hold) และบันทึกผล
4. เปลี่ยนคู่อัลตราสค์และหลอด พร้อมกับทดลองในข้อ 3 ใหม่จนครบทุกคู่ ในกรณีที่ทดลองในส่วนที่ 2 จะต้องรอให้หลอดเย็นก่อน จึงทดลองต่อไปได้
5. ทดลองซ้ำในข้อ 3,4 แต่เปลี่ยนระดับแรงดันเป็น 198 , 209 , 231 และ 242 โวลต์ ตามลำดับ
6. ทดลองซ้ำทั้งหมด โดยบันทึกค่า 3 ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

#### 4.4 การวัดค่าทางแสง

เป็นการวัดค่าแสงสว่างที่ได้ (Light Output) ในการวัดค่าฟลักซ์ส่องสว่างนี้ จะอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก.623

##### 4.4.1 ศัพท์และนิยามที่เกี่ยวข้อง

1. มุมเชิงของแข็ง (Solid Angle :  $\Omega$ ) เป็นอัตราส่วนของพื้นที่ผิวทรงกลม( $A_m$ ) ต่อรัศมีของทรงกลม ( $r$ ) ยกกำลังสอง

$$\Omega = (A_m)/r^2 \quad \text{หน่วยเป็น สเตอเรเดียน (steradian : sr)}$$

กำเนิดแสง

2. ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux :  $\phi$ ) เป็นพลังงานแสงสว่างที่แผ่ออกจากแหล่ง

$$\phi = dQ/dt \quad \text{หน่วยเป็น ลูเมน (lumen : lm)}$$

โดย  $Q$  เป็นพลังงานแสงสว่างที่มีหน่วยเป็น ลูเมน-วินาที (lm-s)

โดยค่าลูเมนเป็นค่าฟลักซ์ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงที่แผ่อยู่ภายในมุมเชิงของแข็ง โดยที่แหล่งกำเนิดแสงมีความเข้มแสง 1 แคนเดลา (candela : cd)

$$1 \text{ ลูเมน} = 1 \text{ แคนเดลา} \cdot \text{สเตอเรเดียน (cd} \cdot \text{sr)}$$

3. ความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity :  $I$ ) เป็นความหนาแน่นของฟลักซ์ส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงใด ๆ ต่อมุมเชิงของแข็ง

$$I = d\phi / d\Omega \quad \text{หน่วยเป็น ลูเมนต่อสเตอเรเดียน หรือ}$$

แคนเดลา (lumen / steradian , candela)

4. ความส่องสว่าง (Luminance :  $L$ ) เป็นค่าความเข้มส่องสว่างในทิศทางที่มองของพื้นที่ข้อหารด้วยพื้นที่ข้อย่นั้น ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางที่มอง

$$L = (I_0) / dA_0 \quad \text{หน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m}^2\text{)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออยู่ใต้เห็นไปรษณีย์จะขึ้นค่า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความเข้มแสง (Illuminance : E) คือฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกกระทบส่วนย่อยส่วนหนึ่งของพื้นที่ผิวนั้น หาด้วยพื้นที่ส่วนย่อยนั้น

$$E = \phi / A \quad \text{หน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร หรือ ลักซ์}$$

$$(\text{lm}/\text{m}^2, \text{lux})$$

### การคำนวณความสว่างภายในอาคาร (Interior Lighting Calculation)

ความส่องสว่างที่จุดหนึ่ง ๆ บนพื้นที่ทำงานประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

1. ความสว่างโดยตรง (Direct Illuminance) เป็นความสว่างที่ได้รับโดยตรง สามารถแบ่งการคำนวณตามแหล่งกำเนิดแสงได้ 2 ประเภท คือ

1.1 แหล่งกำเนิดแสงแบบจุด (Point Source)

1.2 แหล่งกำเนิดแสงแบบเส้น (Linear Source)

2. ความสว่างโดยอ้อม (Indirect Illuminance)

ในการทดลองวัดแสงนี้เราจะพิจารณาให้หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นแหล่งกำเนิดแสงแบบจุด และวัดโดยอาศัยความสว่างโดยตรงการคำนวณค่าความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงแบบจุด

#### การคำนวณค่าความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงแบบจุด

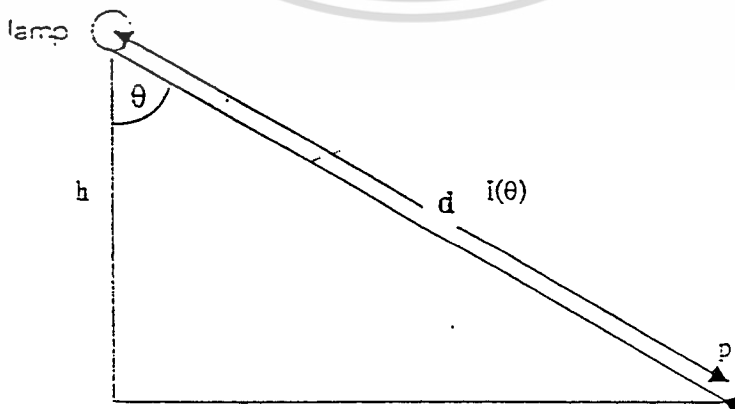
ใช้กฎ Inverse Square Law ในการคำนวณหาค่าความสว่างโดยตรงที่จุดต่าง ๆ ของพื้นผิวทำงาน โดยพิจารณาตามรูป 4.4

$$E_p = [ I_\theta \cos^3 \theta ] / h^2$$

โดยที่  $E_p$  = ความสว่างโดยตรงที่จุดหนึ่ง ๆ (lux)

$I_\theta$  = ความเข้มแสงแห่งการส่องสว่างเฉลี่ยที่มุม  $\theta$

$h$  = ระยะระหว่างระนาบของดวงโคมกับระนาบของจุดนั้น ๆ



รูป 4.4 แสดงรูปประกอบการคำนวณการหาความสว่างโดยตรงของแหล่งกำเนิดแสงแบบจุด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.2 ทดลองวัดค่าทางแสง

##### อุปกรณ์

1. แผงวงจรสำเร็จรูป
2. Variac Single Phase (0-260v) 5 A
3. ลักซ์มิเตอร์
4. โวลต์มิเตอร์
5. อุปกรณ์เชื่อมต่อและอุปกรณ์ป้องกัน

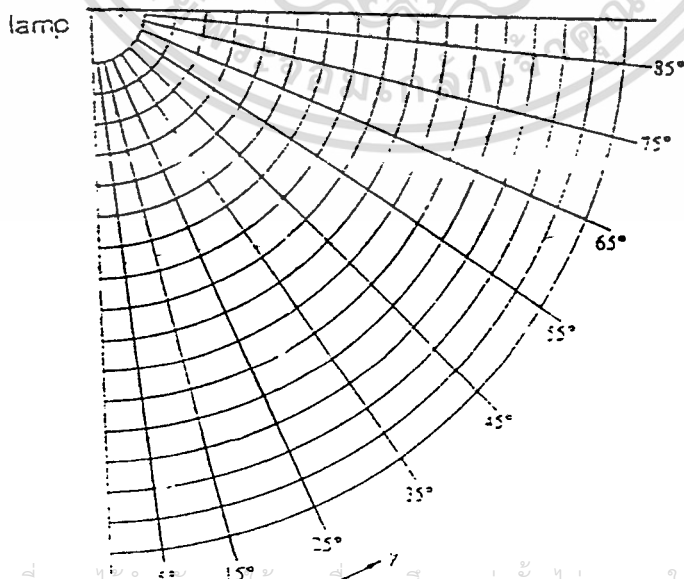
##### วิธีการทดลอง

การทดลองจะทำในห้องปฏิบัติการทางแสง และทดลองอย่างรัดกุม

1. ต่ออุปกรณ์ ดังรูป 4.4 นำเอาหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์ประกอบเข้ากับแผงวงจรและจัดแผงวงจรดังรูป 4.5 ซึ่งเป็นการวัดค่าในระนาบ  $C = 0^\circ$



รูป 4.5 แสดงวงจรการต่ออุปกรณ์เพื่อวัดค่าทางแสง



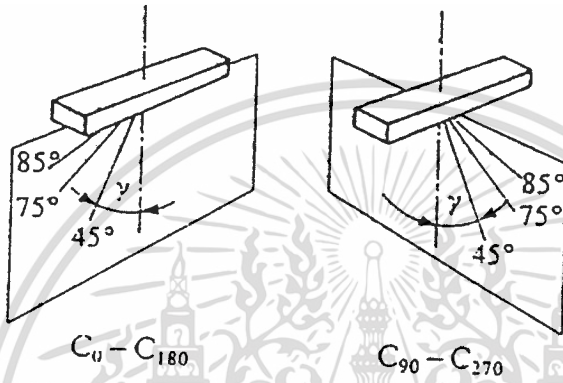
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 2. ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.6 แสดงรูป top view การจัดแผงวงจรเพื่อวัดค่าทางแสง

2.ปรับแรงดันให้ได้ 220 โวลต์ เปิดสวิทซ์ให้วงจรทำงาน รอให้ระบบเสถียรและให้  
อุณหภูมิของผนังหลอดเหมาะสม วัดค่าความส่องสว่าง บนที่ก้ำลงในตาราง

3.เปลี่ยนคูंबัลดิสค์และหลอดพร้อมกับการทดลองในข้อ 2 ใหม่จนครบ ในกรณีที่ทดลอง  
ในส่วนที่ 2 จะต้องรอให้หลอดเย็นตัวก่อน จึงทดลองใหม่

4.เปลี่ยนการทดลองจากระนาบ  $C = 0^\circ$  เป็น  $C = 90^\circ$  ตามรูป 4.7



รูป 4.7 แสดงระนาบในการวัดค่าทางแสง

5.ทดลองซ้ำข้อ 2-5 โดยเปลี่ยนค่าแรงดันเป็น 198 , 209 , 231 และ 242 โวลต์ ตามลำดับ

6.นำค่าจากตารางไปคำนวณ

$$E_p = I_\theta / d^2$$

$$I_\theta = E_p \cdot d^2$$

และคำนวณหาค่า Zonal Lumen โดยนำค่าความเข้มส่องสว่างคูณกับค่า Zonal Constant ดัง  
แสดงในตาราง 4.3

$$\text{Zonal Lumen} = [ ( I_{\theta_i} + I_{\theta_{i+1}} ) \times \text{Zonal Constant} ( i - i+1 ) ] / 2$$

ตาราง 4.3 แสดงค่า Zonal Constant ที่มุม  $\theta$  ต่าง ๆ

Data Section

$$\text{Zonal Constant} : 2\pi ( \cos\theta_1 - \cos\theta_2 )$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 10° Zones

Zone		Zonal Constant
Lower	Upper	
0-10	170-180	0.095
10-20	160-170	0.283
20-30	150-160	0.463
30-40	140-150	0.628
40-50	130-140	0.774
50-60	120-130	0.897
60-70	110-120	0.993
70-80	100-110	1.058
80-90	90-100	1.091

ตัวอย่างการคำนวณ ดังตาราง 4.4 ค่า  $d=2$  m

ตาราง 4.4 แสดงตัวอย่างการคำนวณหาค่าฟลักซ์ส่องสว่าง

$\gamma$	E(lm/sq.m)		I (Cd)		Zonal Lumen	
	C = 0°	C = 90°	C = 0°	C = 90°	C = 0°	C = 90°
0	70.6	69.8	282.4	279.2		
10	75.9	74.7	303.6	298.8	27.83	27.45
20	79	76.7	316	306.8	87.67	85.59
30	81.7	80.5	326.8	322	148.81	145.57
40	82.4	81.8	329.6	327.2	206.11	203.85
50	84.4	83.2	337.6	332.8	258.21	255.42
60	86.3	83.5	345.2	334	306.24	299.06
70	86.4	82.7	345.6	330.8	342.98	330.07
80	86.2	80.7	344.8	322.8	365.22	345.75
90	84.9	77.9	339.6	311.6	373.34	346.06
				$\Sigma$	2116.41	2038.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการวัดค่าทางไฟฟ้าและค่าฟลักซ์ส่องสว่างที่ได้จากการวัดค่าทางแสง นำมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของระบบ

$$\text{ประสิทธิภาพของระบบ} = \text{ค่าฟลักซ์ส่องสว่าง (lm)} / \text{กำลังขาเข้าวงจร (w)}$$

## 2.5 การทำ Temperator Rise

เป็นการทดสอบเพื่อหาลักษณะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิบัลลาสต์ขณะทำงานและอุณหภูมิขณะที่บัลลาสต์อิ่มตัว(saturate) ซึ่งคุณลักษณะเหล่านี้จะมีผลต่ออุณหภูมิและระบบปรับอากาศในพื้นที่หนึ่ง

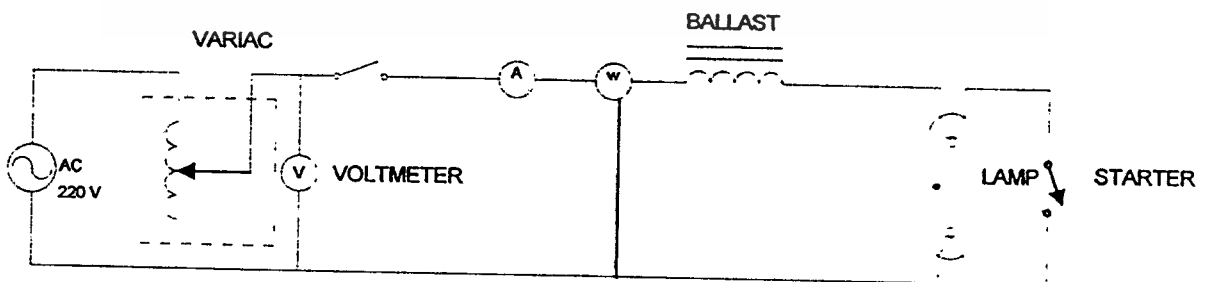
### อุปกรณ์

- 1.แผงวงจรสำเร็จรูป
- 2.Variac Single Phase (0-260v) 5 A
- 3.Volt Meter AC 300 v
- 4.Watt Meter AC
- 5.Amp Meter AC 1 A
- 6.เทอร์โมมิเตอร์
- 7.อุปกรณ์เชื่อมต่อและอุปกรณ์ป้องกัน

### วิธีการทดลอง

การทดลองกระทำในตอนกลางคืน เพื่อไม่ให้มีผลของความร้อนจากแสงแดด และอุณหภูมิตอนกลางคืนค่อนข้างคงที่

- 1.ต่อวงจรดังรูป 4.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูป 4.8 แสดงการต่อวงจรการวัดอุณหภูมิ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การวัดอุณหภูมิของอากาศในขณะทดสอบ (ambient) จะใช้เทอร์โมมิเตอร์ 3 ตัว แขนงไว้รอบ ๆ ห่างจากบริเวณทดสอบประมาณ 1 เมตรในระนาบเดียวกัน และให้ถือค่าเฉลี่ยจากการวัดจากเทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 3 ตัวเป็นค่าอุณหภูมิโดยรอบ บันทึกค่าเริ่มต้น

3.บัลลาสต์จะต้องไม่ได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนของหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยการวางบัลลาสต์ไว้ห่างจากแผงโหลดประมาณ 1 เมตรและมีฉากกันแสง

4.การวัดอุณหภูมิของบัลลาสต์ จะใช้เทอร์โมมิเตอร์ 3 ตัว แขนงไว้รอบ ๆ บัลลาสต์ โดยให้ระยะห่างของเทอร์โมมิเตอร์สัมพันธ์กับบัลลาสต์ตลอดเวลา ณ ตำแหน่งที่แตกต่างกัน โดยถือค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดเป็นอุณหภูมิของบัลลาสต์

5.เมื่อติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ หลอด บัลลาสต์และเครื่องมือวัดเสร็จแล้ว ให้ปรับแรงดันไฟฟ้าให้ได้ 220 โวลต์ เปิดสวิทช์ บันทึกค่าเริ่มต้นทั้งหมดลงในตาราง

6.บันทึกค่าอุณหภูมิของบัลลาสต์ อุณหภูมิโดยรอบ ค่าวัตต์ กระแส ทุก ๆ 10 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิของบัลลาสต์เปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 2 องศาเซลเซียส จึงหยุดการทดลอง

7.ทำการทดลองทุก ๆ คู่บัลลาสต์

ตัวอย่างค่าที่ได้จากการทำ Temperature Rise แสดงในตาราง 4.5

ตาราง 4.5 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่บันทึกจากการทำ Temperature Rise ของบัลลาสต์

อิเล็กทรอนิกส์ D ที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ 40 วัตต์

เวลา	ข้อมูล		
	อุณหภูมิ	กระแส	กำลังงาน
1	28	0.172	41
10	31	0.172	38.8
20	31.8	0.172	38.8
30	32.6	0.172	38.4
40	33	0.172	38.4
50	33.2	0.172	38.4
60	33	0.172	38.4
70	33	0.172	38.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่สามารถให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

80	33	0.172	38.4
90	33.1	0.172	38.2
100	33.1	0.172	38.2
110	33.1	0.172	38.2
120	33	0.172	38.4
130	33	0.172	38.4
140	33.1	0.172	38.4
150	33.1	0.172	38.4
160	33.1	0.172	38.4
170	33	0.172	38.4
180	33	0.172	38.4

อุณหภูมิ ambient = 28°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### ผลการทดลอง

จากการทดลองทั้ง 3 ส่วน จะได้ข้อมูลเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถทำเป็นข้อมูลสำเร็จออกมาอยู่ในรูปตาราง โดยข้อมูลที่ได้อีกจะมี 2 ส่วนตามการทดลอง ในบทที่ 4

การแยกการทดลองเป็นสองส่วนเพื่อต้องการเปรียบเทียบข้อมูลว่า การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แต่ละหลอดเปรียบเทียบกับ การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เพียงหลอดเดียวจับคู่กับบัลลาสต์ชนิดต่างๆ ผลที่ออกมาจะแตกต่างกันหรือมีแนวโน้มที่ต่างกันหรือไม่ เพื่อตัดปัญหาความไม่เหมือนกันของคุณสมบัติของหลอดที่ใช้ทดลอง นอกจากนี้ยังทำให้การทดลองได้รับข้อมูลที่ครอบคลุมขึ้น จุดประสงค์ของการจับคู่ระหว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์กับบัลลาสต์ชนิดต่างๆ เป็นคู่ๆ ก็เพื่อต้องการให้หลอดมีระยะเวลาบ่มและระยะเวลาการใช้งานเท่าๆ กัน ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ได้นี้มีความแม่นยำมากขึ้น

จากตารางข้อเราจะพบว่าข้อมูลที่เรารับทั้งสอง มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มอันเดียวกัน แสดงให้เห็นว่า การใช้หลอดรุ่นเดียวกันขนาดเดียวกัน และจากผู้ผลิตเดียวกันแต่ต่าง หลอดกันนั้น ไม่ทำให้ผลการทดลองเปลี่ยนแปลงไปจากการใช้หลอดเดี่ยวทดลอง

จากการทดลองจะได้ข้อมูลแสดงดังตาราง 5.1 ถึง 5.16

จากข้อมูลทั้งหมดสามารถแสดงความสัมพันธ์อยู่ในรูปของกราฟเพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูลดังรูปที่ 5.1 ถึง 5.11

และจากการทดลองการเพิ่มของอุณหภูมิ(Temperature Rise) จะได้ผลดังรูปที่ 5.12 ถึง 5.14 ซึ่งจะอยู่ในรูปของแผนภูมิเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นความแตกต่างชัดเจน

นอกจากนี้ยังรูปแสดงถึงลักษณะของรูปคลื่นกระแสของวงจรที่เกิดความผิดเพี้ยน(Distortion) อันมีผลเกิดจากฮาร์โมนิกดังรูปที่ 5.15 ถึง 5.24 ซึ่งข้อมูลที่ได้นี้ทั้งหมดจะนำไปศึกษาและวิเคราะห์ พร้อมกันนำไปสรุปผลในบทที่ 6

ส่วนที่ 1 เป็นการทดลองใช้บัลลาสต์กับหลอดชนิดต่างๆแสดงในตารางที่ 5.1 – 5.9  
ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองของคู่บัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับหลอด 40 วัตต์

ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.3026	0.3443	0.3822	0.4208	0.4583
กำลังไฟฟ้า (W)	36.66	41.45	46.04	50.62	55.25
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.6117	0.576	0.5475	0.5208	0.4981
ค่าตัวประกอบชดเชยคลื่นของกระแส	1.54	1.512	1.51	1.506	1.507
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	120.41	116.52	114.02	111.22	108.87
กระแสไฟฟ้า (A)	0.3031	0.3449	0.3829	0.4215	0.4592
กำลังไฟฟ้า (W)	31.95	35.3	38.34	41.17	43.88
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.8755	0.8783	0.8781	0.8782	0.8778
บัลลาสต์ แฟกเตอร์			0.963		
ค่าตัวประกอบชดเชยคลื่นของกระแส	1.532	1.516	1.511	1.508	1.509
ค่าตัวประกอบชดเชยคลื่นของแรงดัน	1.651	1.694	1.716	1.742	1.756
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	2239.47	2418.49	2590.9	2689.16	2899.18
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสขาเข้า	10.84	9.62	8.68	7.97	7.53
Harmonics-3rd	10.45	9.26	8.38	7.78	7.3
Harmonics-5th	2.47	2.14	1.87	1.62	1.48
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)	87.17	85.15	83.27	81.34	79.42
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)	70.09	68.51	67.58	65.32	66.07
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	61.09	58.35	56.27	53.12	52.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดลองของคูंबัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับหลอด 36 วัตต์

ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.3271	0.3662	0.4051	0.4432	0.4832
กำลังไฟฟ้า (W)	35.2	39.38	43.67	47.87	52.2
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.5435	0.5146	0.49	0.4676	0.4464
ค่าตัวประกอบชดคลืนของกระแส	1.532	1.518	1.518	1.519	1.517
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	111.28	108.46	105.88	103.25	100.44
กระแสไฟฟ้า (A)	0.3278	0.3671	0.4061	0.4432	0.4845
กำลังไฟฟ้า (W)	29.67	32.36	34.98	37.36	39.47
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.8131	0.8113	0.8135	0.8123	0.8112
บัลลาสต์ แฟกเตอร์	0.9638				
ค่าตัวประกอบชดคลืนของกระแส	1.533	1.519	1.516	1.517	1.515
ค่าตัวประกอบชดคลืนของแรงดัน	2.312	2.433	2.547	2.631	2.668
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	2203.82	2416.19	2505.93	2712.4	2770.31
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสขาเข้า	11.33	10.11	9.27	8.62	8.21
Harmonics-3rd	11	9.62	8.85	8.27	7.91
Harmonics-5th	2.91	2.45	2.14	1.82	1.59
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)	84.28	82.16	80.09	77.92	75.62
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)	74.28	74.67	71.64	72.6	70.19
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	62.61	61.36	57.38	56.66	53.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปเผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการทดลองของกลุ่มบัลลาสต์แบบขดลวด 36 วัตต์ กับหลอด 36 วัตต์

ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.3305	0.3709	0.4141	0.4559	0.5007
กำลังไฟฟ้า (W)	35.28	39.61	43.9	48.17	53.17
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.539	0.511	0.4818	0.4547	0.4388
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแส	1.555	1.549	1.547	1.555	1.595
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	111.17	108.2	104.33	101.21	98.94
กระแสไฟฟ้า (A)	0.3304	0.3707	0.414	0.4558	0.5005
กำลังไฟฟ้า (W)	29.84	32.6	35.06	37.29	39.81
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.8123	0.8126	0.8118	0.8085	0.8039
บัลลาสต์ แฟกเตอร์	0.966				
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแส	1.549	1.542	1.543	1.553	1.59
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของแรงดัน	2.318	2.457	2.512	2.568	2.632
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	2203.94	2384.09	2512.94	2626.94	2819.21
ค่าฮาร์โมนิกกรวมของกระแสขาเข้า	11.42	10.21	9.38	8.99	9.36
Harmonics-3rd	10.88	9.72	9	8.56	9.05
Harmonics-5th	2.8	2.41	2.05	1.57	1.3
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)	84.58	82.29	79.87	77.43	74.88
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)	73.86	73.13	71.68	70.45	70.82
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	62.47	60.19	57.24	54.52	53.02

ตารางที่ 5.4 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์ Low Loss 36 วัตต์ กับ หลอด 36 วัตต์

ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.2995	0.3421	0.3901	0.4395	0.4998
กำลังไฟฟ้า (W)	30.71	34.56	38.71	42.98	47.69
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.518	0.4834	0.4511	0.4234	0.3943
ค่าตัวประกอบขดลวดของกระแส	1.602	1.602	1.606	1.619	1.66
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	112.86	110.73	107.71	105.42	101.95
กระแสไฟฟ้า (A)	0.2952	0.3425	0.3906	0.4401	0.5005
กำลังไฟฟ้า (W)	27.04	29.96	32.97	35.94	39.93
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.7991	0.7901	0.7837	0.7748	0.7631
บัลลาสต์ แฟกเตอร์	0.9431				
ค่าตัวประกอบขดลวดของกระแส	1.603	1.603	1.61	1.615	1.66
ค่าตัวประกอบขดลวดของแรงดัน	2.419	2.419	2.599	2.624	2.734
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	2039.94	2247.18	2452.11	2625.97	2794.49
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสขาเข้า	14.61	14.05	13.84	14.24	15.39
Harmonics-3rd	14.33	13.84	13.69	14.15	15.28
Harmonics-5th	2.16	1.66	1.07	0.37	0.73
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)	88.02	86.7	85.15	83.62	81.63
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)	75.44	75	74.37	73.07	69.98
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	66.43	65.02	63.35	61.09	58.59

ตารางที่ 5.5 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D กับหลอด 40 วัตต์

ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.1619	0.1616	0.1624	0.1624	0.1617
กำลังไฟฟ้า (W)	31.91	33.53	35.33	36.93	38.33
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.9957	0.9926	0.9889	0.9846	0.9796
ค่าตัวประกอบชดคลืนของกระแส	1.504	1.509	1.504	1.524	1.517
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	116.89	113.66	113.7	112.04	108.98
กระแสไฟฟ้า (A)	0.3248	0.311	0.3118	0.3065	0.2953
กำลังไฟฟ้า (W)					
ค่าตัวประกอบกำลัง					
บัลลาสต์ แพกเคอร์			0.889		
ค่าตัวประกอบชดคลืนของกระแส	1.721	1.727	1.724	1.73	1.743
ค่าตัวประกอบชดคลืนของแรงดัน	1.691	1.687	1.691	1.69	1.69
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	2147.31	2293.14	2391.33	2474.94	2601.2
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสขาเข้า	6.93	7.46	7.73	8.19	8.49
Harmonics-3rd	5.6	5.94	6.21	6.63	6.86
Harmonics-5th	2.11	2.46	2.49	2.75	2.9
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)					
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)					
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	67.29	68.39	67.69	67.02	67.62

ตารางที่ 5.6 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D กับหลอด 36 วัตต์

ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.1536	0.1527	0.1528	0.1528	0.1523
กำลังไฟฟ้า (W)	30.22	31.58	33.1	34.56	35.89
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.9935	0.9891	0.9843	0.9791	0.9734
ค่าตัวประกอบขดลวดคลื่นของกระแส	1.499	1.503	1.51	1.51	1.512
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	107.65	105.99	104.25	102.16	99.8
กระแสไฟฟ้า (A)	0.2921	0.2876	0.2822	0.2751	0.2671
กำลังไฟฟ้า (W)					
ค่าตัวประกอบกำลัง					
บัลลาสต์ แฟกเตอร์	0.899				
ค่าตัวประกอบขดลวดคลื่นของกระแส	1.697	1.703	1.716	1.738	1.731
ค่าตัวประกอบขดลวดคลื่นของแรงดัน	1.627	1.634	1.639	1.639	1.639
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	2084.53	2252.21	2338.82	2431.29	2521.37
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสขาเข้า	7.05	7.37	7.8	8.02	8.43
Harmonics-3rd	5.56	5.81	6.22	6.4	6.97
Harmonics-5th	2.13	2.36	2.54	2.62	2.68
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)					
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)					
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	68.98	71.32	70.65	70.35	70.26

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ O กับหลอด 36 วัตต์

ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.1574	0.1583	0.1572	0.1567	0.158
กำลังไฟฟ้า (W)	29.21	30.97	32.59	34.1	35.92
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.9372	0.9358	0.9422	0.9419	0.9396
ค่าตัวประกอบขดลวดของกระแส	2.464	2.366	2.212	2.204	2.232
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	107.31	105.85	104.17	101.42	99.9
กระแสไฟฟ้า (A)	0.3826	0.3964	0.4107	0.4246	0.4434
กำลังไฟฟ้า (W)	28.19	29.86	31.37	32.74	34.43
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.6866	0.7116	0.7332	0.7602	0.773
บัลลาสต์ แฟกเตอร์	0.9025				
ค่าตัวประกอบขดลวดของกระแส	1.611	1.682	1.745	1.82	1.893
ค่าตัวประกอบขดลวดของแรงดัน	2.052	2.063	2.091	2.083	2.099
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	2146.9	2280.35	2346.62	2542.98	2633.9
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสขาเข้า	35.66	34.96	34.57	34.74	33.77
Harmonics-3rd	23.04	23.02	23.32	23.65	23.61
Harmonics-5th	9.46	8.01	7.5	6.61	5.16
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)	96.52	96.42	96.25	96.02	95.84
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)	76.16	76.37	74.81	77.67	76.5
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	73.5	73.63	72.01	74.57	77.33



ตารางที่ 5.9 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ U กับหลอด 36 วัตต์

ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.1628	0.1662	0.1721	0.1921	0.1676
กำลังไฟฟ้า (W)	29.74	31.92	33.63	35.26	36.89
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.9228	0.9188	0.8883	0.794	0.909
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแส	1.801	1.918	2.317	1.506	1.982
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	104.16	104.41	102.83	100.87	98.97
กระแสไฟฟ้า (A)	0.2774	0.2773	0.2705	0.2634	0.2563
กำลังไฟฟ้า (W)					
ค่าตัวประกอบกำลัง					
บัลลาสต์ แพกเคอร์	0.829				
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแส	2.001	1.96	1.959	1.946	2.003
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของแรงดัน	1.888	1.833	1.801	1.812	1.83
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	1946.75	1987.4	2154.613	2330.81	2397.83
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสขาเข้า	25.52	24.91	24.61	23.46	24.94
Harmonics-3rd	13.8	13.37	13.46	12.94	13.88
Harmonics-5th	3.45	3.46	3	3.1	2.83
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)					
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)					
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	65.45	62.26	64.07	66.11	65.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่อนุญาติให้ผู้อื่นไปใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 เป็นการทดลองใช้บัลลาสต์ชนิดต่าง ๆ กับหลอดเพียงหลอดเดียวแสดงใน

ตารางที่ 5.10 – 5.16

ตารางที่ 5.10 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับ หลอด 36 วัตต์ (FL1)

ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.3288	0.3691	0.4069	0.4459	0.485
กำลังไฟฟ้า (W)	34.97	39.18	43.28	47.32	51.55
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.537	0.5079	0.4835	0.4594	0.4392
ค่าตัวประกอบขดลวดของกระแส	1.532	1.523	1.517	1.516	1.524
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	110.33	106.93	104.74	101.72	99.07
กระแสไฟฟ้า (A)	0.3302	0.3707	0.4086	0.4478	0.487
กำลังไฟฟ้า (W)	29.47	32.18	34.67	36.84	38.95
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.8089	0.812	0.8102	0.8089	0.8072
บัลลาสต์ แฟกเตอร์			0.9626		
ค่าตัวประกอบขดลวดของกระแส	1.534	1.524	1.517	1.516	1.522
ค่าตัวประกอบขดลวดของแรงดัน	2.368	2.417	2.569	2.641	2.69
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	2170.84	2438.06	2502.85	2605.76	2739.47
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสขาเข้า	11.26	10.07	9.24	8.58	8.12
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)	84.28	82.15	80.11	77.85	75.55
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)	73.66	75.76	72.19	70.73	70.33
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	62.08	62.23	57.83	55.07	53.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.11 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์แบบขดลวด 36 วัตต์ กับ หลอด 36 วัตต์ (FL1)

ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.3314	0.3705	0.4101	0.4508	0.5005
กำลังไฟฟ้า (W)	34.8	39.04	43.16	47.58	52.58
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.5303	0.5041	0.4785	0.457	0.4341
ค่าตัวประกอบขดลวดของกระแส	1.531	1.522	1.547	1.536	1.573
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	110.17	107.74	105.34	102.8	98.87
กระแสไฟฟ้า (A)	0.3324	0.3716	0.4111	0.452	0.502
กำลังไฟฟ้า (W)	29.48	32.33	34.87	37.35	39.57
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.8051	0.8076	0.8052	0.8038	0.7973
บัลลาสต์ แฟกเตอร์	0.9438				
ค่าตัวประกอบขดลวดของกระแส	1.532	1.525	1.526	1.537	1.577
ค่าตัวประกอบขดลวดของแรงดัน	2.377	2.52	2.616	2.622	2.697
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	2194.57	2370.74	2453.99	2602.55	2729.65
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสขาเข้า	11.39	10.28	9.46	8.99	9.4
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)	84.72	82.82	80.79	78.5	75.26
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)	74.44	73.33	70.38	69.68	68.98
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	63.06	60.73	58.86	54.69	51.91

เอกสารนี้เป็นเอกสาร ทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัท วิศวกรรมเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ข้อมูลด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.12 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์แบบ Low loss 36 วัตต์ กับ หลอด 36 วัตต์ (FL1)

ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.2966	0.3448	0.3919	0.4435	0.5028
กำลังไฟฟ้า (W)	30.18	34.56	38.59	42.82	47.38
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.5139	0.4798	0.4475	0.418	0.3894
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแส	1.604	1.591	1.603	1.626	1.658
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	113.74	109.78	106.88	104.1	101.03
กระแสไฟฟ้า (A)	0.2974	0.3455	0.3929	0.4447	0.5041
กำลังไฟฟ้า (W)	26.61	29.99	32.92	35.85	38.77
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.7869	0.7907	0.784	0.7744	0.7612
บัลลาสต์ แพกเตอร์	0.9159				
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแส	1.601	1.582	1.61	1.627	1.663
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของแรงดัน	2.303	2.48	2.551	2.72	2.731
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	1986.21	2181.57	2381.32	2538.49	2692.62
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสขาเข้า	14.68	13.96	13.9	14.39	15.61
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)	88.17	86.79	85.33	83.72	81.83
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)	74.64	72.74	72.34	70.81	69.45
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	65.81	63.12	61.71	59.28	56.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ ห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.13 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D กับ หลอด 36 วัตต์ ( FL1 )

ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.1533	0.1525	0.1522	0.1519	0.1516
กำลังไฟฟ้า (W)	30.13	31.51	32.95	34.33	35.7
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.9929	0.9888	0.9839	0.9784	0.9726
ค่าตัวประกอบขดลวดของกระแส	1.491	1.495	1.509	1.511	1.5
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	106.75	104.47	102.59	100.46	98.38
กระแสไฟฟ้า (A)	0.2896	0.2826	0.2765	0.2695	0.2624
กำลังไฟฟ้า (W)					
ค่าตัวประกอบกำลัง					
บัลลาสต์ แฟกเตอร์	0.8828				
ค่าตัวประกอบขดลวดของกระแส	1.718	1.716	1.727	1.729	1.733
ค่าตัวประกอบขดลวดของแรงดัน	1.649	1.606	1.651	1.65	1.648
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	1993.09	2186.97	2295.23	2386.236	2439.146
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสขาเข้า	7.18	7.42	7.84	8.15	8.51
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)					
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)					
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	66.15	69.4	69.66	69.51	68.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.14 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ O กับ หลอด 36 วัตต์ (FL1)

ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.1571	0.1578	0.1566	0.1561	0.1573
กำลังไฟฟ้า (W)	29.12	30.84	32.51	33.92	35.74
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.9368	0.9351	0.9436	0.9411	0.9389
ค่าตัวประกอบขดลวดของกระแส	2.454	2.351	2.203	2.199	2.225
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	106.22	104.37	102.14	100.02	98.7
กระแสไฟฟ้า (A)	0.3773	0.3907	0.4042	0.4176	0.4386
กำลังไฟฟ้า (W)	27.47	28.82	30.06	31.61	33.17
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.6855	0.7068	0.7282	0.7568	0.7664
บัลลาสต์ แฟกเตอร์	0.8839				
ค่าตัวประกอบขดลวดของกระแส	1.614	1.689	1.754	1.824	1.897
ค่าตัวประกอบขดลวดของแรงดัน	2.068	2.073	2.099	2.101	2.103
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	2102.5	2233.17	2298.07	2490.37	2579.41
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสขาเข้า	35.72	35.1	34.97	35.23	34.11
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)	94.33	93.45	92.46	93.19	92.81
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)	76.54	77.49	76.45	78.78	77.76
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	72.2	72.41	70.69	73.42	72.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.15 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ F กับ หลอด 36 วัตต์ (FL1)

ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.138	0.1364	0.1358	0.1354	0.1358
กำลังไฟฟ้า (W)	25.55	26.47	27.71	29.08	30.47
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.9347	0.9287	0.9271	0.9197	0.9269
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแส	2.6	2.979	2.844	2.902	2.973
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	112.8	111.69	110.18	108.51	106.88
กระแสไฟฟ้า (A)	0.372	0.3715	0.3669	0.3611	0.3562
กำลังไฟฟ้า (W)					
ค่าตัวประกอบกำลัง					
บัลลาสต์ แพกเตอร์	0.709				
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแส	1.783	1.772	1.786	1.781	1.79
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของแรงดัน	1.811	1.8	1.808	1.803	1.808
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	1.605	1723.47	1843.56	1947.35	2045.77
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสขาเข้า	37.56	38.68	36.85	38.78	39.59
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)					
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)					
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	62.83	65.11	67.88	66.97	67.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.16 แสดงผลการทดลองของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ U กับ หลอด 36 วัตต์ (FL1)

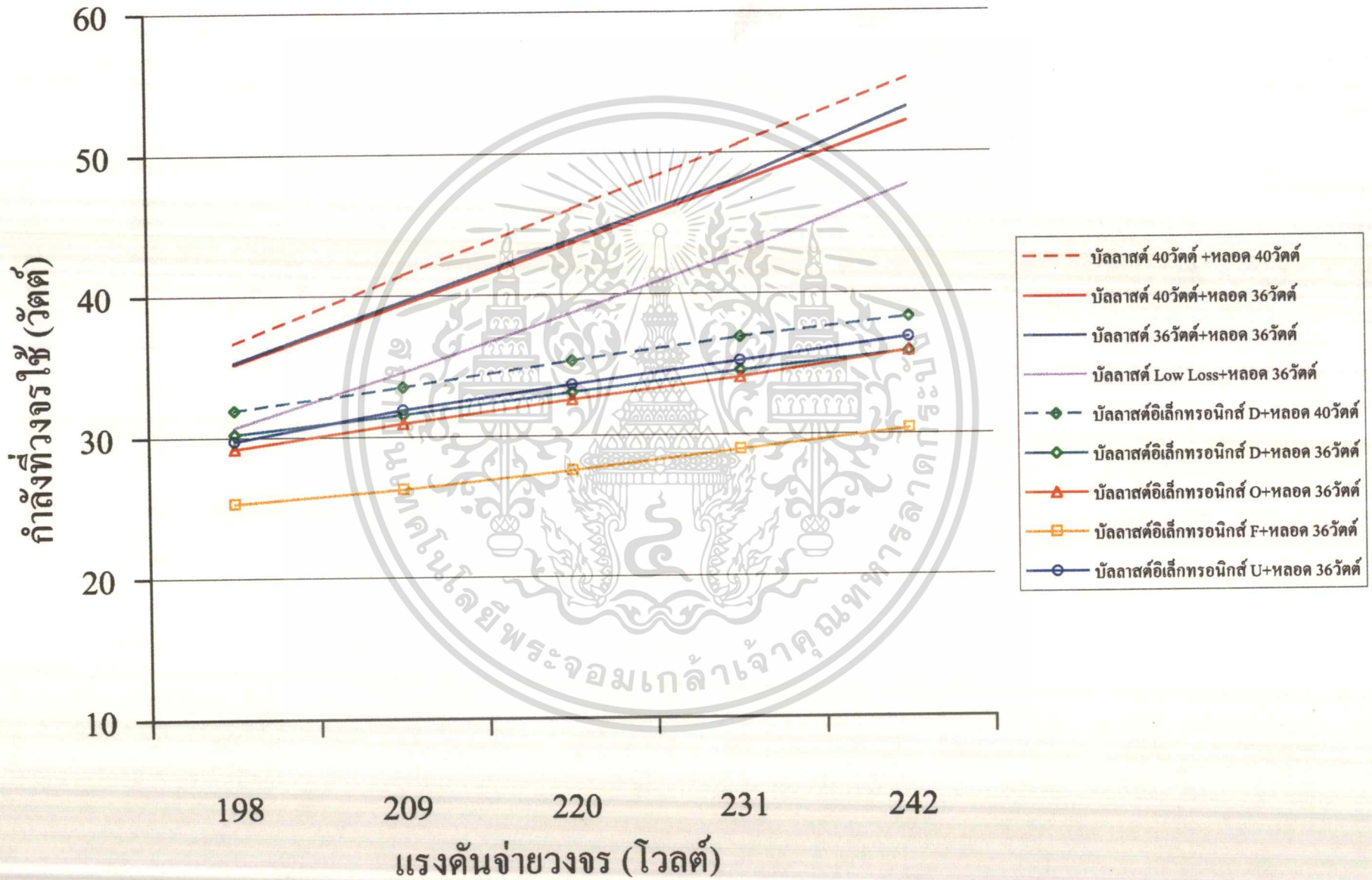
ข้อมูลที่ต้องการวัด	แรงดัน				
	198	209	220	231	242
<b>Ballast Input</b>					
กระแสไฟฟ้า (A)	0.1635	0.1667	0.1728	0.1931	0.1682
กำลังไฟฟ้า (W)	29.66	31.47	33.45	35.37	36.58
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.9168	0.9032	0.8798	0.7929	0.8987
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแส	1.788	1.863	2.245	1.478	1.947
<b>Lamp Input</b>					
แรงดัน (V)	102.56	102.31	100.98	98.83	97.54
กระแสไฟฟ้า (A)	0.2754	0.2713	0.2652	0.2588	0.2501
กำลังไฟฟ้า (W)					
ค่าตัวประกอบกำลัง					
บัลลาสต์ แพกเคอร์	0.814				
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแส	2.098	2.035	1.989	1.974	2.028
ค่าตัวประกอบขดคลื่นของแรงดัน	1.906	1.897	1.808	1.822	1.841
<b>System Output</b>					
ค่าแสงสว่างจากหลอด (lm)	1911.71	1951.63	2115.83	2288.86	2354.67
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสน้ำเข้า	25.62	25.47	24.88	24.11	25.23
ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)					
ประสิทธิภาพของหลอด (lm/W)					
ประสิทธิภาพของระบบ (lm/W)	64.45	62.01	63.25	64.71	64.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

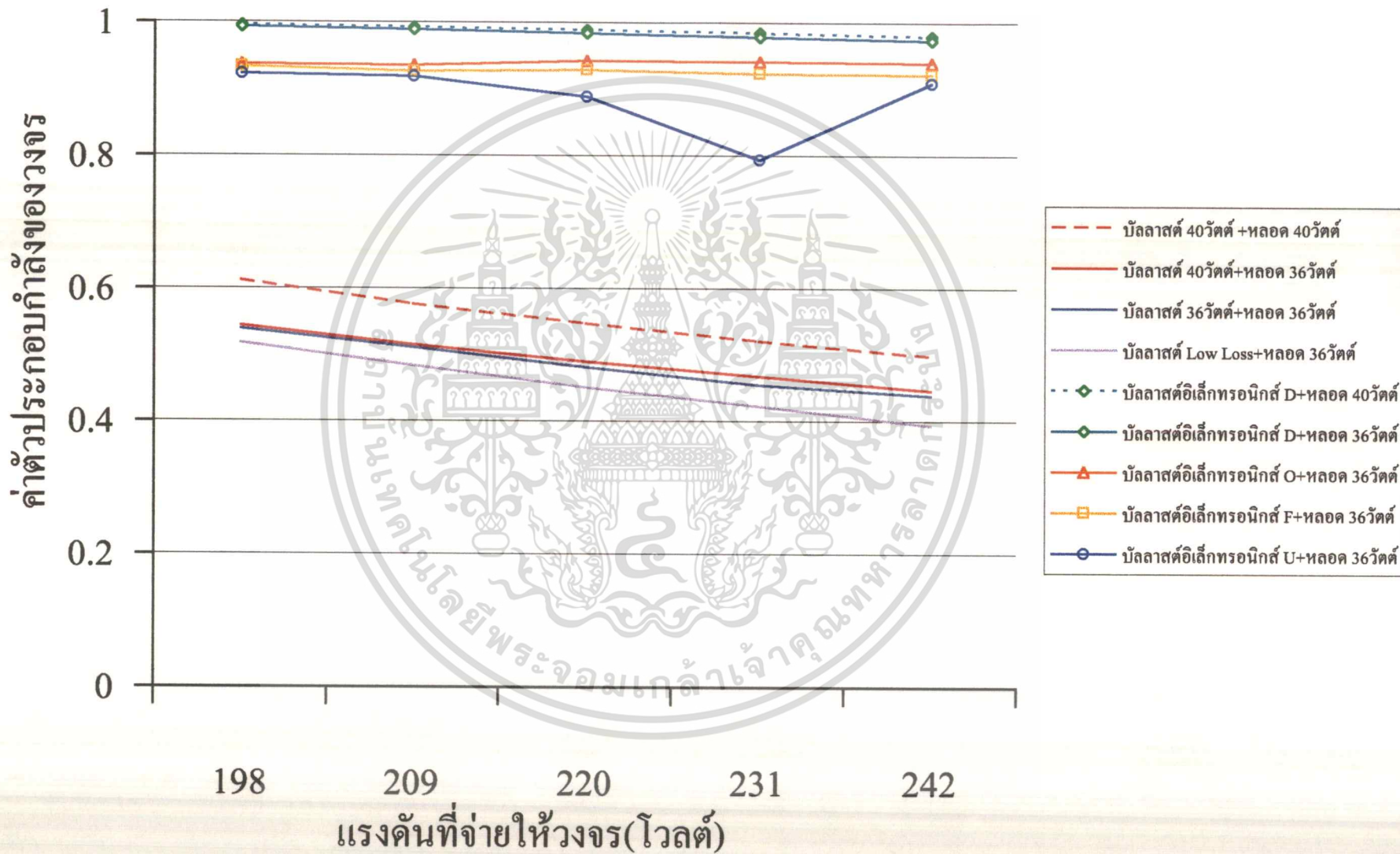
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 5.1 กราฟแสดงกำลังของวงจร

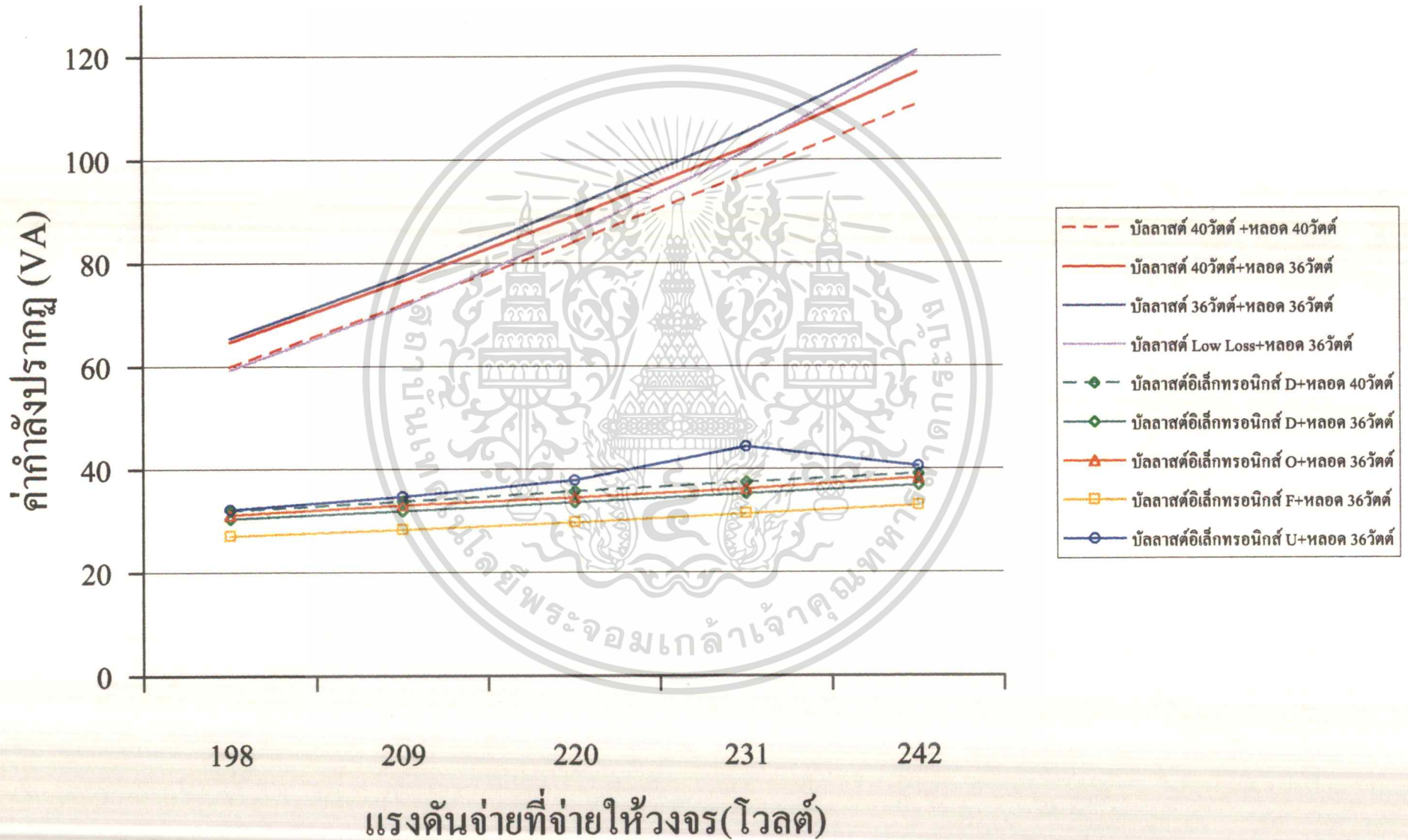
55



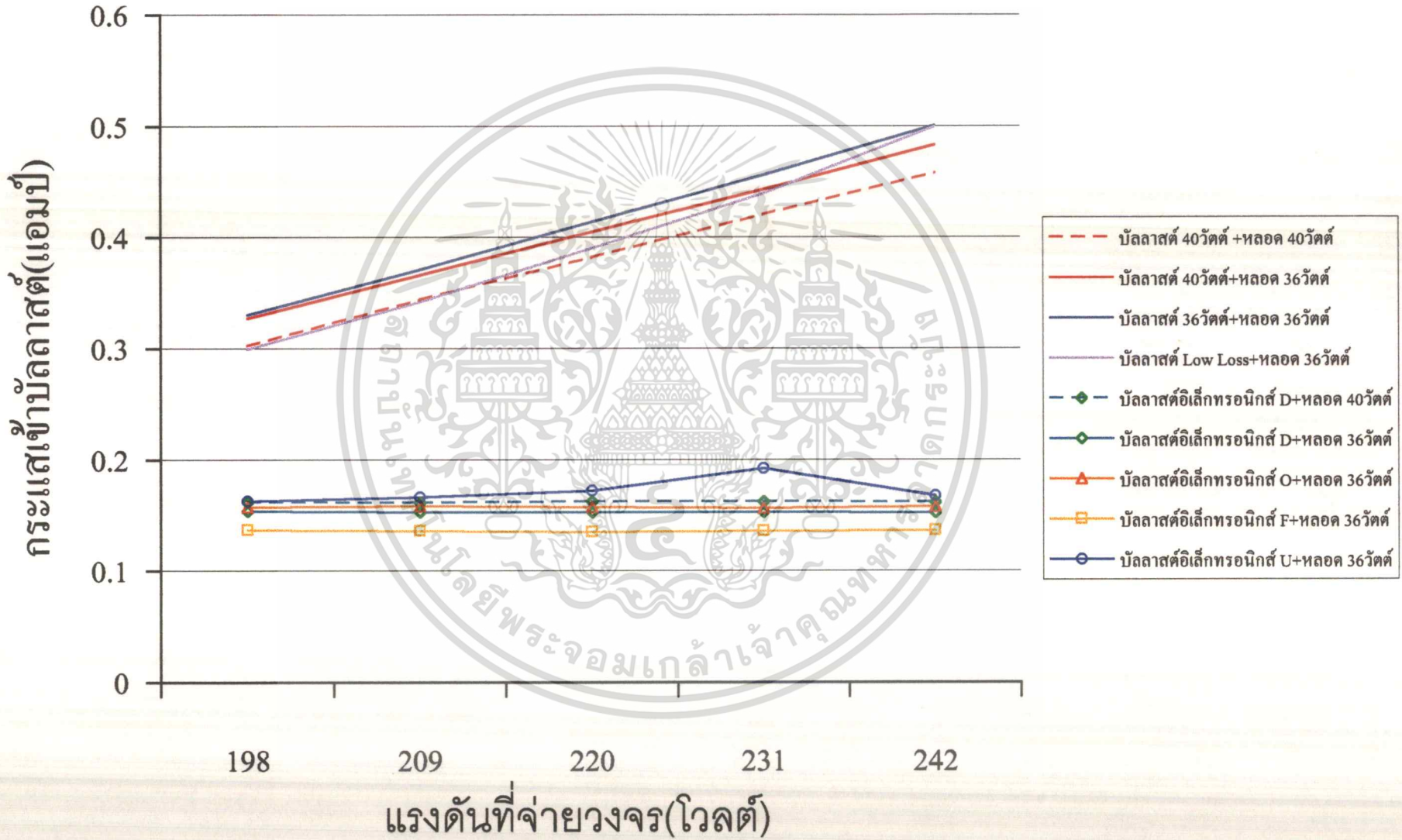
รูป 5.2 กราฟแสดงค่าตัวประกอบกำลังของวงจร



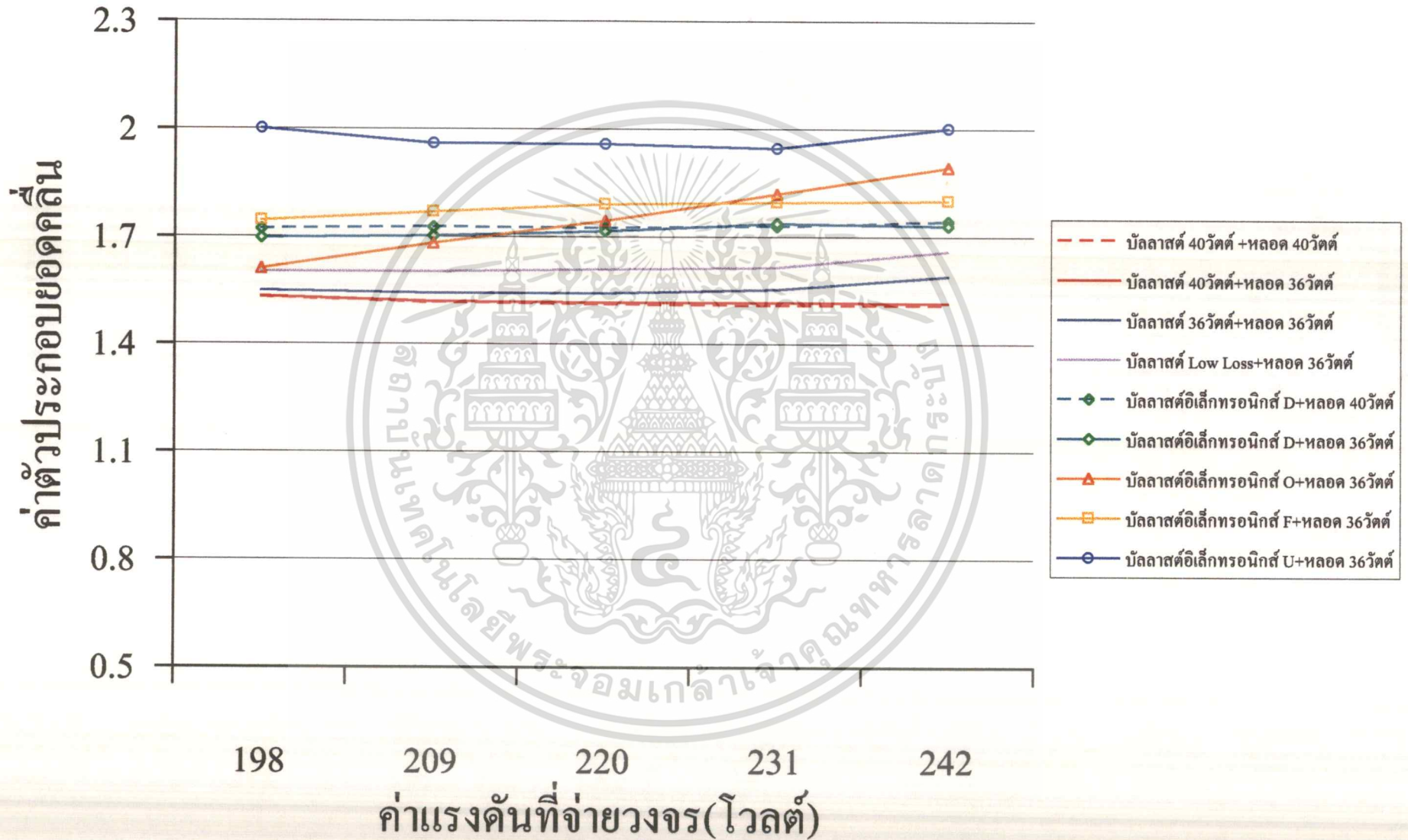
รูป 5.3 กราฟแสดงค่า VA ที่วงจรดึงจากแหล่งจ่าย



รูป 5.4 กราฟแสดงค่ากระแสจ่ายวงจร



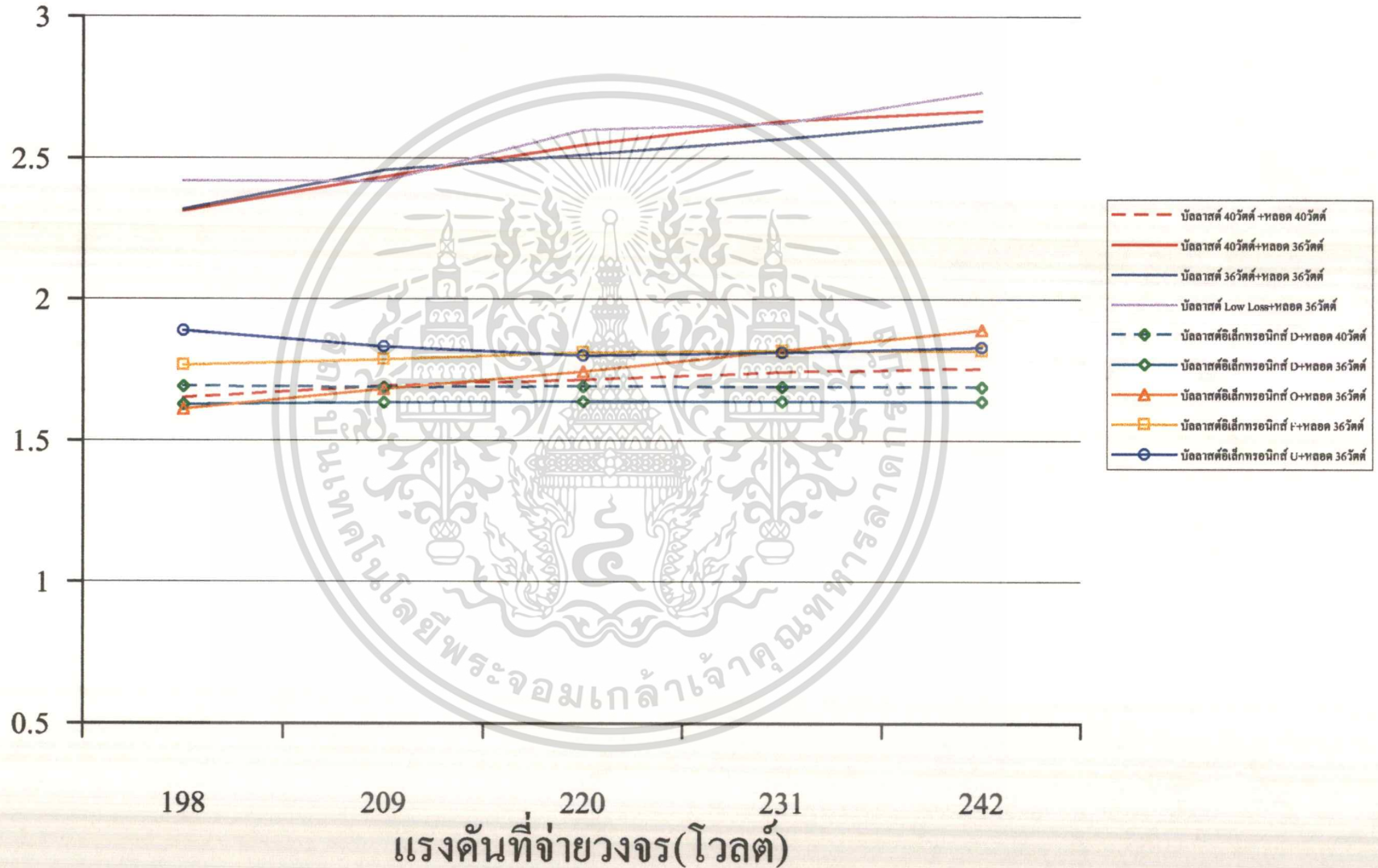
รูป 5.5 กราฟแสดงค่าตัวประกอบยอดคลื่นของกระแสผ่านหลอด



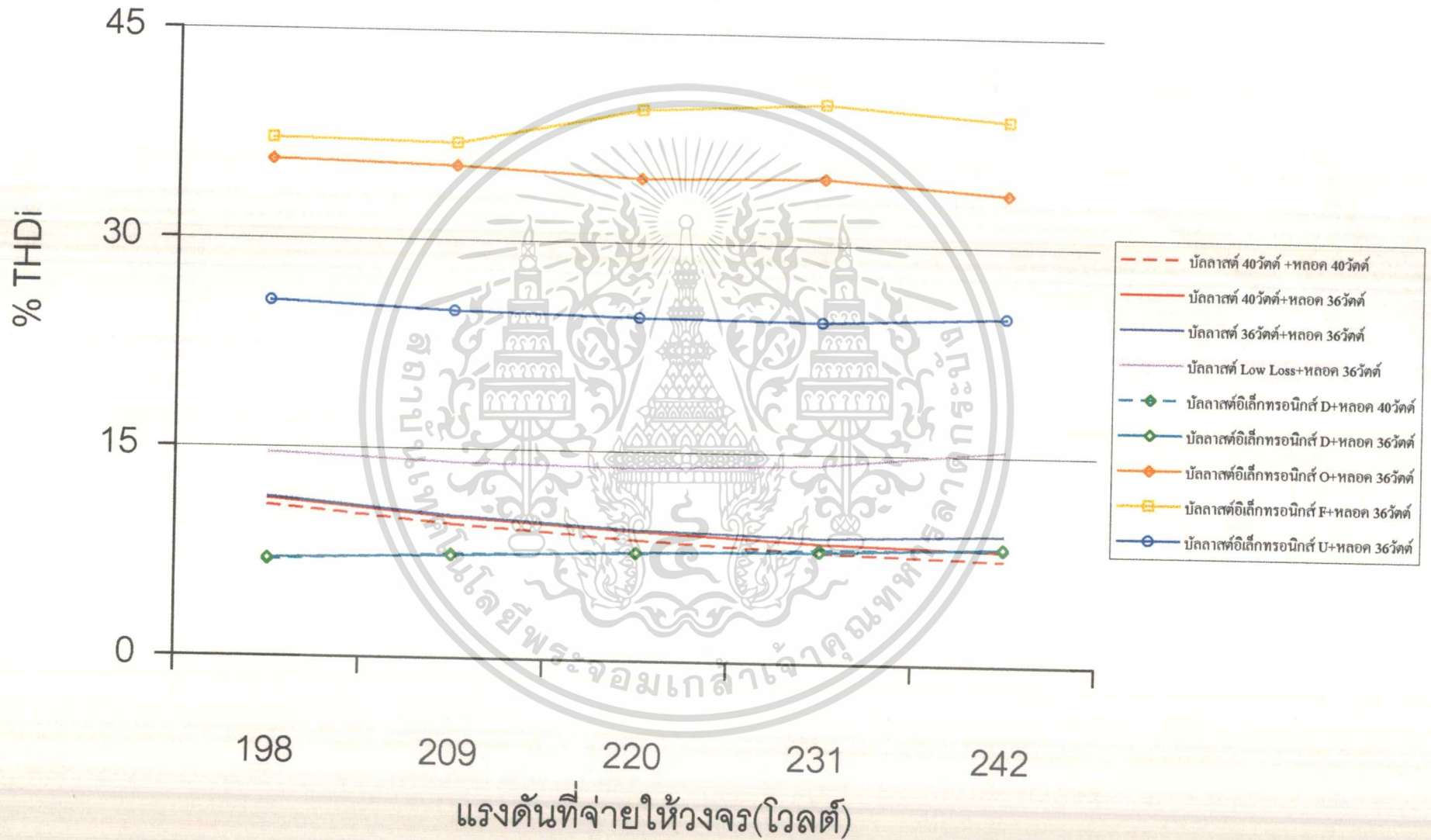
รูป 5.6 กราฟแสดงค่าตัวประกอบยอดคลื่นของแรงดันคร่อมหลอด

60

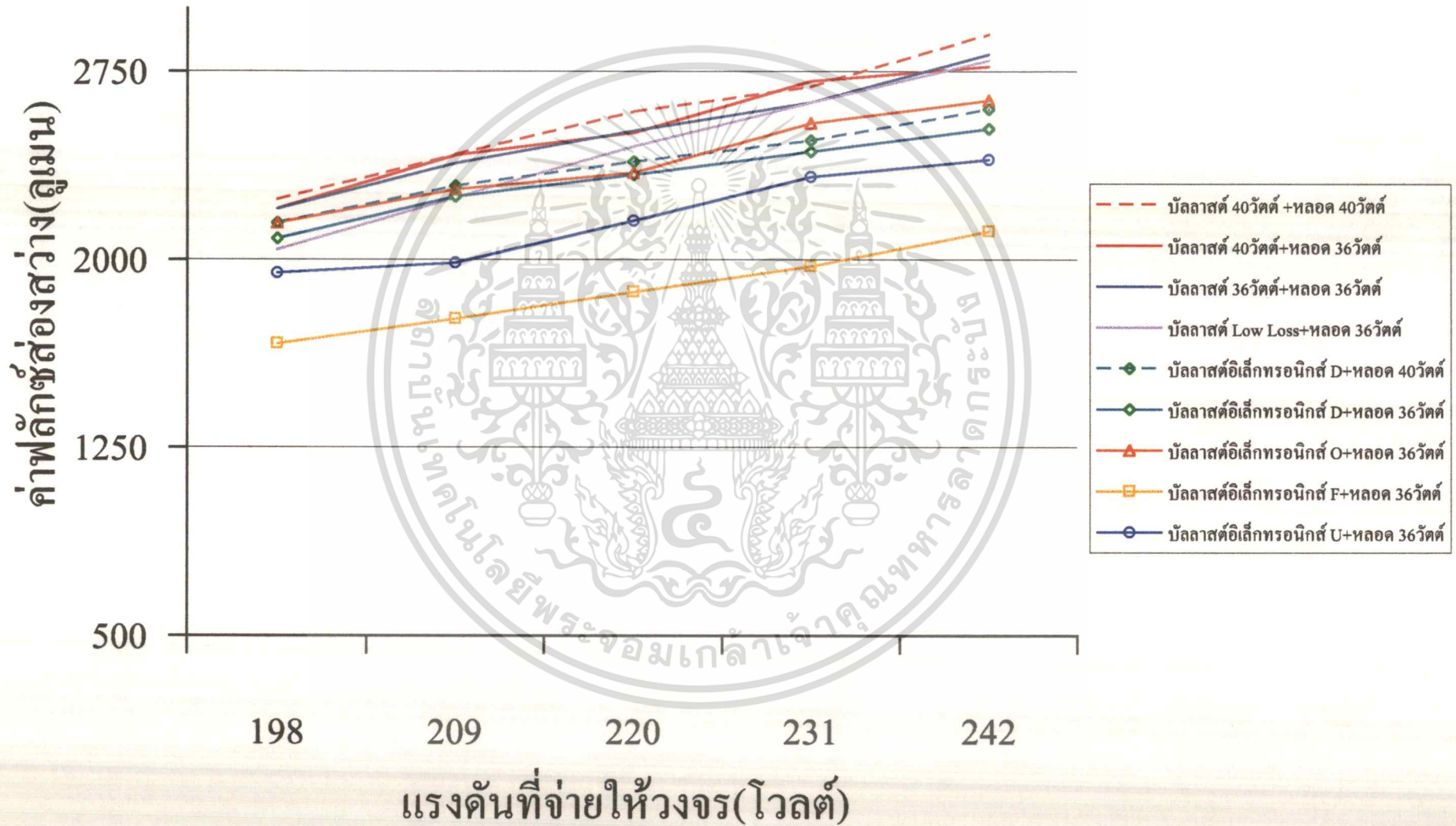
ค่าตัวประกอบยอดคลื่นของแรงดัน



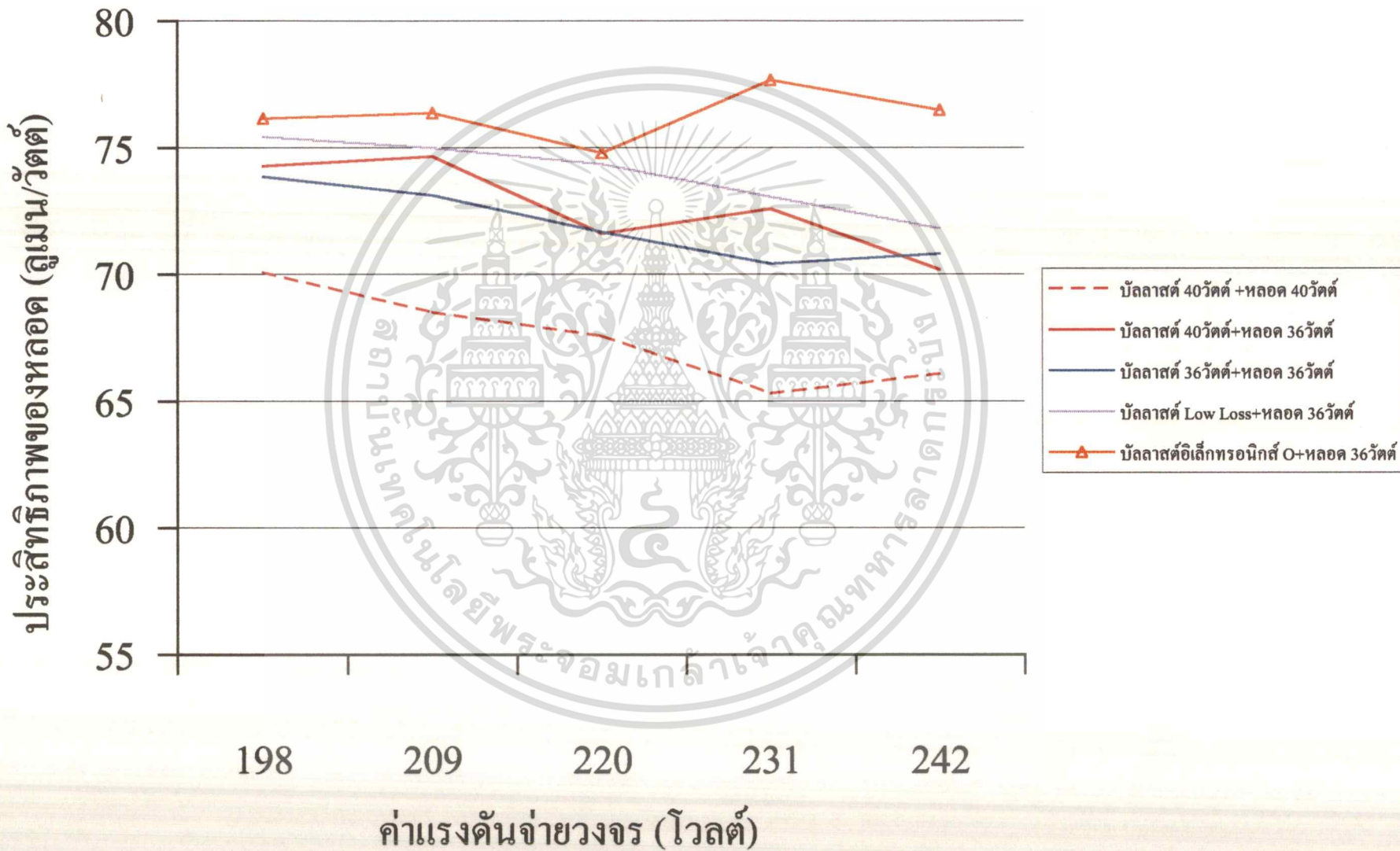
รูป 5.7 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ฮาร์โมนิกรวมของกระแสของวงจร



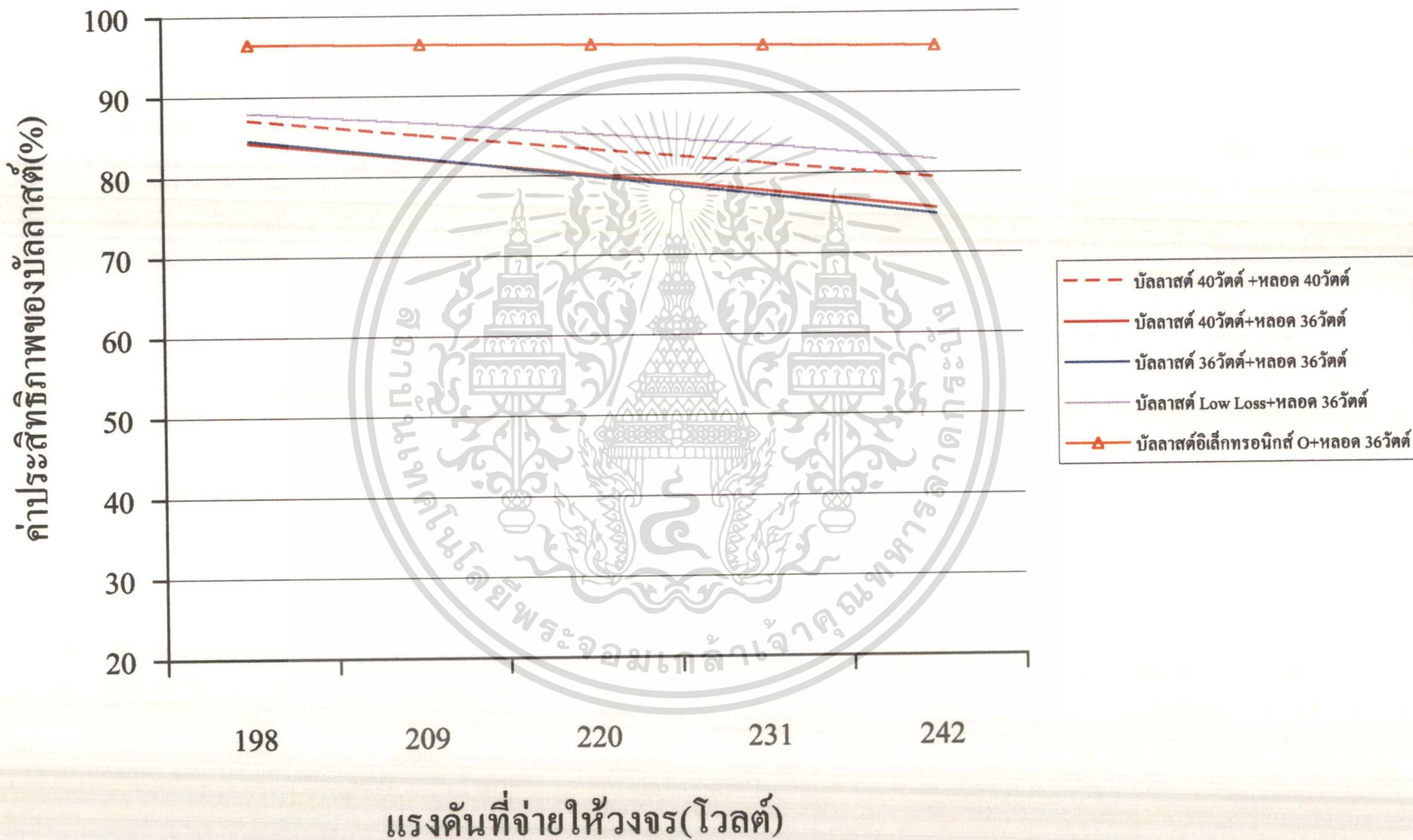
รูป 5.8 กราฟแสดงฟลักซ์ส่องสว่างของหลอด



รูป 5.9 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของหลอด

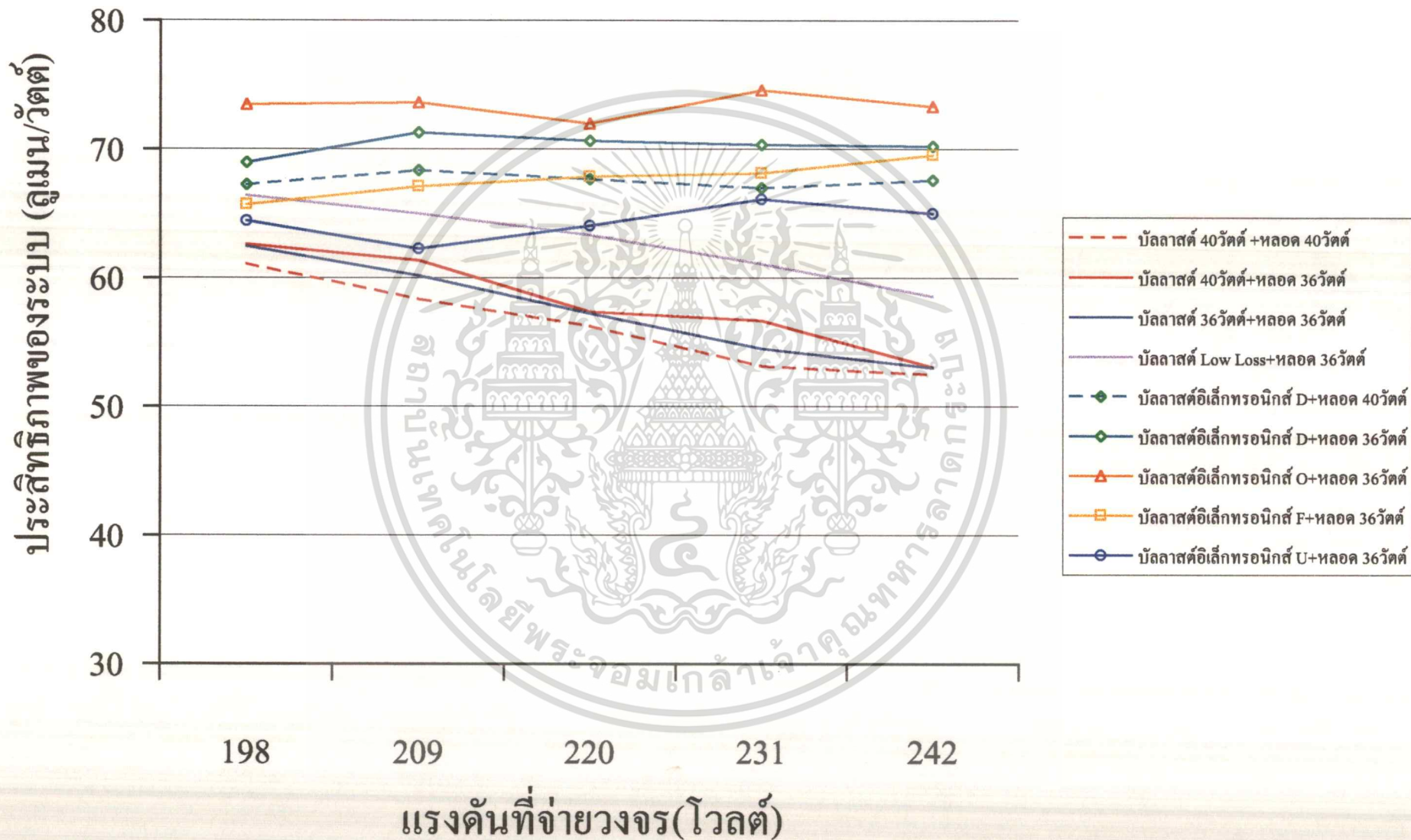


รูป 5.10 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของบัลลาสต์



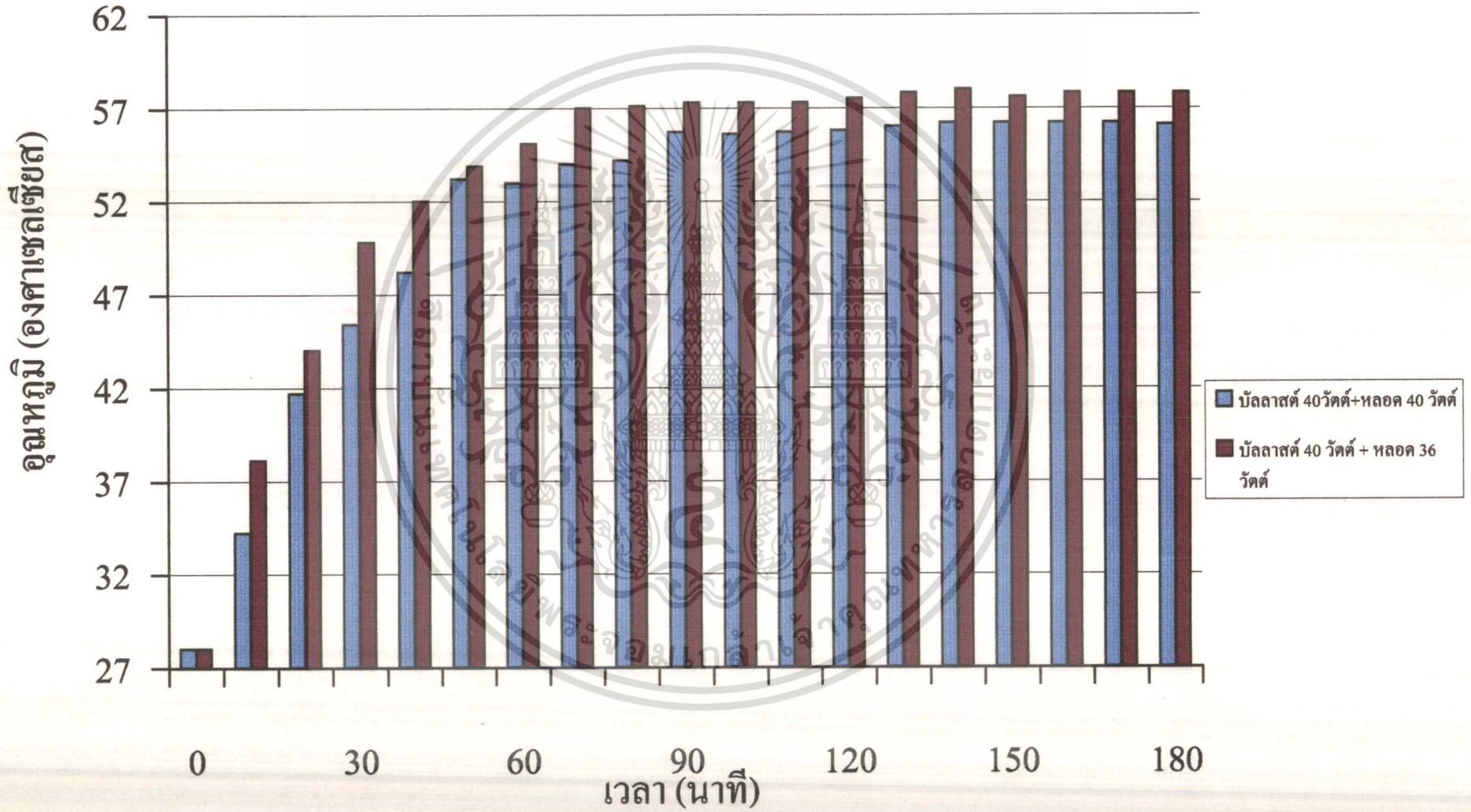
รูป 5.11 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของระบบ

65



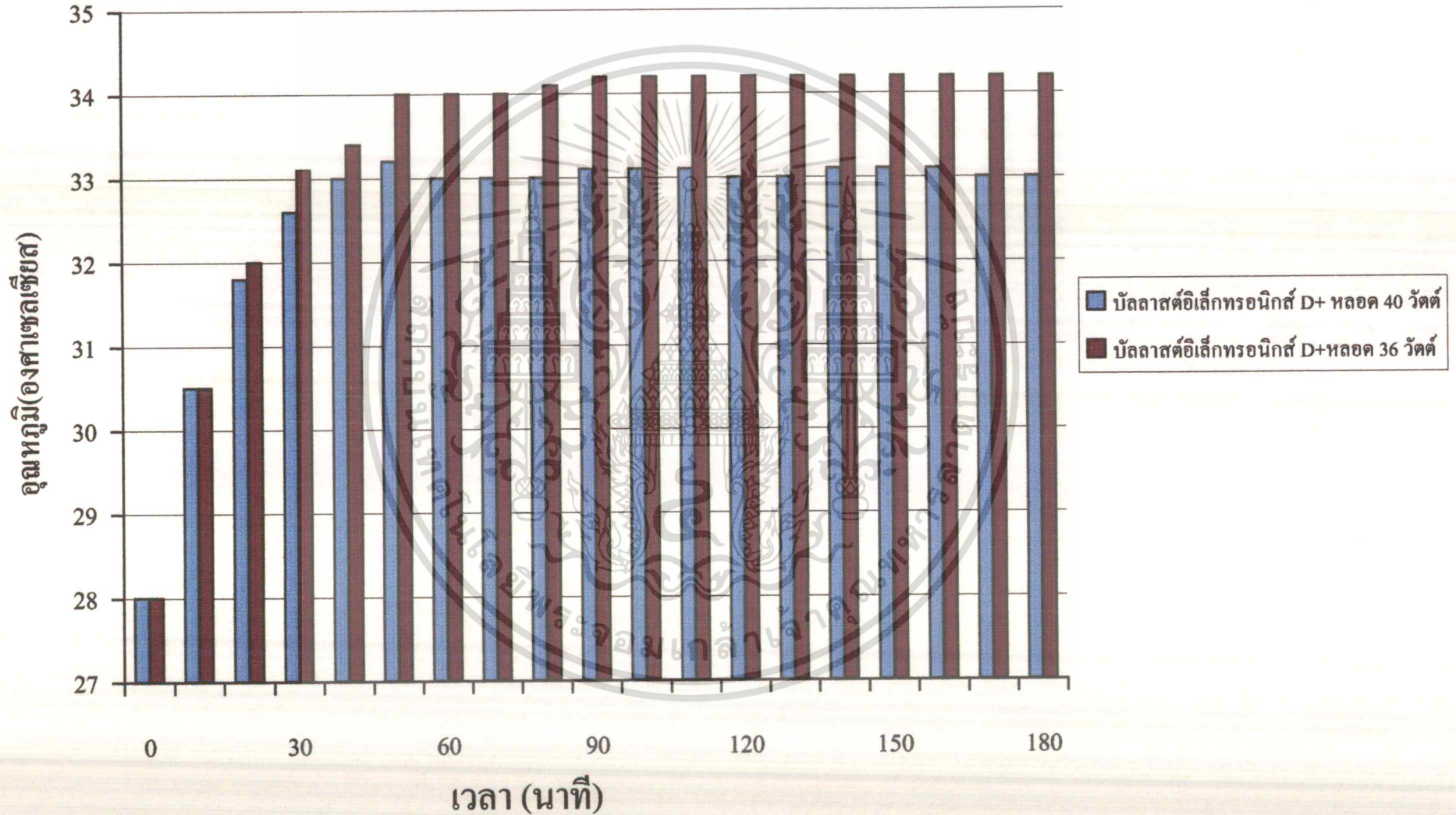
รูป 5.12 แผนภูมิการเพิ่มของอุณหภูมิบัลลาสต์ขดลวด 40 วัตต์  
(อุณหภูมิ ambient : 28 องศาเซลเซียส)

66



# รูป 5.13 แผนภูมิแสดงการเพิ่มอุณหภูมิของบอลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D

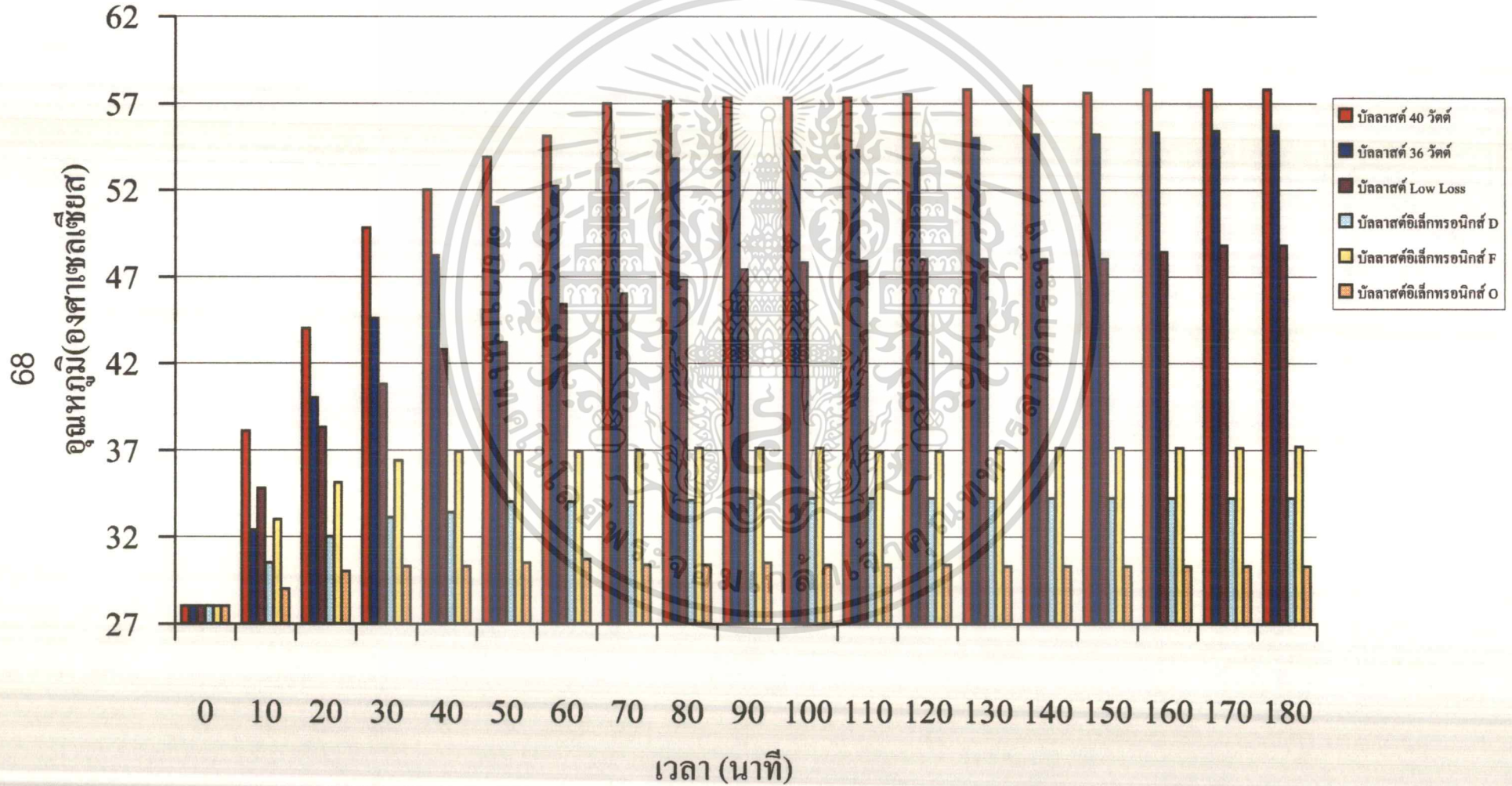
(อุณหภูมิ ambient : 28 องศาเซลเซียส)

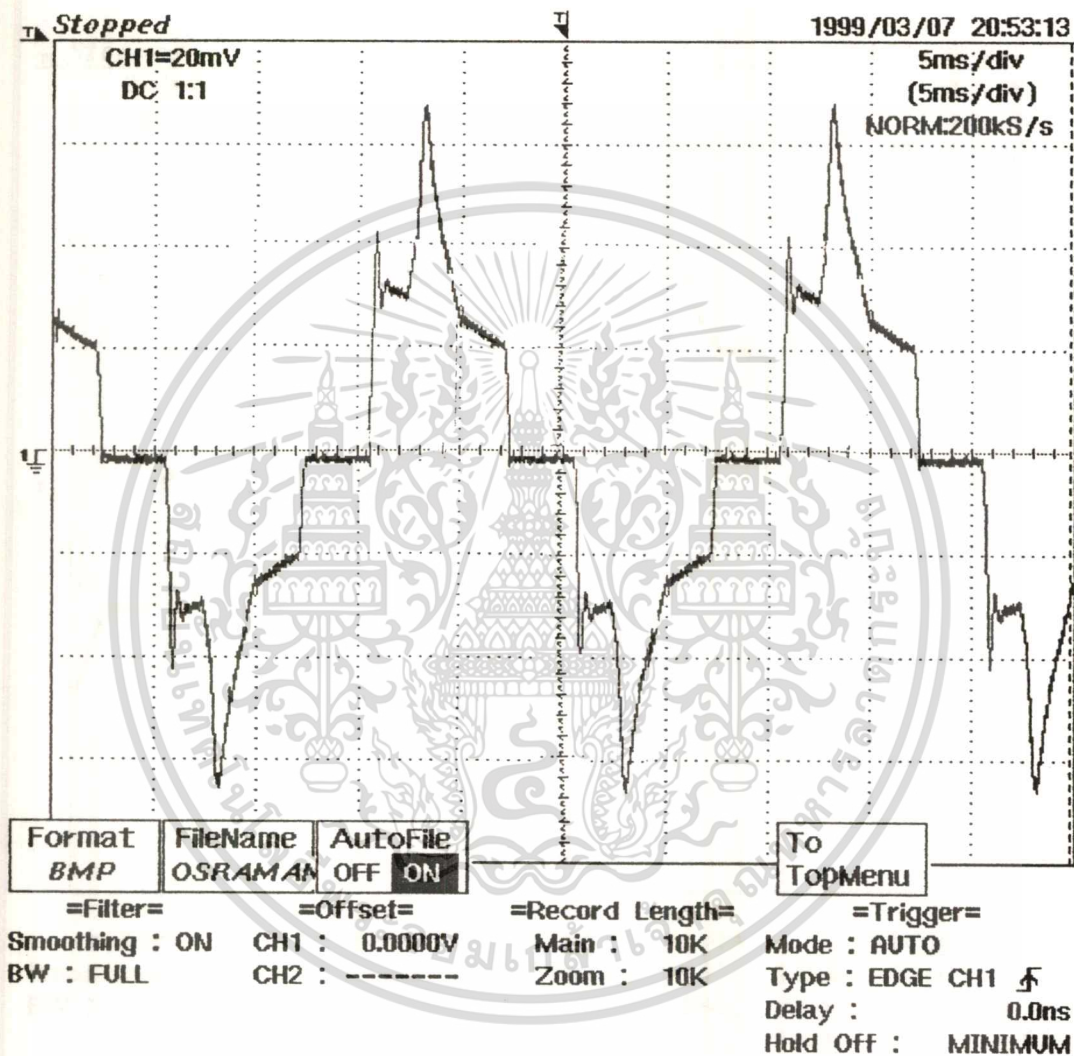


# รูป 5.14 แผนภูมิเปรียบเทียบการเพิ่มของอุณหภูมิของบัลลาสต์

## ชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้กับหลอด 36 วัตต์

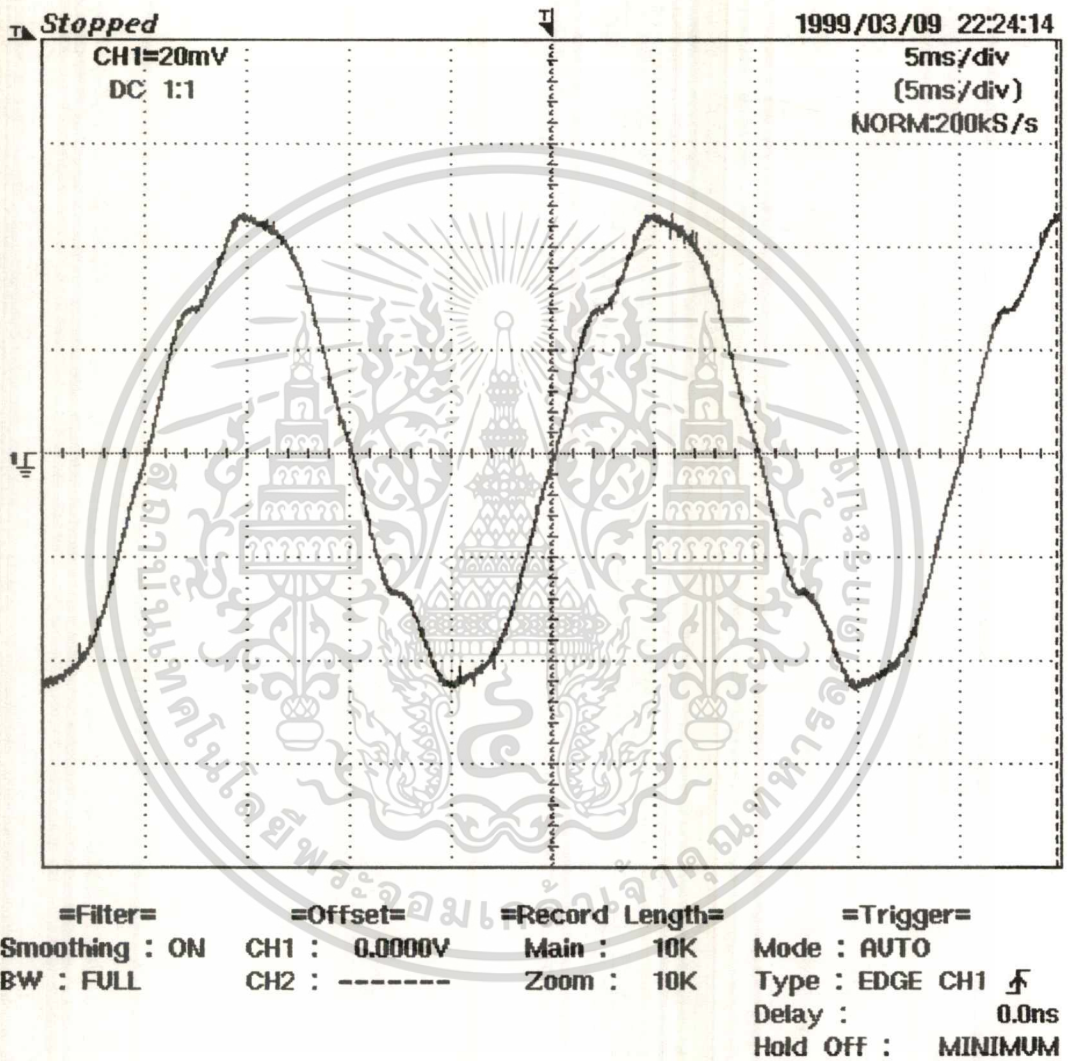
(อุณหภูมิ ambient = 28 องศาเซลเซียส)





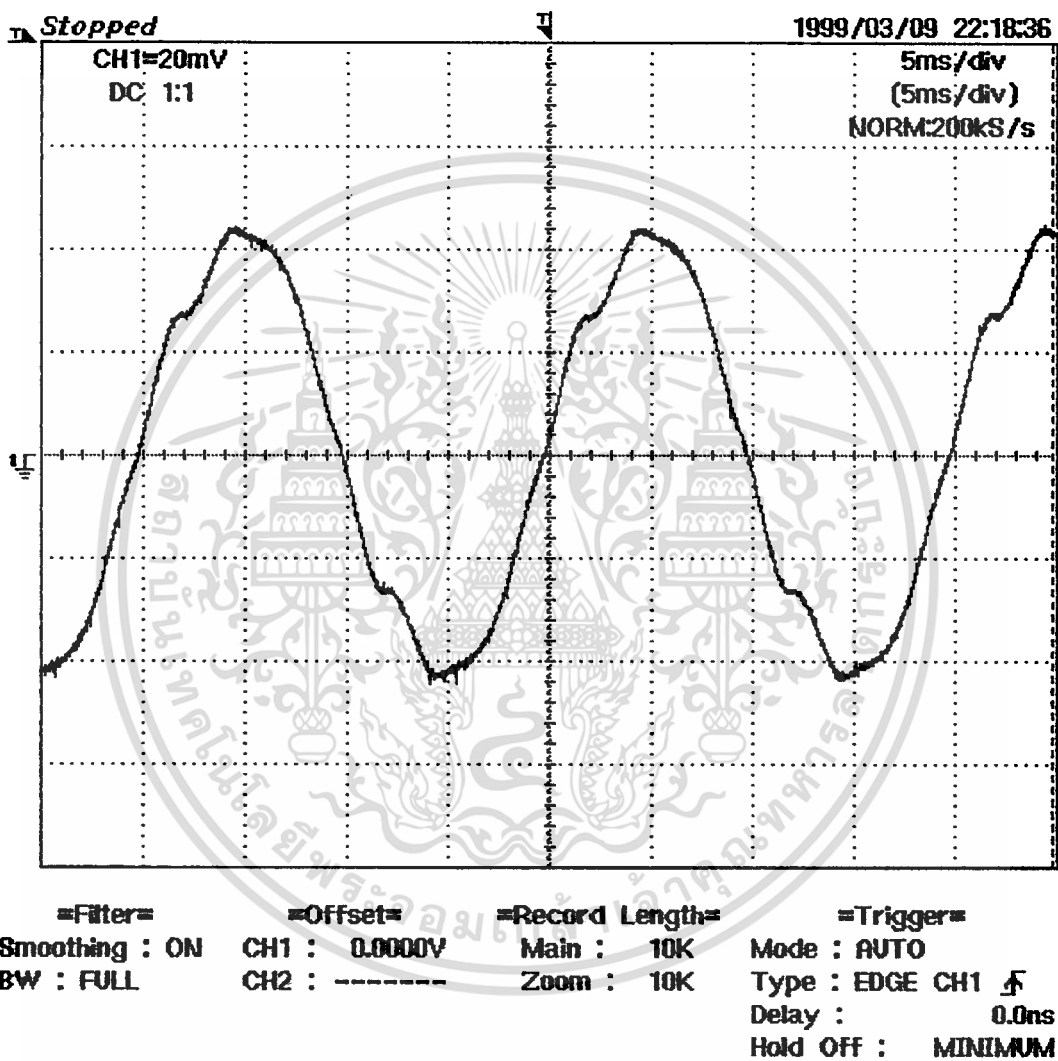
รูปที่ 5.15 แสดงรูปร่างกระแสขาเข้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ O กับหลอด 36 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



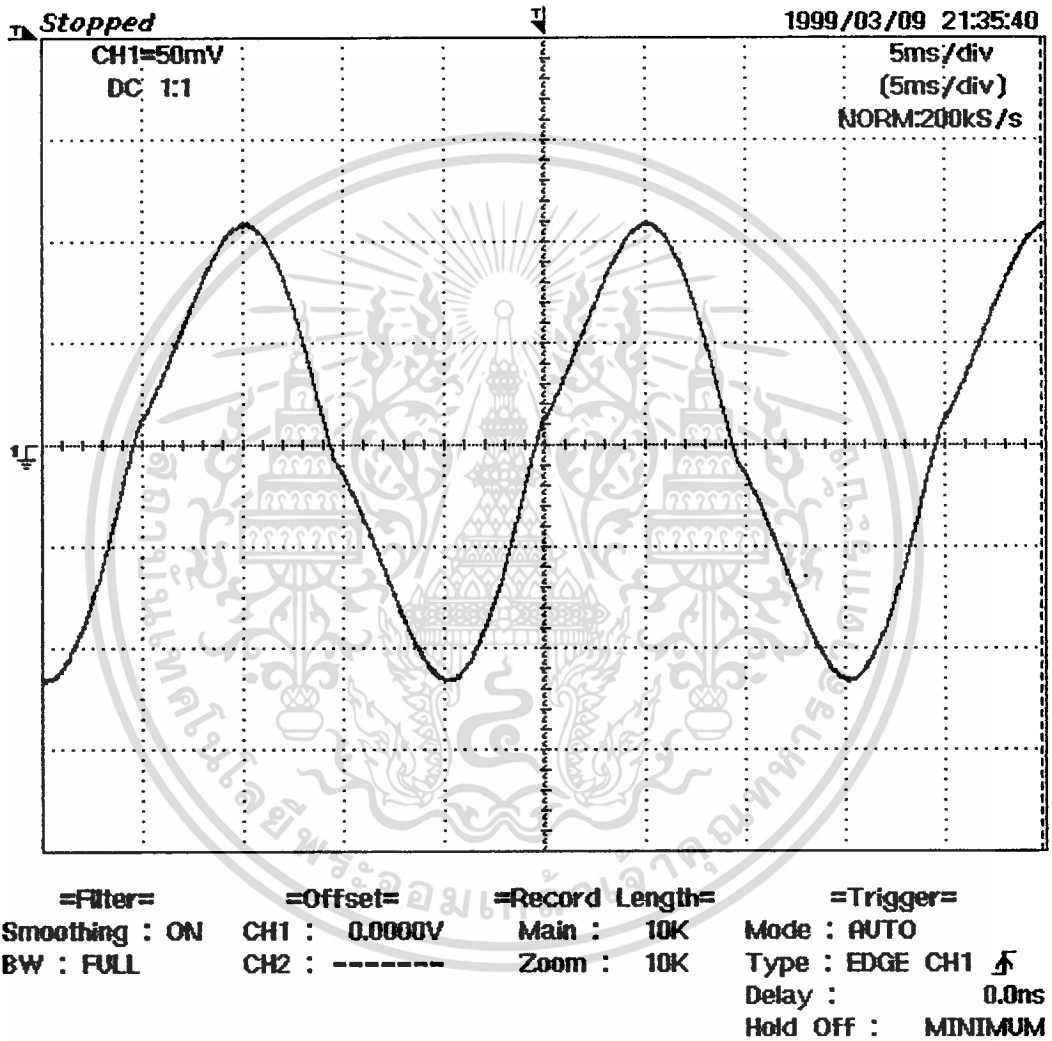
รูปที่ 5.17 แสดงรูปร่างกระแสขาเข้าวงจรของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D กับโหลด 40 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



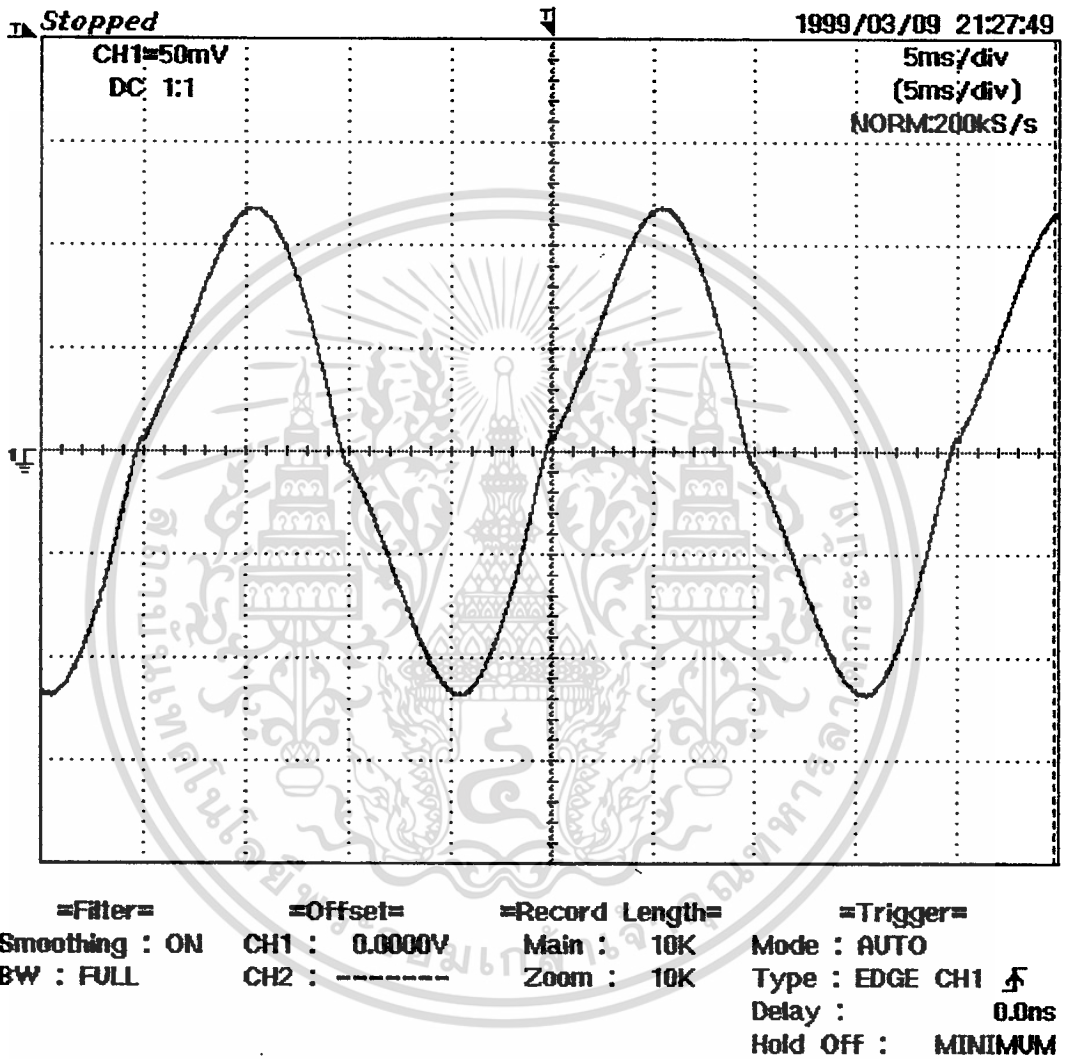
รูปที่ 5.18 แสดงรูปร่างกระแสขาเข้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ D กับโหลด 36 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



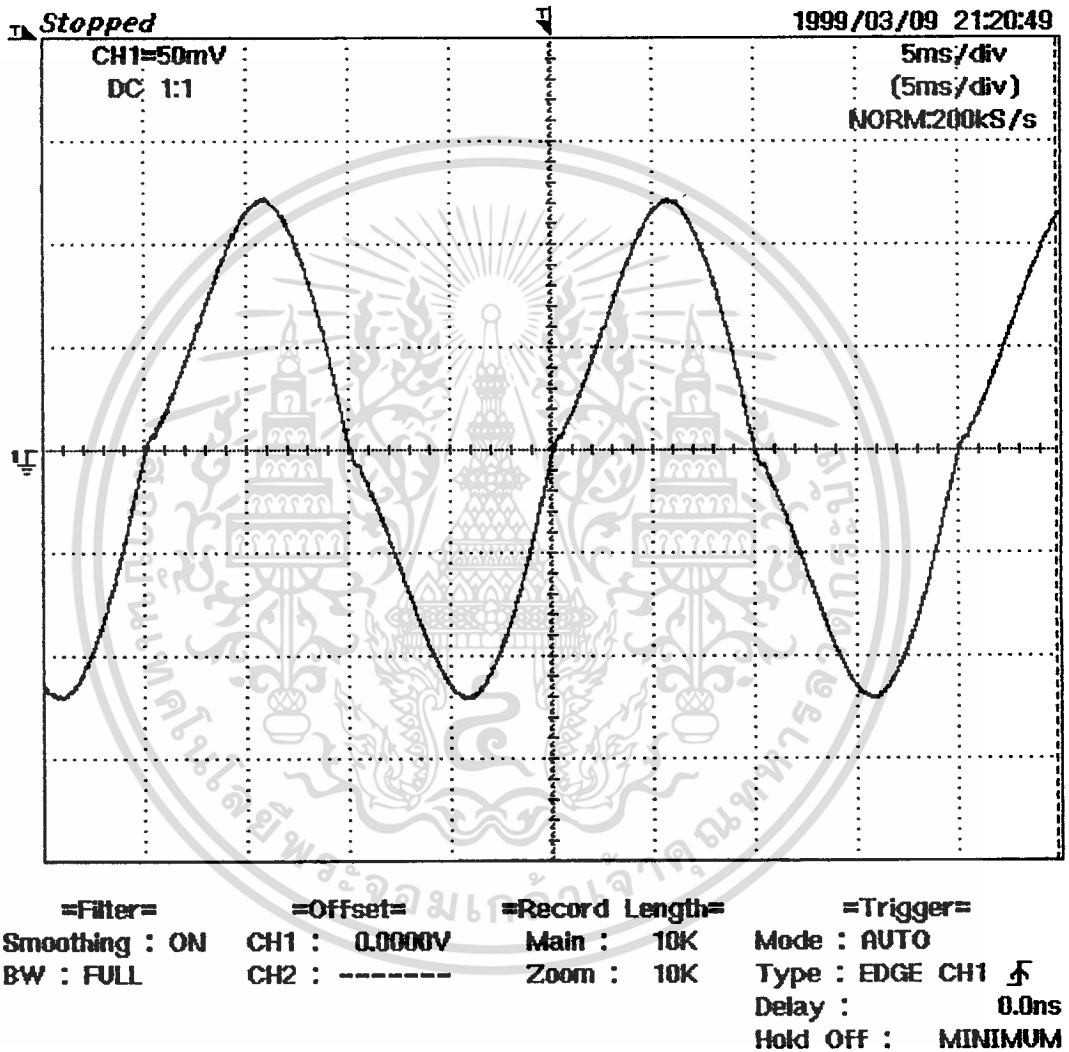
รูปที่ 5.19 แสดงรูปร่างกระแสขาเข้าวงจรของบัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับโหลด 40 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



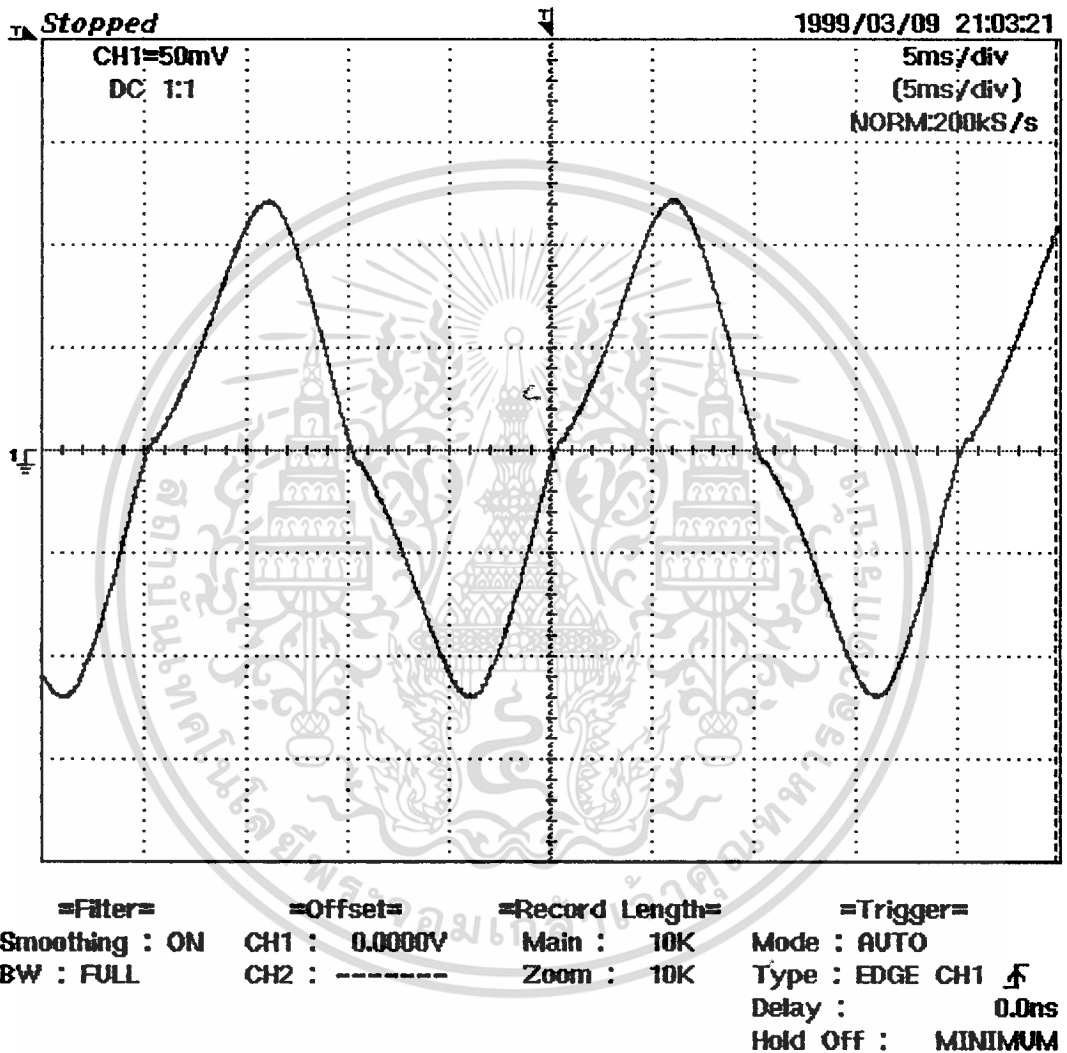
รูปที่ 5.20 แสดงรูปร่างกระแสขาเข้าวงจรของบัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับโหลด 36 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



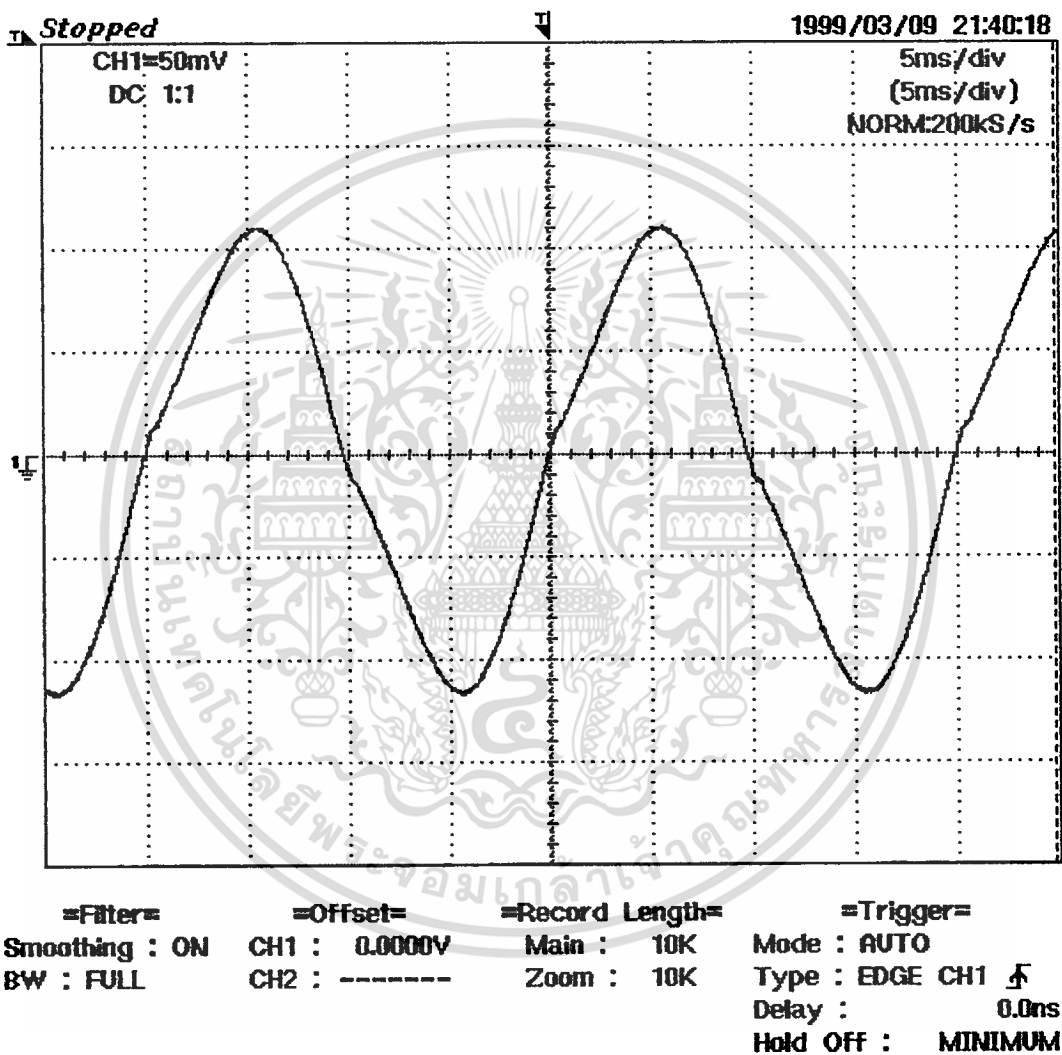
รูปที่ 5.21 แสดงรูปปร่างกระแสขาเข้าวงจรของบัลลาสต์แบบขดลวด 36วัตต์ กับโหลด 36 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.22 แสดงรูปร่างกระแสขาเข้าวงจรของบัลลาสต์ Low loss 36 วัตต์ กับโหลด 36 วัตต์

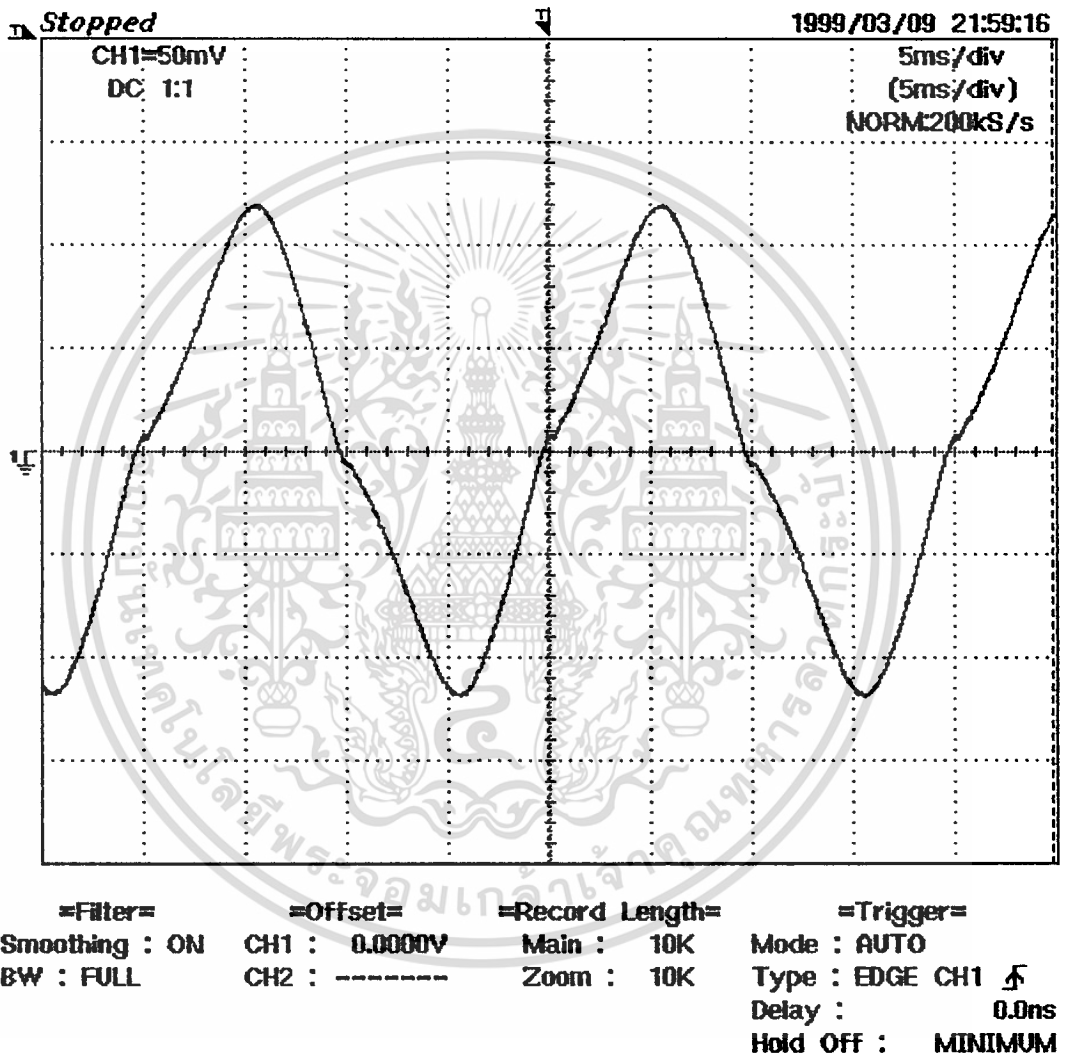
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.23 แสดงรูปร่างกระแสจ่ายหลอดของบัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับหลอด 40 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 5.25 แสดงรูปปร่างกระแสจ่ายหลอดของบัลลาสต์ Low loss 36 วัตต์ กับหลอด 36 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### การวิเคราะห์และสรุปผล

จากข้อมูลในบทที่ 5 จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้ง 2 ส่วนนั้น มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มเหมือนกัน จึงสามารถที่จะตัดประเด็นความคลาดเคลื่อนจากการทดลองที่เกิดจากการใช้หลอดที่ต่างกันในการทดลองได้

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาพิจารณา และสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. ค่ากำลังงานที่ใช้ จากข้อมูลจะเห็นว่าใช้บัลลาสต์ตัวเดียวกันเมื่อเปลี่ยนจากหลอด 40 วัตต์(หลอดฮวน) ไปใช้หลอด 36 วัตต์(หลอดประหยัดพลังงาน) จะประหยัดพลังงานได้แค่เพียง 2 – 2.5 วัตต์เท่านั้น ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่น้อยเมื่อเทียบกับ กัปราคาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าทั้งหมดแสดงดังตาราง 6.1 จากข้อมูลจะเห็นว่าหลอดประหยัดพลังงานทำให้ค่าตัวประกอบกำลังของหลอดต่ำกว่าการใช้หลอด 40 วัตต์ ซึ่งเป็นผลทำให้ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรลดลงด้วย ซึ่งหมายความว่า การประหยัดพลังงานเมื่อเปลี่ยนหลอดเกิดจากค่าตัวประกอบกำลังของวงจรลดลงนั่นเอง เพราะเมื่อเปลี่ยนหลอดนั้นจะสามารถประหยัดพลังงานได้ 2.73 วัตต์และค่าตัวประกอบกำลังลดลงจาก 0.5475 เป็น 0.49 เมื่อเทียบในด้านของกำลังปรากฏ(Apparent Power)แล้ว กลับพบว่าค่ากำลังปรากฏเพิ่มขึ้น 5.03 VA นั้นแสดงว่าการประหยัดพลังงานของหลอดประหยัดพลังงานนั้นเกิดจากการทำให้ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรต่ำลง ทำให้ใช้ค่ากำลังงานจริง(Active Power)ลดลง ในขณะที่ระบบนั้นคือค่ากำลังปรากฏจากแหล่งจ่ายไฟเพิ่มขึ้นแล้วจะเรียกว่าประหยัด ได้จริงหรือไม่ โดยลักษณะนี้จะมีผลมากกับบัลลาสต์แบบขดลวดแต่ไม่ค่อยมีผลต่อบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มากนัก

จากข้อมูลในตาราง 6.1 พบว่าหลอดประหยัดพลังงานใช้กระแสสูงกว่าหลอด 40 วัตต์ ซึ่งมีผลต่อค่าความสูญเสียในบัลลาสต์แบบขดลวดที่เกิดจากความต้านทานภายใน ( $I^2R$ ) ทำให้ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ลดลงด้วย ซึ่งค่าความสูญเสียภายในตัวบัลลาสต์นี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันจ่ายวงจรมากขึ้นในบัลลาสต์แบบขดลวด

บัลลาสต์แบบขดลวดที่มีขายส่วนมากในปัจจุบัน จะระบุค่ากำลังเป็น 36/40 วัตต์ สามารถประหยัดพลังงานได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรจะต่ำลงเมื่อเทียบกับบัลลาสต์แบบขดลวดขนาด 40 วัตต์แบบเดิม นอกจากนี้บัลลาสต์แบบใหม่นี้ยังมีค่าความสูญเสียเพิ่มมากขึ้น ซึ่งก็ทำให้ค่าประสิทธิภาพของบัลลาสต์ต่ำกว่าบัลลาสต์แบบขดลวดแบบเดิมด้วย ส่วนในบัลลาสต์ที่มีการปรับปรุงให้มีค่าความสูญเสียต่ำ (Low Loss) ทำในส่วนของการปรับปรุงค่าสูญเสียในแกนเหล็กให้ต่ำลง เพราะค่ากำลังสูญเสียในขดลวดนั้นลดยาก สามารถลดการใช้กำลังงานได้มากก็จริง แต่ค่าตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่แจ้งชื่อผู้เขียนหรือผู้จัดทำเอกสารให้ทราบก่อนจะถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบกำลังของวงจรซึ่งต่ำลงไปอีก ถึงแม้ว่าค่านี้จะไม่ทำให้ค่ากำลังปรากฏเพิ่มสูงนัก แต่ถ้าหากเปรียบเทียบกับราคาที่เพิ่มขึ้นแล้ว การประหยัดพลังงานได้แค่นี้ถือว่าไม่น่าใช้

ตาราง 6.1 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบเมื่อใช้บัลลาสต์แบบขดลวด 40 วัตต์ กับ หลอด 40 วัตต์ และหลอด 36 วัตต์

ข้อมูลที่ศึกษา	หลอดฟลูออเรสเซนต์ 40 วัตต์	หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์
<u>Ballast Input</u> แรงดัน (V)	220	220
กระแส (A)	0.3822	0.4051
กำลัง (W)	46.04	43.67
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.5475	0.49
<u>Lamp Input</u> แรงดัน (V)	114.02	105.88
กระแส (A)	0.3829	0.4061
กำลัง (W)	38.34	34.98
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.8781	0.8135
บัลลาสต์ แฟคเตอร์	.9632	0.9638
ค่าตัวประกอบชดเชยคลื่นกระแส	1.511	1.516
<u>System Output</u> แสงสว่างที่ได้ (lm)	2590.9	2505.93
ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแส (%)	8.68	9.27
ค่าประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (%)	83.27	80.09
ค่าประสิทธิภาพของหลอด (lm/w)	67.58	71.63
ค่าประสิทธิภาพของระบบ (lm/w)	56.27	57.38

การเปลี่ยนบัลลาสต์มาใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอาคาร การเปลี่ยนไปใช้บัลลาสต์ชนิดอื่นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งนอกจากจะใช้กำลังงานน้อยกว่าแล้วคือ ประหยัดไม่ว่าการณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มากกว่า 10 วัตต์ หรือประมาณ 25 % ถ้าเทียบกับบัลลาสต์แบบเดิมที่ใช้หลอดเดียวกัน ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรยังถือว่าสูงมากอีกด้วย คือ มากกว่า 0.9 ซึ่งบางตัวสามารถปรับปรุงให้ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรได้สูงถึง 0.98 นั่นแสดงให้เห็นว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กำลังงานได้ประหยัดทั้งในแง่ผู้ใช้ไฟฟ้าและในแง่ของผู้ผลิต นอกจากนี้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ยังมีช่วงการตอบสนองต่อแรงดันที่ดีด้วย คือกำลังงานที่ใช้ค่อนข้างจะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามแรงดันมากนัก

2. อายุการใช้งานของหลอด อายุการใช้งานของหลอดจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก ๆ 3 ประการ คือ ค่าแรงดันจุดติดหลอด ค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแสผ่านหลอด และค่าแรงดันตกคร่อมขั้วหลอด

- ค่าขดคลื่นของกระแสผ่านหลอด จากข้อมูลในตารางจะเห็นได้ว่าเมื่อเปลี่ยนจากหลอด 40 วัตต์ มาใช้หลอดประหยัดพลังงาน 36 วัตต์จะทำให้ค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแสผ่านหลอดมีค่ามากขึ้น ถึงแม้จะไม่มากนักแต่ก็แสดงให้เห็นว่า หลอดแบบใหม่นั้นจะมีอายุการใช้งานสั้นกว่าหลอดแบบเดิม เพราะค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแสจะเป็นอัตราส่วนของกระแสค่ายอด (peak current) ต่อค่ากระแสรากกำลังสองเฉลี่ย (rms current) นั่นคือจะแสดงให้เห็นความไม่ราบเรียบของกระแสที่ไหลผ่านขั้วหลอด ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะทำให้ขั้วหลอดสึกเร็วขึ้น โดยค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแสผ่านหลอดที่ดีควรจะไม่เกิน 1.7 (ตามมาตรฐาน มอก.1506-2541)

ในขณะที่เมื่อเราเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแสเพิ่มขึ้นสูงกว่าบัลลาสต์แบบขดลวดมากพอสมควร สาเหตุเนื่องมาจากการทำงานของบัลลาสต์แบบนี้จะมีการสวิชชิงที่ความถี่สูง ทำให้มีโอกาสเกิดความไม่สม่ำเสมอของกระแสได้มาก ซึ่งจะทำให้หลอดมีอายุสั้น และมีค่าฟลักซ์ส่องสว่างลดลงอย่างรวดเร็วอีกด้วย แต่การใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ก็สามารถชดเชยข้อเสียนี้ด้วยการใช้ค่าแรงดันจุดหลอดที่ต่ำกว่า ซึ่งค่าแรงดันจุดหลอดจะมีผลต่ออายุการใช้งานของหลอดมากกว่าค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแสผ่านหลอด

- ค่าแรงดันจุดหลอด ในหลอดประหยัดพลังงาน 36 วัตต์ต้องการค่าแรงดันจุดหลอดมากกว่าหลอด 40 วัตต์แบบเดิม ซึ่งค่านี้จะมีผลมากกว่าค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแส เพราะในการจุดติดหลอดแต่ละครั้ง ถ้าหากจุดหลอดด้วยแรงดันสูง ๆ แล้วแรงดันนี้จะเร่งให้ขั้วหลอดเสื่อมเร็วขึ้น ด้วยเหตุผลนี้จึงมีการประดิษฐ์บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ขึ้นเพื่อใช้ในการจุดหลอดประหยัดพลังงานที่ผลิตมาเนื่องจากจะใช้ค่าแรงดันต่ำกว่าเพราะอาศัยความถี่สูงในการจุดหลอด ซึ่งก็จะเป็นการยืดอายุการใช้งานของหลอดและประหยัดพลังงานได้มากขึ้นด้วย

- แรงดันคร่อมขั้วหลอด บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าบัลลาสต์แบบขดลวด ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากค่าความสูญเสียภายในตัวบัลลาสต์ที่ต่ำกว่า และอีกส่วนหนึ่งมาจากการที่ไม่ต้องมีการอุ่นไส้หลอดตลอดเวลาหลังจากการจุดหลอดเหมือนกับการใช้บัลลาสต์แบบขดลวดซึ่งมีการจุดหลอดแบบ preheat start และจะต้องมีแรงดันคร่อมขั้วหลอดตลอดเวลา (ค่าประมาณ 3.5 เมกกะวัตต์) ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้กดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โวลต์) บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สามารถประหยัดพลังงานได้จากส่วนนี้ถือว่าเป็นข้อดี แต่ค่าแรงดันคล่อมขั้วหลอดนี้จะมีประโยชน์ในการรักษาขั้วหลอดหลังจากการจุดหลอด ทำให้หลอดมีอายุการใช้งานที่ยาวขึ้น ซึ่งในส่วนนี้บัลลาสต์แบบขดลวดจะได้เปรียบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

3.ค่าประสิทธิภาพและแสงสว่าง จากกราฟจะพบว่าค่าฟลักซ์ส่องสว่างระหว่างหลอด 40 วัตต์กับหลอด 36 วัตต์ แตกต่างกันน้อยมากคือ ประมาณ 90 ลูเมน (ซึ่งค่านี้ตรงตามที่ระบุไว้ที่หลอด 2690 และ 2600 ลูเมน) หรือประมาณ 3% เท่านั้น และจากกราฟจะเห็นได้ว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะได้ค่าฟลักซ์ส่องสว่างต่ำกว่าทุกช่วงแรงดัน แต่ก็แตกต่างกันไม่มากนักประมาณ 8 % เท่านั้น

เมื่อเราพิจารณาประสิทธิภาพของหลอดแล้ว ถึงแม้ว่าหลอดขนาด 36 วัตต์จะได้ค่าฟลักซ์ส่องสว่างต่ำกว่า แต่ค่าประสิทธิภาพของหลอดจะสูงกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลอด 36 วัตต์มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่างได้ดีกว่าหลอด 40 วัตต์แบบเดิม แต่จะสังเกตเห็นว่าค่าประสิทธิภาพของหลอดจะลดลงเมื่อแรงดันเพิ่มขึ้น นั่นคือ จะเกิดค่ากำลังสูญเสียภายในหลอดเพิ่มสูงขึ้น แต่ในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ค่าประสิทธิภาพของหลอดค่อนข้างจะคงที่ นั่นคือจะเกิดความสูญเสียภายในหลอดน้อยกว่าเพราะมีค่ากระแสที่ไหลผ่านหลอดต่ำกว่านั่นเอง

ถ้าหากเราพิจารณาในด้านประสิทธิภาพของบัลลาสต์ จะพบว่าค่าประสิทธิภาพของบัลลาสต์ที่ใช้หลอด 36 วัตต์จะลดลงเมื่อเทียบกับบัลลาสต์เดียวกันแต่ใช้หลอด 40 วัตต์ (จาก 83.27 % เป็น 80.09 %) ทั้งนี้เพราะกระแสที่เพิ่มขึ้นของหลอด 36 วัตต์นั่นเอง ซึ่งเมื่อเราเปรียบเทียบกับบัลลาสต์ Low Loss กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะเห็นได้ว่าค่าประสิทธิภาพที่ได้จะมีค่าสูงกว่าบัลลาสต์แบบขดลวดทั่วไป คือ มีค่า 85.15 และ 96.25 % ตามลำดับ ซึ่งก็เกิดจากค่าความสูญเสียที่ต่ำกว่าเนื่องจากการลดค่าสูญเสียในแกนเหล็กของบัลลาสต์แบบ Low Loss และการใช้กระแสดำกว่าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

เมื่อเรามองถึงค่าประสิทธิภาพของระบบทั้งหมด ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความสามารถของระบบที่จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด (รวมทั้งค่าสูญเสียในบัลลาสต์) ไปเป็นแสงสว่าง จากกราฟจะเห็นได้ว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะมีค่าประสิทธิภาพของระบบสูงกว่าบัลลาสต์แบบขดลวดอย่างชัดเจน นั่นคือบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สามารถมีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพทั้งนี้เป็นเพราะมีค่าสูญเสียในตัวต่ำกว่านั่นเอง และค่าประสิทธิภาพของระบบที่ใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะมีค่าค่อนข้างที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามแรงดัน ในขณะที่บัลลาสต์แบบขดลวดค่าประสิทธิภาพของระบบจะลดลงตามค่าแรงดันที่เพิ่มขึ้น ซึ่งก็เป็นเพราะค่าสูญเสียที่เพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อแรงดันเพิ่มขึ้นนั่นเอง และเป็นที่น่าสังเกตว่าค่าประสิทธิภาพของระบบที่ใช้หลอด 36 วัตต์จะสูงกว่าหลอด 40 วัตต์เมื่อใช้บัลลาสต์ตัวเดียวกัน ไม่ว่าจะ เป็นบัลลาสต์แบบขดลวด หรือบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแง่ของคุณภาพแสงที่ออกมาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะให้แสงที่นุ่มนวลกว่า ผลผลของสโตรโบสโคปิก (stroboscopic effect) ซึ่งก็ทำให้ภาพนิ่งกว่า สบายตากว่า และถนอมสายตาด้วย ที่เป็นเช่นนี้เพราะบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ทำงานที่ความถี่สูงนั่นเอง

4.ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแส จากกราฟจะพบว่าค่าฮาร์โมนิกของระบบที่ใช้หลอด 36 วัตต์จะมีค่าสูงกว่าหลอด 40 วัตต์เมื่อใช้บัลลาสต์ตัวเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าหลอด 36 วัตต์ใหม่นั้นจะทำให้ค่าฮาร์โมนิกของระบบนั้นสูงขึ้นถึงแม้ค่าจะไม่มากก็ตาม

ค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสที่เกิดจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์โดยเฉลี่ยแล้วจะมีค่าสูงกว่าบัลลาสต์แบบขดลวด และจากรูปคลื่นในบทที่ 5 จะเห็นได้ว่ากระแสไฟฟ้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะเพี้ยนกว่าค่าที่เกิดจากบัลลาสต์แบบขดลวด ซึ่งค่าความเพี้ยนของรูปร่างกระแสนี้จะเกิดขึ้นจากฮาร์โมนิกที่ 3 และฮาร์โมนิกที่ 5 ซึ่งเกิดขึ้นในวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier) แต่ถ้าหากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีการป้องกันที่ดีเพียงพอ โดยการต่อ Low Pass Filter ที่มีคุณภาพดีพอ จะทำให้ค่าฮาร์โมนิกของกระแสต่ำลง จนบางครั้งอาจทำให้มีค่าต่ำกว่าบัลลาสต์แบบขดลวดทั่วไปอีกด้วย ซึ่งค่าฮาร์โมนิกนี้จะมีผลต่อระบบโดยรวมและมีผลกับอุปกรณ์อื่นที่ต่อใช้งานร่วมกันด้วย

5.พิจารณาผลของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของบัลลาสต์ จากกราฟการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของบัลลาสต์ จะเห็นว่าเมื่อเราเปลี่ยนหลอดจากหลอด 40 วัตต์ ไปใช้หลอด 36 วัตต์ ค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของบัลลาสต์จะสูงขึ้น เนื่องจากค่าความสูญเสียที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเราเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ค่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะต่ำกว่าบัลลาสต์แบบขดลวดอย่างเห็นได้ชัด ค่าแตกต่างกันเกือบ 20 องศา ค่าที่แตกต่างกันนี้จะมีผลกับระบบปรับอากาศภายในห้อง เพราะค่าอุณหภูมิที่สูงกว่ามากนี้ จะต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้อุณหภูมิภายในห้องที่ระดับเดียวกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องที่มีขนาดใหญ่

#### 6.เมื่อพิจารณาด้านความคุ้มค่าและการใช้งาน

จากตารางเปรียบเทียบ ที่ 6.2 จะเห็นว่าถ้ามองในแง่ของผู้ใช้ไฟฟ้าแล้ว การเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ยังไม่่าลงทุนเท่าใดนัก เพราะยังมีราคาแพงกว่าบัลลาสต์แบบขดลวดมาก แต่ถ้าหากมองในแง่ของส่วนรวมหรือการไฟฟ้าแล้ว การใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ถือว่ามีความคุ้มค่ามาก เพราะสามารถประหยัดได้มาก เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นจำนวนมากนั้น

ตาราง 6.2 แสดงการเปรียบเทียบการใช้บัลลาสต์ชนิดต่าง ๆ

หัวข้อที่พิจารณา	ชนิดของบัลลาสต์			
	บัลลาสต์แบบ ขดลวด 40 w	บัลลาสต์แบบ ขดลวด 36 w	บัลลาสต์ Low Loss 36 w	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 36w
1.ราคา	50	60	200	300
2.ค่าประสิทธิภาพของบัลลาสต์(%)	80.09	79.87	85.15	96
3.ค่าประสิทธิภาพของระบบ (lm/w)	57.4	57.2	63.4	72
4.พลังงานที่ใช้ที่แรงดันใช้งาน (วัตต์)	43.67	43.5	38.7	33.1
ถ้า 1 ปีใช้งาน	3000 ชั่วโมง			
5.ปีใช้พลังงาน (kw-h)	131.01	130.5	116.13	99.3
ถ้าค่าไฟหน่วยละ	2 บาท			
6.ค่าไฟฟ้า/ปี	262.1	261	232.26	198.6
ถ้าอายุการใช้งานขั้นต่ำ	5 ปี			
7.ราคาต้นทุน/ปี	10	12	40	60
8.ความแตกต่างของราคาต้นทุน		10	150	250
9.ความแตกต่างของค่าไฟ/ปี		2.1	29.84	63.5
10.ระยะเวลาคืนทุน (ปี)		4.76	5.02	3.94
ในแง่ของ การไฟฟ้า				
1.ค่าตัวประกอบกำลัง	0.5457	0.4818	0.4511	0.9899
2.ค่ากำลังปรากฏที่ใช้ (VA)	80.03	93.4	85.79	33.44
ถ้าหากทั่วประเทศใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์	30 ล้านหลอด			
4.กำลังปรากฏที่ใช้ใน 1 วัน(MVA)	2400.9	2802	2573.7	1003.2
5.ความแตกต่างของกำลังปรากฏ/วัน (MVA)		401.1	572.8	-1397.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุป

1. หลอดประหยัดพลังงาน หลอดประหยัดพลังงานขนาด 36 วัตต์ที่ถูกนำมาใช้แทนหลอด 40 วัตต์แบบเก่านั้น มีการเปลี่ยนสารที่บรรจุภายในหลอดจากอาร์กอน(argon) เป็นอาร์กอน-คริปทอน (argon-krypton) และใช้สารฟอสเฟอร์เคลือบหลอดที่ให้ค่าสเปกตรัมที่ตามนุษย์สามารถตอบสนองได้ดีกว่า หลอดที่ได้จะให้ค่าความสว่างใกล้เคียงกับหลอดเดิมในขณะที่ใช้พลังงานน้อยลง แต่หลอดประหยัดพลังงานนั้นต้องการแรงดันจุดหลอดสูงกว่าหลอดแบบเดิม ซึ่งจะมีผลทำให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลงด้วย

หลอดประหยัดพลังงานจะมีค่าตัวประกอบกำลังต่ำลง ซึ่งจะส่งผลให้ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรต่ำลงด้วย หลอดประหยัดพลังงานจะทำให้เกิดค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสมากขึ้น จะใช้กระแสมากขึ้นและแรงดันต่ำลง ซึ่งจะทำให้ค่าความสูญเสียภายในบัลลาสต์แบบขดลวดเพิ่มขึ้น และมีค่าตัวประกอบขดลวดคี่ของกระแสผ่านหลอดมากขึ้น

2. บัลลาสต์ บัลลาสต์แบบขดลวดเมื่อใช้กับหลอดประหยัดพลังงานแล้วจะทำให้เกิดค่าสูญเสียภายในบัลลาสต์สูงขึ้น ค่าประสิทธิภาพของบัลลาสต์ลดลง ในบัลลาสต์แบบ Low Loss จะมีการปรับปรุงเพื่อให้ความสูญเสียในบัลลาสต์ลดลง แต่ก็ทำให้ค่าตัวประกอบกำลังลดลงด้วยและราคายังสูงอยู่

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์อาศัยหลักการทำงานด้วยความถี่สูง ถูกผลิตขึ้นเพื่อใช้กับหลอดประหยัดพลังงาน เพื่อลดค่าแรงดันจุดหลอดให้ลดลงด้วยการใช้ความถี่สูงในการจุดหลอดทำให้อายุการใช้งานของหลอดยาวขึ้นด้วย บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้พลังงานต่ำ มีความสูญเสียภายในบัลลาสต์ต่ำ มีค่าประสิทธิภาพและค่าตัวประกอบกำลังของวงจรสูง แต่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ก็มีข้อด้อยที่มีตัวประกอบขดลวดคี่ของกระแสจ่ายหลอดสูงซึ่งค่านี้มีผลต่ออายุการใช้งานของหลอดและยังมีค่าฮาร์โมนิกรวมของกระแสในวงจรสูงกว่าบัลลาสต์แบบขดลวด แต่ถ้ามีการใช้ Low Pass Filter ที่มีคุณภาพสูงก็จะทำให้ข้อด้อยนี้กลายเป็นข้อเด่นแทน คือจะทำให้ค่าฮาร์โมนิกรวมนั้นต่ำกว่าบัลลาสต์แบบขดลวดนั่นเอง แต่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ยังมีข้อเสียเปรียบบัลลาสต์แบบขดลวดอีกข้อตรงที่ยังมีราคาสูงอยู่

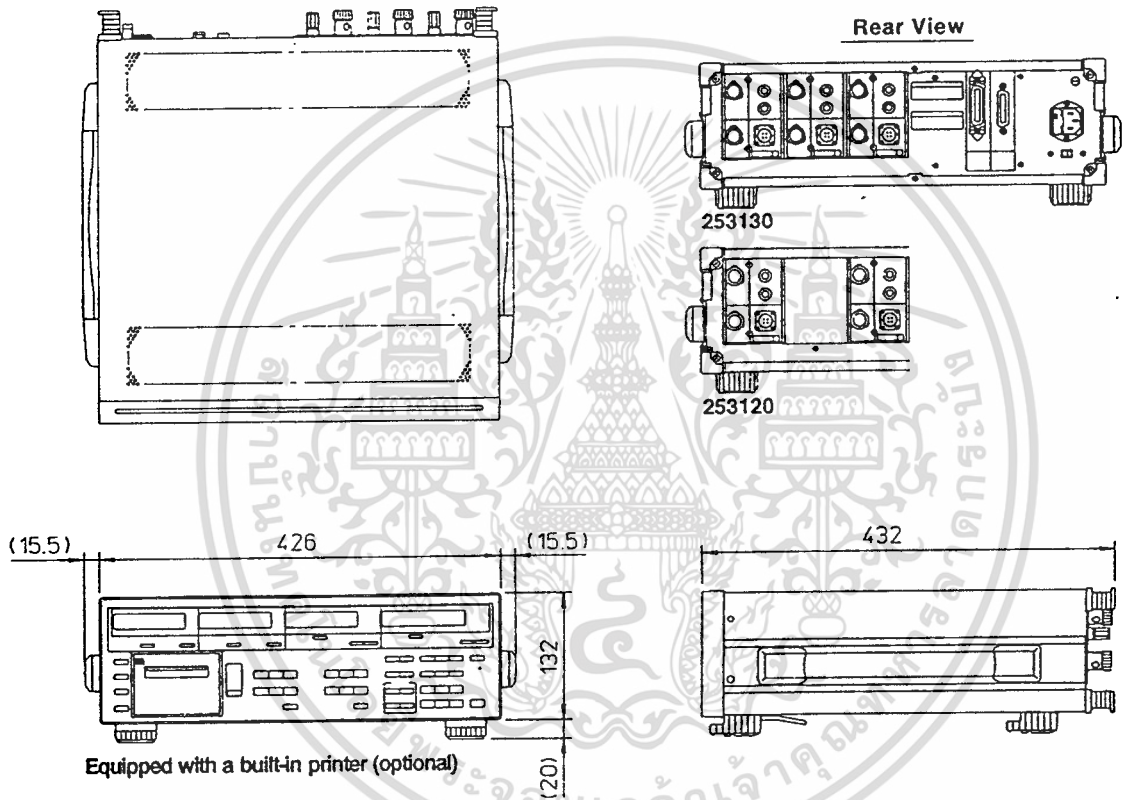
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

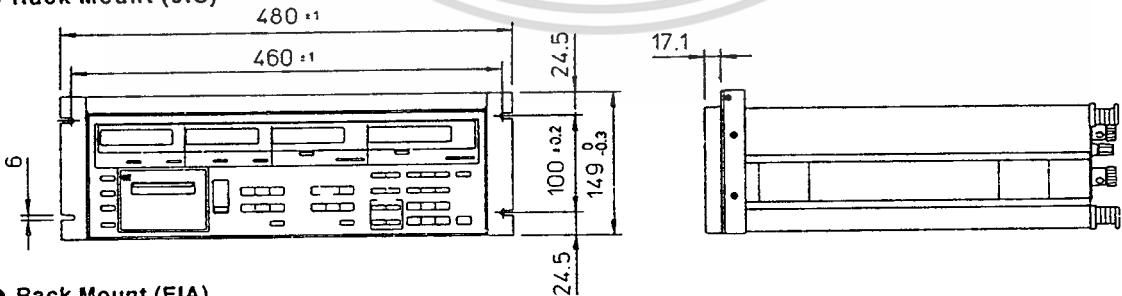
รายละเอียดของเครื่องมือวัด

Digital Power Meter ของ YOKOGAWA รุ่น 253130

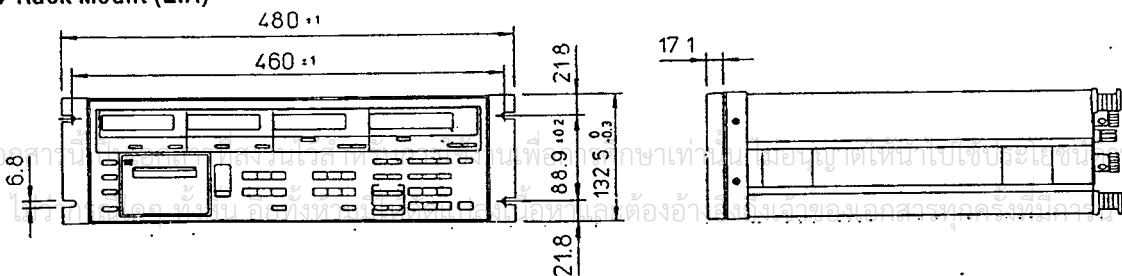
External Dimensions



● Rack Mount (JIS)



● Rack Mount (EIA)



Computing Functions

	Active Power (W)	Apparent Power (VA)	Reactive power (var)	Power Factor (PF)	Phase Angle (deg)
1-phase 2-wire	W	VA = V x A	$\sqrt{(VA)^2 - W^2}$	$\frac{W}{VA}$	$\cos^{-1}(\frac{W}{VA})$
1-phase 3-wire	$W_i$ i = 1, 3 $\Sigma W = W_1 + W_3$	$VA_i = V_i \times A_i$ i = 1, 3 $\Sigma VA = VA_1 + VA_3$	$var_i = \sqrt{(VA_i)^2 - W_i^2}$ i = 1, 3 $\Sigma var = var_1 + var_3$	$PF_i = \frac{W_i}{VA_i}$ i = 1, 3 $\Sigma PF = \frac{\Sigma W}{\Sigma VA}$	$\phi_i = \cos^{-1}(\frac{W_i}{VA_i})$ i = 1, 3 $\Sigma \phi = \cos^{-1}(\frac{\Sigma W}{\Sigma VA})$
3 phase 3-wire (two power meter method)	$W_i$ i = 1, 3 $\Sigma W = W_1 + W_3$	$VA_i = V_i \times A_i$ i = 1, 3 $\Sigma VA = \frac{\sqrt{3}}{3}(VA_1 + VA_3)$	$var_i = \sqrt{(VA_i)^2 - W_i^2}$ i = 1, 3 $\Sigma var = var_1 + var_3$	$PF_i = \frac{W_i}{VA_i}$ i = 1, 3 $\Sigma PF = \frac{\Sigma W}{\Sigma VA}$	$\phi_i = \cos^{-1}(\frac{W_i}{VA_i})$ i = 1, 3 $\Sigma \phi = \cos^{-1}(\frac{\Sigma W}{\Sigma VA})$
3 phase 3-wire (three power meter method)	$W_i$ i = 1, 2, 3 $\Sigma W = W_1 + W_2 + W_3$	$VA_i = V_i \times A_i$ i = 1, 2, 3 $\Sigma VA = \frac{\sqrt{3}}{3}(VA_1 + VA_2 + VA_3)$	$var_i = \sqrt{(VA_i)^2 - W_i^2}$ i = 1, 2, 3 $\Sigma var = var_1 + var_2 + var_3$	$PF_i = \frac{W_i}{VA_i}$ i = 1, 2, 3 $\Sigma PF = \frac{\Sigma W}{\Sigma VA}$	$\phi_i = \cos^{-1}(\frac{W_i}{VA_i})$ i = 1, 2, 3 $\Sigma \phi = \cos^{-1}(\frac{\Sigma W}{\Sigma VA})$
3 phase 4-wire	$W_i$ i = 1, 2, 3 $\Sigma W = W_1 + W_2 + W_3$	$VA_i = V_i \times A_i$ i = 1, 2, 3 $\Sigma VA = VA_1 + VA_2 + VA_3$	$var_i = \sqrt{(VA_i)^2 - W_i^2}$ i = 1, 2, 3 $\Sigma var = var_1 + var_2 + var_3$	$PF_i = \frac{W_i}{VA_i}$ i = 1, 2, 3 $\Sigma PF = \frac{\Sigma W}{\Sigma VA}$	$\phi_i = \cos^{-1}(\frac{W_i}{VA_i})$ i = 1, 2, 3 $\Sigma \phi = \cos^{-1}(\frac{\Sigma W}{\Sigma VA})$
Computing Range	Depends on selected V and A range	Depends on selected V and A range	Depends on selected V and A range (var $\geq 0$ )	-1-0-1	-180-0-180 or 0-360
Maximum Display or Display Resolution	30000	30000	30000	$\pm 1.0000$	0.01
Computing Accuracy	—	$\pm 0.001\%$ of VA range	$\pm 0.001\%$ of VA range	$\pm 0.0001$	Calculated from the Power Factor, with an additional error of $\pm 0.005^\circ$

- Note 1: The apparent power (VA), reactive power (var), power factor (PF), and phase angle (deg) measurement in this instrument are computed digitally from the voltage, current and active power. If the input is non-sinusoidal, the measured values may differ from those obtained with instruments employing different measurement principles.
- Note 2: When the Current or Voltage value is less than 0.3% of range, the VA and var will be displayed 0, and PF/deg will be displayed as Error.
- Note 3: Regarding the detected accuracy of the Lead and Lag, both voltage and current of the rated input are specified at 50% or more for sinusoidal waveforms set at crest factor 3. The detected Lead/Lag accuracy is  $\pm 5$  degree over the frequency range 20 Hz to 10 KHz.
- Note 4: When the phase angle display shows an angle smaller than 5 degree at 0° and 180°, the accuracy is not specified.
- Note 5: If the scaling values set for each element differ from each other in the case of  $\Sigma$  computation, the number of display digits will be limited so that  $\Sigma$  value does not exceed 30000 (crest factor: 3) or 10000 (crest factor: 6) when the rated value is input to each corresponding element. A voltage of 5 V (full scale) will be output from the D/A converter as the  $\Sigma$  value obtained when the rated value is input to each corresponding element.

Integrator Function (Wh, Ah)

- Maximum display : 300000
- Frequency range : According to the displayed value, the resolution will be changed. DC to 50 KHz
- Modes : Standard Integration Mode (timer mode)  
Continuous Integration Mode (repeat mode)  
Manual Integration Mode
- Timer : When the timer is set, Integration will be stopped automatically.  
Setting range : 000 h: 00min to 999 h: 59 min  
(060 h: 00min will be shown when manual integration mode is selected.)
- Display : Display A shows : Elapsed time  
Display B/C shows : Watt  
Display D shows : Watt, Wh, Ah, Hz
- Output : For the output of the printer, communication and D/A, fourteen free selectable items from the above can be set. However, only the measured data of the frequency which has been previously set will be output.
- Count Overflow : If integration count overflows the maximum displayable value, integration stops and the elapsed time is held on the display.
- Real Time Counting : The integration time can be controlled REAL TIME.
- Accuracy :  $\pm$ (display accuracy + 0.05% of rdg)
- Timer accuracy :  $\pm 0.005\%$
- Remote Control : Start, stop and reset can be remotely controlled by external contact signals.

Communication

- Communication Specifications (GP-IB & RS-232-C)
- GP-IB  
Electrical specifications : IEEE Std 488-1978  
Mechanical specifications : IEEE Std 488-1978  
Interface functions : SH1, AH1, T5, L4, SR1, RL1, PP0, DC1, DT1, C0  
RS-232-C  
Transmission mode : Start Stop Synchronization  
Baud Rate : 75, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 bps

Printer (Optional)

- Printed Parameters : Normal Mode: 14 free selectable numerical items from each channel, identical to the communication parameters.  
However, only the measured data of the frequency previously set will be output.  
THD Mode : Numerical print out of V, A, W, deg  
Bar Graph print out of V, A, W, deg
- Printing type : Thermal line dot printing

D/A Output (Optional)

- Number of output channels : Up to 14. However, only the measured data of the frequency previously set will be output
- Resolution : 12 bit
- Output Voltage :  $\pm 5V$  DC at rated value or range (maximum, approx. 7.5 V DC, maximum output current approx. 1 mA)
- Accuracy : Display accuracy  $\pm 0.2\%$  of range
- Temperature coefficient :  $\pm 0.05\%$  of F. S.  $^\circ C$
- Update rate : Identical to display update interval

General Specifications

- External Control and output signals
- Input/output signals : EXT-HOLD, EXT-TRIG, EXT-START, EXT-STOP, EXT-RESET, EXT-PRINT, INTEG-BUSY
- Input Level : TTL negative pulse
- D/A output (optional) : 14 items fixed as default value and 14 free selectable items at selectable mode.
- Printer output (optional) : 14 items fixed as default value and 14 free selectable items at selectable mode.  
However, common setting with items for communication output.
- Communication output : 14 items fixed as default value and 14 free selectable items at selectable mode  
However, common setting with items for printing.
- Warm up time : Approx. 30 min.
- Ambient temperature and humidity range : 5 to 40 $^\circ C$ , 20 to 80% R. H. (no condensation)
- Storage temperature : -25 to 60 $^\circ C$  (no condensation)
- Insulation resistance : between voltage input terminals and case  
between current input terminals and output terminals  
between voltage input terminals and current input terminals  
between voltage input terminals of each element  
between current input terminals of each element  
between voltage input terminals and power plug  
between current input terminals and power plug  
between case and power plug  
Above: 50 M $\Omega$  or more at DC 500 V

Withstand Voltage

- between voltage input terminals and case  
between current input terminals and output terminals  
between voltage input terminals and current input terminals  
between voltage input terminals of each element  
between current input terminals of each element  
between voltage input terminals and power plug  
between current input terminals and power plug  
Above: AC 2200 V for 1 minute at 50/60 Hz  
between case and power plug  
1500 V for 1 minute at 50/60 Hz

Power supply

- | Setting | Allowable Voltage range | Frequency   |
|---------|-------------------------|-------------|
| 100 V   | 90 to 110 V             | 48 to 63 Hz |
| 115 V   | 100 to 132 V            | 48 to 63 Hz |
| 200 V   | 180 to 220 V            | 48 to 63 Hz |
| 230 V   | 198 to 264 V            | 48 to 63 Hz |

Vibration test condition

- Sweep test-Frequency 8 to 150 Hz sweep, all 3 directions for 1 minute  
Endurance test-Frequency 16.7 Hz, all 3 directions amplitude 4 mm for 2 h

Impact condition

- Impact test: Acceleration 490 m/s $^2$ , all 3 directions  
Free fall test-Height 100 mm, 1 time for each 4 sides

Power supply

- Internal clock accuracy :  $\pm 30$  sec. in a month
- External dimensions : Approx. 132 (H) x 426 (W) x 429 (D) mm  
Approx. 5.2 (H) x 16.8 (W) x 16.9 (D) inches
- Weight : Model 253120 Approx. 13 kg (29 lbs)  
Model 253130 Approx. 14 kg (31 lbs)
- Accessories : Power code : UL/CSA, VDE, SAA or BS standard x 1 pcs.  
Fuse : 250 V/1.25 A (for 100/115 V) or 0.63 A (for 200/230 V) x 2 pcs.  
(1 pc. is attached to the instrument)
- Remote control : 1 pc.
- External shunt connector : 1 pc. for 1 element

**Input**

Item	Voltage V	Current A
Input circuit type	Floating input	
	Resistive voltage divider	Shunt input
Rated inputs (range rms)	10/15/30/60/100/150/300/600 V	1/2/5/10/20/30 A 50/100/200 mV (Ext. shunt input)
Input impedance	Input resistance approx. 2 MΩ (all ranges) Input Capacitance approximate 15 pF in parallel	Shunt: Input resistance approx. 6 mΩ + 0.07 μH (all ranges) External shunt input resistance: Approx. 100 kΩ
Frequency range	DC, 2 Hz-200 kHz	
Instantaneous maximum allowable input for 1s	The peak is 3.5 times the range or 1400 V, whichever is less.	The peak is 10 times the range or 60 A, whichever is less Ext. Shunt input: Peak value is 20 times the range or less
Continuous maximum allowable input	The peak is 1000 V or the RMS value is twice the range, whichever is less.	The peak is 5 times the range or the RMS value is twice the range, whichever is less with a maximum of 35 A rms. Ext. Shunt input: Peak value is 10 times the range or less
Maximum common mode voltage	600 Vrms	600 Vrms
Common mode rejection ratio at 600 Vrms between input terminals and case (at 50/60 Hz)	better than -80 dB (0.01% of range) (Input closed)	better than -80 dB (0.01% of range) (Input open)
Input terminals	Binding posts	Large binding posts Ext. shunt input: 4 pin round connector
Filter	Low pass filter fc fixed at 500 Hz can be switched ON/OFF	
A/D conversion	Simultaneous sampling of Voltage and Current inputs Resolution: 16 Bits Maximum conversion rate: approx. 104 kHz	
Peak Over range detection	Approximate at 3.5 times the input range the alarm LED will light. (At crest factor set to 6, approx. 700% of the range)	
Range switching	Manual, automatic and external via GP-IB/RS-232-C Range can be selected all elements simultaneous, or separate for each element	
Auto range switching	Range up: When the peak value exceeds 3.5 times of the rated range or the measured value exceeds 110% of the rated range (When crest factor is set to 3) Range down: When the measured value becomes less than 30% of the rated range	
Measurement mode	The mode can be set for each element separately RMS: RMS measurement MEAN: Rectified Mean Calibrated to a RMS sine wave measurement DC: Mean value measurement (DC component)	

**Display functions**

Display type: 7 segment LED  
Number of displays: 4

DISPLAY	Displayed Value	Maximum Reading
A	V, A, W (each element)	V, A, W: 30000
B	V, A, W (each element)	Wh, Ah: 300000 Hz: 199999
C	V, A, W, VA, var, PF, deg, Vpk (each element)	
D	V, A, W, Apk, THD*, VHz, AHz, Wh, Ah (each element), η (Efficiency)	

\*Total Harmonic Distortion Analysis (Optional Feature) added

Unit : m, k, M, V, A, W, VA, var, pk, Hz, h, deg, %  
Display Update Rate : 0.25 s (FAST), 0.5 s (MID), 2.0 s (SLOW) selectable  
Response Time : Within two update cycles  
(Time for displayed value to settle within accuracy specifications of final value after step change from 0% to 100% or 100% to 0% of range, FILTER OFF)

**Display Scaling Function**

Significant digits : Selected automatically according to significant digits in the Voltage and Current Ranges  
Reassign Ratio : 0.0001 - 10000  
Settable parameters : Display A : Not Used  
Display B : PT ratio  
Display C : CT ratio  
Display D : Power Scaling Factor

**Display Averaging Function**

Algorithm : Two algorithms can be selected  
• Exponential averaging  
• Moving averaging  
For Exponential averaging the Attenuation constant can be selected and for the Moving averaging the number of averages can be set to 8, 16, 32, 64, 128, 256.

**MATH Function**

Algorithm : Display D, when selecting the efficiency function h, will show the efficiency. In addition it is possible to show the result of Display A, +, -, / or x Display B on Display D.

**Frequency Measurement**

Input : V1, V2, V3, A1, A2, A3  
Operating principle : Reciprocal counting method  
Frequency ranges : The range depends on the selected Display Update Interval (Auto Range)  
FAST : 2k/20k/200k/1000 kHz  
MID : 200/2k/20k/200k/500 kHz  
SLOW : 20/200/2k/20k/100 kHz  
Maximum reading : 199999  
Minimum reading : FAST : 18.00 Hz  
MID : 9.000 Hz  
SLOW : 1.8000 Hz  
Accuracy : ±0.05% of rdg  
• Minimum input is ±30% of range  
• Minimum input frequency is 20% of frequency range when Crest Factor is set to 3  
• When FILTER is switched ON, the input frequency must be less than 200 Hz to obtain the specification accuracy.

**Measurement Functions Accuracy**

Item	Voltage/Current	Power
Method	Digital Multiplication System	
Crest Factor	Selectable to 3 or 6	
Display Accuracy	DC ±(0.05% of rdg + 0.1% of mg) 30 Hz ≤ f ≤ 1 kHz ±(0.03% of rdg + 0.05% of mg) 10 Hz ≤ f < 30 Hz, 1 kHz < f ≤ 10 kHz ±(0.1% of rdg + 0.2% of mg) 2 Hz ≤ f < 10 Hz, 10 kHz < f ≤ 50 kHz ±(0.5% of rdg + 0.5% of mg) 50 kHz < f ≤ 100 kHz ±(1% of rdg + 1.5% of mg) 100 kHz < f ≤ 200 kHz ±(3% of rdg + 3% of mg) Update interval condition f ≥ 10 Hz, MID f ≥ 2 Hz, SLOW	DC ±(0.1% of rdg + 0.15% of mg) 30 Hz ≤ f ≤ 1 kHz ±(0.05% of rdg + 0.05% of mg) 10 Hz ≤ f < 30 Hz, 1 kHz < f ≤ 10 kHz ±(0.2% of rdg + 0.5% of mg) 2 Hz ≤ f < 10 Hz, 10 kHz < f ≤ 50 kHz ±(1.0% of rdg + 1.5% of mg) 50 kHz < f ≤ 100 kHz ±(2.5% of rdg + 2.5% of mg) 100 kHz < f ≤ 200 kHz ±(10% of rdg + 6% of mg) Update interval condition f ≥ 10 Hz, MID f ≥ 2 Hz, SLOW
Within 1 year after calibration	Compared with the 6 months Accuracy and (range error) × 0.5	Compared with the 6 months Accuracy and (range error) × 0.5
Effect of Power Factor		COSφ = 0 45 Hz to 440 Hz: ±0.15% of mg
Effective Input range	With input range at 10% to 110% the above specified accuracy is valid. With input at 110% to 130% the above specified reading accuracy times 1.5. The display reading operates until 140% of the input range.	
Accuracy at Crest Factor set to 6	The specified accuracy at Crest Factor set to 3 times 1.5.	
Temperature coefficient 5 to 18°C, 28 to 40°C	±0.02% of range/°C	
Display update rate	0.25 s (FAST), 0.5 s (MID), 2.0 s (SLOW) และต้องอ้างอิงองศาของเขาสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้	
Influence of Filter	50/60 Hz, Displayed accuracy ±1% of mg	50/60 Hz, COSφ = 1 Displayed accuracy ±2% of mg

## ภาคผนวก ข.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ  
สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

## 1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดประเภท คุณลักษณะที่ต้องการเครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่าง และเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบบัลลาสต์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับ หลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์”
- 1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งใช้กับไฟฟ้า กระแสที่มีความถี่ 50 หรือ 60 เฮิร์ตซ์ แรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 1000 โวลต์ และใช้ร่วมกับหลอดฟลู ออเรสเซนต์ที่มีลักษณะตามที่กำหนดใน มอก. 236
- 1.3 ข้อกำหนดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้มีจุด ประสงค์เพื่อแสดงสมรรถนะที่ต้องการ โดยไม่รวมถึงการติดตั้งใช้งานซึ่งต้องเป็นไปตามความ ต้องการทางเทคนิคของงานแต่ละประเภท
- 1.4 การทดสอบตามมาตรฐานนี้คือการทดสอบเฉพาะแบบ ตามข้อกำหนดและคำพิพลาในมาตร ฐานนี้

## 2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ( Electronic ballast ) หมายถึง อุปกรณ์ที่ประกอบด้วยตัวแปลงผัน อิเล็กทรอนิกส์กับอุปกรณ์ทำให้เสถียร เพื่อจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดเดี่ยวหรือหลายหลอด ซึ่งปกติทำงานที่ความถี่สูง
- 2.2 อุปกรณ์ช่วยจุดหลอด ( Starting aid ) หมายถึง เส้นตัวนำติดที่ด้านนอกของหลอดหรือแผ่นตัว นำที่วางอยู่ข้าง ๆ หลอดในระยะเวลาที่เหมาะสมค่าหนึ่ง
- 2.3 ตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์ ( Ballast lumen factor ) หมายถึง อัตราส่วนของแสง สว่างจากหลอดเมื่อให้บัลลาสต์ที่ทดสอบทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด กับแสงสว่างที่ได้จาก หลอดเดียวกัน เมื่อต่อกับบัลลาสต์อ้างอิงที่เหมาะสมซึ่ง ได้รับการป้อนพลังงานที่แรงดัน ไฟฟ้า และความถี่ที่กำหนด
- 2.4 บัลลาสต์อ้างอิง ( Reference ballast ) หมายถึง บัลลาสต์พิเศษที่ออกแบบมาเพื่อจุดประสงค์ให้มี มาตรฐานเปรียบเทียบสำหรับการทดสอบบัลลาสต์และเพื่อเลือกหลอดอ้างอิง บัลลาสต์อ้างอิงจะ

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ต้องมีลักษณะสมบัติจนเป็นที่ประจักษ์ว่า ที่ความถี่ที่กำหนดบัลลาสต์มีอัตราส่วนแรงดันต่อกระแสคงที่โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อถูกรบกวนโดยการเปลี่ยนแปลงของกระแส อุณหภูมิ และสนามแม่เหล็กโดยรอบ ตามที่ให้รายละเอียดไว้ในมาตรฐานนี้

- 2.5 หลอดอ้างอิง ( Reference lamp ) หมายถึง หลอดซึ่งเลือกมาเพื่อการทดสอบบัลลาสต์ โดยเมื่อเทียบกับบัลลาสต์อ้างอิงตามภาวะที่กำหนด จะมีลักษณะทาง ไฟฟ้าใกล้เคียงกับค่าที่ระบุในมาตรฐานของหลอดแต่ละชนิด
- 2.6 กระแสเทียบของบัลลาสต์อ้างอิง ( Calibration current of a reference ballast ) หมายถึง ค่าของกระแสซึ่งเป็นพื้นฐานของการสอบเทียบและการควบคุมของบัลลาสต์
- 2.7 กำลังวงจรทั้งหมด ( Total circuit power ) หมายถึง ค่ากำลังทั้งหมดที่ถูกใช้งานโดยบัลลาสต์และหลอดรวมกันที่แรงดัน ไฟฟ้าและความถี่ที่กำหนดของบัลลาสต์
- 2.8 ตัวประกอบกำลังของวงจร ( Circuit power factor :  $\lambda$  ) หมายถึง ตัวประกอบกำลังของการต่อรวมระหว่างบัลลาสต์และหลอด
- 2.9 บัลลาสต์ตัวประกอบกำลังสูง ( High power factor ballast ) หมายถึง บัลลาสต์ที่มีตัวประกอบกำลังของวงจรอย่างน้อย 0.85  
หมายเหตุ ค่าตัวประกอบกำลัง คิดรวมผลของความเพี้ยนของรูปคลื่น
- 2.10 บัลลาสต์อิมพีแดนซ์ความถี่เสียงสูง ( High audio-frequency impedance ballast ) หมายถึง บัลลาสต์ที่มีค่าอิมพีแดนซ์ในพิสัยความถี่ 250 เฮิรตซ์ ถึง 2000 เฮิรตซ์ มากกว่าที่กำหนดไว้ในข้อ 4.9
- 2.11 บัลลาสต์ความเพี้ยนต่ำ ( Low – distortion type ballast ) หมายถึง บัลลาสต์ที่มีส่วนประกอบฮาร์โมนิกน้อยกว่าที่กำหนดในข้อ 4.7.1
- 2.12 การจุดแบบเผาไส้หลอดก่อน ( Preheat starting ) หมายถึง ชนิดของวงจรซึ่งไส้หลอดจะถูกทำให้ร้อนจนถึงอุณหภูมิปล่อยอิเล็กตรอนก่อนที่หลอดจะติดสว่าง
- 2.13 การจุดแบบไม่เผาไส้ก่อน ( Non – preheat starting ) หมายถึง ชนิดของวงจรซึ่งใช้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดสูงเพื่อสร้างสนามการปล่อยอิเล็กตรอนจากไส้หลอด
- 2.14 เวลาก่อนจุด ( Pre – star time ) หมายถึง คาบหลังจากเปิดสวิตช์ป้อนแรงดัน ไฟฟ้าแหล่งจ่ายซึ่งกระแสหลอดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 มิลลิแอมแปร์

### 3. ประเภท

3.1 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

3.1.1 ประเภทธรรมดา ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ประเภทตัวประกอบกำลังของวงจรน้อยกว่า 0.95 กระแสนำหน้า ( Leading ) ( มีสัญลักษณ์ C

ตามหลังคำตัวประกอบกำลัง )

### 3.1.3 ประเภทผ่านเกณฑ์อิมพีแดนซ์ความถี่เสียง ( สัญลักษณ์ Z )

## 4. คุณลักษณะที่ต้องการ

### 4.1 ข้อกำหนดทั่วไป

บัลลาสต์ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานนี้ เมื่อใช้กับหลอดตาม มอก. 236 และ มอก. 956 หรือหลอดอื่น ๆ ที่ใช้งานในพิสัยความถี่สูงต้องสามารถจุดหลอดได้ผลที่น่าพอใจที่อุณหภูมิโดยรอบตั้งแต่ 10 ถึง 35 องศาเซลเซียสและใช้งานได้ผลเป็นที่น่าพอใจที่อุณหภูมิ 10 ถึง 50 องศาเซลเซียสเมื่อแรงดันไฟฟ้าอยู่ในระหว่างร้อยละ 92 ถึง 106 ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด  
หมายเหตุ ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าที่แสดงไว้ในตารางข้อมูลของหลอดใน มอก. 236 และ IEC 901 ซึ่งให้ทำงานกับบัลลาสต์อ้างอิงที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดที่ความถี่ 50 หรือ 60 เฮิร์ตซ์อาจเบี่ยงเบนไปเมื่อให้ทำงานกับบัลลาสต์ความถี่สูงและภาวะตามข้อ 5.3 ( 2 )

### 4.2 ภาวะการจุดหลอด

บัลลาสต์ต้องจุดหลอด ได้โดยไม่มีส่งผลกระทบในทางเสียหายต่อสมรรถนะของหลอดเมื่อใช้งานตรงตามวัตถุประสงค์

คำอธิบายเรื่องภาวะการจุดหลอด ให้ไว้ในภาคผนวก ค.

การทดสอบให้เป็นไปตามข้อ 7.3.1 ถึงข้อ 7.3.4 ตามความเหมาะสมโดยให้กับบัลลาสต์ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าอยู่ในระหว่างร้อยละ 92 ถึง 106 ของแรงดันที่กำหนด

หมายเหตุ ข้อกำหนดเกี่ยวกับกระแสหรือแรงดันเผาไส้ก่อน ใช้กับบัลลาสต์ที่รีเสกได้ในตำแหน่งใด ๆ ได้ด้วย

### 4.3 ภาวะการใช้งาน ( Operating condition )

4.3.1 ที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด ตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์ต้อง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าที่ผู้ทำแจ้งไว้ ถ้าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์ที่แจ้งไว้มีค่าต่ำกว่า 0.9 จะต้องให้หลักฐานที่แสดงว่าสมรรถนะของหลอดที่ใช้กับบัลลาสต์ดังกล่าว ไม่ได้เสื่อมถอยลง

4.3.2 ที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด ค่ากำลังวงจรทั้งหมดจะต้องไม่เกินร้อยละ 110 ของค่าที่ผู้ทำแจ้งไว้ เมื่อให้บัลลาสต์ทำงานร่วมกับหลอดอ้างอิง

### 4.3.3 กรณีที่มีการรีเสก

#### 4.3.3.1 การเผาไส้หลอด

เมื่อให้หลอดทำงานที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่าจุดที่เหมาะสมซึ่งออกแบบไว้ บัลลาสต์

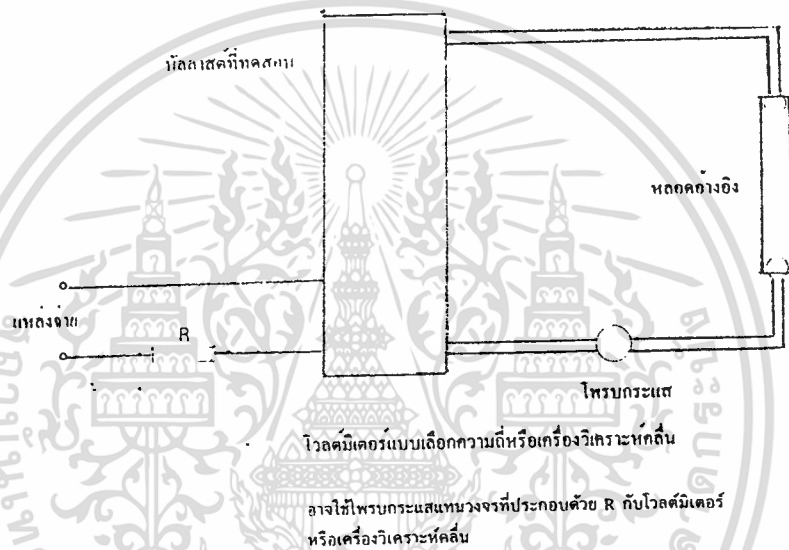
อิเล็กทรอนิกส์จะต้องให้กระแสเผาไส้หลอดอย่างต่อเนื่องเพื่อไม่ให้อายุหลอดสั้นลง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารฉบับนี้ที่อนุญาตให้ใช้

4.3.3.2 การควบคุมกำลังไฟฟ้าของหลอด ให้เป็นไปตามภาคผนวก ง. ปัจจุบันมีตัวเชื่อมต่อที่ไม่ได้

มาตรฐานอื่น ๆ ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาการสลับเปลี่ยนทดแทนกันไม่ได้ สิ่งเหล่านี้ต้องมีการทดสอบตามข้อกำหนดคุณลักษณะของผู้ทำ แบบของตัวเชื่อมต่อดังกล่าวต้องได้รับการทำเครื่องหมายไว้บนบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

4.3.4 ถ้าไม่ระบุไว้เป็นอย่างอื่นในตารางข้อมูลของหลอด บัลลาสต์ต้องจำกัดกระแสที่ส่งให้หลอดอ้างอิงไว้ที่ค่าซึ่งไม่เกินร้อยละ 115 ของกระแสที่ส่งให้หลอดเดียวกันเมื่อใช้กับบัลลาสต์อ้างอิง การวัดให้ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 1



อุปกรณ์วัดต่อกับด้านออกที่มีศักย์ใกล้เคียงกับศักย์ของดินมากที่สุด ไม่จำเป็นต้องต่อวงจรด้านออกใด ๆ ลงดิน

รูปที่ 1 การวัดรูปคลื่นกระแส

4.4 ตัวประกอบกำลังของวงจร ตัวประกอบกำลังของวงจรที่วัดได้ต้องไม่ต่างเกิน + 0.5 จากค่าที่แสดงไว้บนตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์กำลังทำงานร่วมกับหลอดอ้างอิงตั้งแต่ 1 หลอดขึ้นไป ที่แรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่กำหนดสำหรับบัลลาสต์ที่รับแสงได้ ให้วัดตัวประกอบกำลังที่ค่ากำลังไฟฟ้าเต็มที่ การทดสอบให้ปฏิบัติโดยการวัดด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม

4.5 กระแสแหล่งจ่าย (Supply current) ที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด กระแสจากแหล่งจ่ายจะต้องไม่แตกต่างกัน  $\pm$  ร้อยละ 10 จากค่าที่แสดงไว้ที่ตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ หรือที่ระบุในเอกสารของผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เฉพาะเรื่องเท่านั้น ไม่สามารถนำลิขสิทธิ์นี้ไปใช้อื่นๆ ได้  
 4.5.1 เมื่อบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นี้ต่ออยู่กับหลอดอ้างอิงสำหรับบัลลาสต์ที่รับแสงได้ กระแสไฟฟ้าป้อนต้องไม่เกินค่าที่ทำเครื่องหมายไว้บนบัลลาสต์ไปมากกว่าร้อยละ 10 ในตำแหน่งหรือใด ๆ การทดสอบให้ปฏิบัติโดยการวัดด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม

4.6 กระแสไฟฟ้าสูงสุดในสายตัวนำที่ต่อกับไส้หลอด ในการใช้งานตามปกติในฟิลิปส์แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายระหว่างร้อยละ 92 กับ 106 ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแต่ละขั้วของไส้หลอดจะต้องไม่เกินค่าที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้อง การทดสอบให้ปฏิบัติโดยวัดด้วยออสซิลโลสโคปหรือเครื่องมืออื่นที่เหมาะสม โดยบัลลาสต์จะถูกต่อไว้กับหลอดอ้างอิง และให้วัดที่สายทุกเส้นที่ต่อไปยังขั้วหลอด

#### 4.7 รูปคลื่นกระแสไฟฟ้า ( Current waveform )

4.7.1 รูปคลื่นกระแสไฟฟ้าแหล่งจ่าย ฮาร์มอนิกของกระแสไฟฟ้าด้านเข้าสำหรับดวงโคมต้องไม่เกินค่าสูงสุดตามตารางที่ 1 การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 7.5 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดโดยต่อกับหลอดอ้างอิง หลังจากหลอดเข้าสู่ภาวะเสถียรแล้ว ฮาร์มอนิกในรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้าแหล่งจ่ายจะต้องไม่เกินค่าสูงสุดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ฮาร์มอนิกของกระแสไฟฟ้าด้านเข้า

ฮาร์มอนิก อันดับที่ n	ค่าสูงสุด (แสดงเป็นร้อยละของกระแสหลักของดวงโคม)
2	2
3	30 $\lambda$
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$	3

4.7.2 รูปคลื่นกระแสไฟฟ้าทำงานของหลอด ( Lamp operating current waveform ) การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 7.5 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดโดยต่อกับหลอดอ้างอิง หลังจากหลอด เข้าสู่ภาวะเสถียรแล้ว รูปคลื่นของกระแสไฟฟ้าของหลอดจะต้องเป็นไปตามภาวะต่อไปนี้

1) ในทุก ๆ ครั้งรอบคลื่นของแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย คลื่นขอบ ( Enveioping wave ) ของกระแสไฟฟ้านหลอดจะต้องไม่ต่างจากเดิมเกินร้อยละ 4 ที่เวลาเดียวกัน หลังจากที่แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายประธานผ่านเฟสศูนย์

หมายเหตุ จุดประสงค์ของข้อกำหนดนี้ก็เพื่อหลีกเลี่ยงความไม่แน่นอนของสัมฐานคลื่นของ

เอกสารนี้ให้คลื่นขอบที่เปลี่ยนจากครึ่งรอบคลื่นหนึ่ง ไปยังอีกครึ่งรอบคลื่นหนึ่งให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่า 2) ค่าอัตราส่วนสูงสุดของค่ายอดต่อค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยจะต้องไม่เกิน 1.7 เท่าของค่าตัวประกอบยอดคลื่น ( Crest factor ) ของความถี่สูงแต่ละความถี่ ในกรณีที่คลื่นความถี่สูงถูกมอง

คุณลักษณะของความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธาน ค่าตัวประกอบขดคลื่นของคลื่นขอบของกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดจะต้องไม่เกิน 1.7

หมายเหตุ ค่าตัวประกอบขดคลื่นของกระแสไฟฟ้าความถี่สูงจะเท่ากับค่าของขดคลื่นขอบของกระแสไฟฟ้าที่ถูกมอดูเลตหรือไม่ถูกมอดูเลต หากด้วยกระแสไฟฟ้าค่าราคาของกำลังสองเฉลี่ยประสิทธิผล

4.8 การกันแม่เหล็ก (Magnetic screening) บัลลาสต์ต้องได้รับการกันให้พ้นจากอิทธิพลของสนามแม่เหล็กของวัสดุเฟอร์โรแมกเนติก (Ferrimagnetic) ที่อยู่ใกล้กันอย่างมีประสิทธิภาพ การทดสอบให้ปฏิบัติดังต่อไปนี้ ให้บัลลาสต์ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดโดยมีหลอดที่เหมาะสมต่ออยู่ หลังจากเข้าสู่ภาวะเสถียรแล้วให้วางบัลลาสต์บนแผ่นเหล็กหนา 1 มิลลิเมตร แผ่นเหล็กต้องมีขนาดพื้นที่ใหญ่พอที่จะรองรับบัลลาสต์ได้ทั้งตัว จากนั้นให้วางแผ่นเหล็กห่างจากด้านที่เหลื่อของตัวบัลลาสต์แต่ละด้าน 1 มิลลิเมตรสลับกันไป ในระหว่างที่ทำการทดสอบกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงโดยอิทธิพลของแผ่นเหล็กเกินร้อยละ 2

4.9 อิมพีแดนซ์ที่ความถี่เสียง บัลลาสต์ที่มีสัญลักษณ์ Z จะถูกทดสอบตามข้อ 7.6 สำหรับความถี่ของสัญญาณทุก ๆ ค่าระหว่าง 400 ถึง 2000 เฮิรตซ์ อิมพีแดนซ์ของบัลลาสต์เมื่อทำงานร่วมกับหลอดอ้างอิงและป้อนด้วยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดและความถี่ที่กำหนดต้องมีลักษณะสมบัติเชิงเหนี่ยวนำอิมพีแดนซ์ในหน่วยโอห์มอย่างน้อยที่สุดต้องเท่ากับค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่จะใช้กำลังไฟฟ้า เท่ากับหลอดกับบัลลาสต์รวมกันที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดและความถี่ที่กำหนด อิมพีแดนซ์ของบัลลาสต์จะถูกวัดด้วยแรงดันของสัญญาณเท่ากับร้อยละ 3.5 ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของแหล่งจ่ายสำหรับบัลลาสต์ ที่ความถี่ระหว่าง 250 ถึง 400 เฮิรตซ์ อิมพีแดนซ์ของบัลลาสต์จะต้องมีค่าอย่างน้อยที่สุดเท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าต่ำสุดที่ต้องการระหว่างความถี่ 400 ถึง 2000 เฮิรตซ์

หมายเหตุ สำหรับการทดสอบนี้วงจรระบบการแทรกสอดของคลื่นวิทยุที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุขนาดต่ำกว่า 0.2 ไมโครฟารัด (ค่าทั้งหมด) ซึ่งอาจถูกต่อรวมกันไว้ในบัลลาสต์ อาจจะถูกปลดออกก็ได้

4.10 แรงดันไฟฟ้าเกินชั่วคราวของแหล่งจ่ายประธาน แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวของแหล่งประธานซึ่งไม่ว่าจะมีสภาพชั่วคราวใด มีเฟสแบบดุ่มและถูกช้อนทับอยู่บนแรงดันไฟฟ้าประธานตามที่ระบุไว้ในข้อ 7.7 จะต้องไม่รบกวนการทำงานที่มุ่งหมายของบริภัณฑ์หรือสร้างความเสียหายใด ๆ ทั้งสิ้น อิทธิพลโดยตรงของฟ้าผ่าที่มีต่อแหล่งจ่ายประธานไม่รวมอยู่ในข้อกำหนดนี้

4.11 การทำงานในภาวะผิดปกติ

4.11.1 การถอดหลอดออก เมื่อทดสอบตามข้อ 7.10.1 หลอดจะต้องจุดติดและทำงานได้เป็นปกติอย่างน้อยที่สุดหลังจากจ่ายไฟฟ้าให้อีกครั้ง

4.11.2 หลอดจุดไม่ติด เมื่อทดสอบตามข้อ 7.10.2 หลอดจะต้องจุดติดและทำงานได้เป็นปกติ อย่างน้อยที่สุดหลังจากจ่ายไฟให้อีกครั้ง

4.12 ความทนทาน (Endurance) เมื่อทดสอบตามข้อ 7.11 บัลลาสต์ต้องสามารถจุดหลอดที่เหมาะสมและทำให้หลอดติดสว่างได้อย่างถูกต้องเป็นเวลา 15 นาที

4.13 สัญญาณรบกวนความถี่วิทยุ

4.13.1 สัญญาณรบกวนที่นำมาตามสาย

4.13.1.1 สัญญาณรบกวนที่ขั้วต่อสายประธาน ชีตแรงดันรบกวนที่ขั้วต่อสายประธานในช่วงความถี่ 9 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 30 เมกะเฮิร์ตซ์ให้เป็นไปตามตารางที่ 2 การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 7.9.1

ตารางที่ 2 ชีตจำกัดแรงดันรบกวนที่ขั้วต่อสายประธาน

พิสัยความถี่	ชีตจำกัด dB ( $\mu$ V) <sup>1)</sup>	
	ค่ายกเสมือน	ค่าเฉลี่ย
9 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 50 กิโลเฮิร์ตซ์ <sup>2)</sup>	110	-
50 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 150 กิโลเฮิร์ตซ์ <sup>2)</sup>	90 ถึง 80 <sup>3)</sup>	-
150 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 0.5 เมกะเฮิร์ตซ์	66 ถึง 56 <sup>3)</sup>	56 ถึง 46 <sup>3)</sup>
0.5 เมกะเฮิร์ตซ์ ถึง 5 เมกะเฮิร์ตซ์	56	46
5 เมกะเฮิร์ตซ์ ถึง 30 เมกะเฮิร์ตซ์	60	50

หมายเหตุ 1) ที่ความถี่ตรงรอยต่อพิสัย ให้ใช้ค่าที่ชีตจำกัดล่าง  
 2) ชีตจำกัดในพิสัยความถี่ 9 ถึง 150 กิโลเฮิร์ตซ์ ถือว่าเป็น "ชีตจำกัดขอมให้ใช้ไปก่อน" ซึ่งอาจปรับปรุงแก้ไขหลังจากได้ทดลองใช้ค่าเหล่านี้หลายปีแล้ว  
 3) ชีตจำกัดลดลงเป็นเชิงเส้นตามลอการิทึมของความถี่ในพิสัย 50 ถึง 150 กิโลเฮิร์ตซ์ และ 150 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 0.5 เมกะเฮิร์ตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4.13.1.2 สัญญาณรบกวนที่ขั้วต่อด้านออกและขั้วต่อควบคุม ชีตจำกัดแรงดันรบกวนที่ขั้วต่อด้านออกและขั้วต่อควบคุมในช่วงความถี่ 0.15 ถึง 30 เมกะเฮิร์ตซ์ให้เป็นไปตามตารางที่ 3 การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 7.9.1 ตารางที่ 3 ชีตจำกัดแรงดันรบกวนที่ขั้วต่อด้าน ออกและขั้วต่อควบคุม

พิสัยความถี่	ชีตจำกัด	
	dB ( $\mu$ V)	
เมกะเฮิร์ตซ์	ค่ายอดเสมียน	ค่าเฉลี่ย
0.15 ถึง 0.50	80	70
0.50 ถึง 30	74	64

หมายเหตุ \* ที่ความถี่ตรงรอยต่อพิสัย ให้ใช้ค่าที่ชีตจำกัดล่าง

- 4.13.2 สัญญาณรบกวนที่แผ่กระจายเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ชีตจำกัดค่ายอดเสมียนของสัญญาณรบกวนที่แผ่กระจายเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ 9 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 30 เมกะเฮิร์ตซ์ ให้เป็นไปตามตารางที่ 4 การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 7.9.2 ตารางที่ 4 ชีตจำกัดสัญญาณรบกวนที่แผ่กระจายเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

พิสัยความถี่	ชีตจำกัด		
	dB (A) <sup>1)</sup>		
	เส้นผ่านศูนย์กลางของสายอากาศกว้าง <sup>2)</sup>		
	2 เมตร	3 เมตร	4 เมตร
9 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 70 กิโลเฮิร์ตซ์	88	81	75
70 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 150 กิโลเฮิร์ตซ์	88 ถึง 58 <sup>3)</sup>	81 ถึง 51 <sup>3)</sup>	75 ถึง 45 <sup>3)</sup>
150 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 2.2 เมกะเฮิร์ตซ์	58 ถึง 26 <sup>3)</sup>	51 ถึง 22 <sup>3)</sup>	45 ถึง 16 <sup>3)</sup>
2.2 เมกะเฮิร์ตซ์ ถึง 3.0 เมกะเฮิร์ตซ์	58	51	45
3.0 เมกะเฮิร์ตซ์ ถึง 30 เมกะเฮิร์ตซ์	22	15 ถึง 16 <sup>4)</sup>	9 ถึง 12 <sup>4)</sup>

หมายเหตุ 1) ที่ความถี่ตรงรอยต่อพิสัย ให้ใช้ค่าที่ชีตจำกัดล่าง  
 2) ชีตจำกัดสำหรับสายอากาศกว้างเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร ใช้กับตัวอย่างที่มีความหนาไม่เกิน 1.6 เมตร  
 ชีตจำกัดสำหรับสายอากาศกว้างเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร ใช้กับตัวอย่างที่มีความหนาระหว่าง 1.6 เมตร ถึง 2.6 เมตร  
 ชีตจำกัดสำหรับสายอากาศกว้างเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เมตร ใช้กับตัวอย่างที่มีความหนาระหว่าง 2.6 เมตร ถึง 3.6 เมตร  
 3) ลดลงเป็นเชิงเส้นตามลอการิทึมของความถี่  
 4) เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตามลอการิทึมของความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของหน่วยงานนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.14 คุณลักษณะที่ต้องการด้านความปลอดภัย ให้เป็นไปตาม มอก. 885 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก. 885

### 5. เครื่องหมายและฉลาก

5.1 ที่ปลั๊กสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ทุกตัว อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมาย แจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และถาวร

- 1) ตัวประกอบกำลังของวงจร เช่น 0.85 ถ้าตัวประกอบกำลังน้อยกว่า 0.95 กระแสแนะนำ ให้เติมตัวอักษร C ต่อท้ายตัวเลข เช่น 0.85 C
- 2) สัญลักษณ์ Z (เฉพาะประเภทผ่านเกณฑ์อิมพีแดนซ์ความถี่เสียง)
- 3) เครื่องหมายและฉลากตามข้อ 5.1 ของ มอก. 885

5.2 ที่ปลั๊กสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ทุกตัว หรือที่แคดล็อกทุกชุด อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายและชัดเจน

- 1) แบบของการจุดหลอด (เผาไส้ก่อน หรือไม่เผาไส้ก่อน)
- 2) สิ่งที่แสดงว่าปลั๊กสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ต้องการอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดหรือไม่

5.3 ผู้ทำอาจจะแสดงข้อมูลต่อไปนี้เพิ่มเติม

- 1) ความถี่ด้านออกที่กำหนด ที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด เมื่อมีหลอดและไม่มีหลอดทำงานร่วมอยู่ด้วย
- 2) ชีตจำกัดของพิสัยอุณหภูมิโดยรอบซึ่งปลั๊กสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์สามารถทำงานได้ในพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่แจ้งไว้

เอกสาร 3) ตัวประกอบกำลังของปลั๊กสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ และกำลังทั้งหมดของวงจร

5.4 ในกรณีที่ใช้ภาษาคำต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

## 6. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

6.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทเดียวกัน ที่ทำขึ้นในภาวะเดียวกัน ช่วงเวลาเดียวกัน และจากโรงงานเดียวกัน

6.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างต่อไปนี้หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

6.2.1 การชักตัวอย่าง ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวนตามที่กำหนดในตารางที่ 6

6.2.2 เกณฑ์ตัดสิน จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นตามข้อ 4 ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ 6 จึงถือว่าบัลลาสต์รุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ตารางที่ 6 แผนการชักตัวอย่าง

ขนาดรุ่น ตัว	ขนาดตัวอย่าง ตัว	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 25	2	0
26 ถึง 150	3	0
151 ถึง 1 200	5	0
1 201 ถึง 35 000	8	0

7.1 ข้อสังเกตทั่วไปในการทดสอบ

7.1.1 การทดสอบตามมาตรฐานนี้เป็นการทดสอบเฉพาะแบบ

7.1.2 การทดสอบจะดำเนินการเรียงตามลำดับข้อที่กำหนดในมาตรฐานนี้ นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น

7.1.3 ตัวอย่างจะถูกทดสอบทุกรายการทดสอบ

7.1.4 โดยทั่วไปการทดสอบทั้งหมดจะทำกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละแบบ หรือในกรณีที่เกี่ยวข้องกับพิสัยของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่คล้ายกันก็จะทำที่กำลังไฟฟ้าแต่ละค่าที่กำหนดในพิสัยหรือทำกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัวที่เลือกจากพิสัยตามที่ตกลงกับผู้ผลิต

7.1.5 การทดสอบจะทำในภาวะที่ระบุในข้อ 7.2 ส่วนหลอดซึ่งไม่อยู่ในรายการมาตรฐานของ

มอก.

หรือ IEC ผู้ทำจะต้องจัดเตรียมข้อมูลไว้ให้

7.2 ข้อกำหนดทั่วไป จำนวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

7.2.1 อุณหภูมิโดยรอบ การทดสอบจะทำในห้องที่ปราศจากกระแสลม และมีอุณหภูมิโดยรอบอยู่ในพิสัย 20 ถึง 40 องศาเซลเซียส สำหรับการทดสอบที่ต้องการสมรรถนะของหลอดที่ถึงที่

อุณหภูมิโดยรอบของหลอดจะต้องอยู่ในพิสัย 23 ถึง 27 องศาเซลเซียส และต้อง ไม่เปลี่ยนแปลงเกิน 1 องศาเซลเซียสในระหว่างการทดสอบ

#### 7.2.2 แรงดันไฟฟ้าและความถี่แหล่งจ่าย

- 1) แรงดันไฟฟ้าและความถี่ทดสอบ ถ้าไม่ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ต้องให้บัลลาสต์ที่จะทดสอบทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด และให้บัลลาสต์อ้างอิงทำงานที่แรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่กำหนด สำหรับบัลลาสต์ที่แสดงเครื่องหมายให้ใช้ในพิสัยแรงดันไฟฟ้าหรือมีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด แตกต่างจากแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดทั่วไป ให้เลือกแรงดันไฟฟ้าใด ๆ ในช่วงนั้นค่าหนึ่งขึ้นมาเป็นแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด
- 2) เสถียรภาพของแหล่งจ่ายและความถี่ ในส่วนการทดสอบส่วนใหญ่ แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย (และความถี่ด้วย สำหรับบัลลาสต์อ้างอิง) จะต้องอยู่ในพิสัย + ร้อยละ 0.5 อย่างไรก็ตามระหว่างการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจะถูกปรับได้ไม่เกิน + ร้อยละ 0.2 ของค่าทดสอบที่ระบุไว้
- 3) รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย ส่วนฮาร์โมนิกทั้งหมด ( Total harmonics content ) ของแหล่งจ่ายต้องน้อยกว่าร้อยละ 3 ส่วนฮาร์โมนิกทั้งหมด หมายถึง ผลรวมของค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยของส่วนประกอบแต่ละส่วนโดยใช้ส่วนประกอบหลักมูลเป็นร้อยละ 100

#### 7.2.3 ผลทางแม่เหล็ก ถ้าไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ไม่อนุญาตให้วัตถุแม่เหล็กเข้าใกล้บัลลาสต์อ้างอิงหรือบัลลาสต์ที่จะทดสอบภายในระยะ 25 มิลลิเมตร

7.2.4 การติดตั้งและการต่อหลอดอ้างอิง เพื่อจะทำให้มั่นใจถึงความสม่ำเสมอของลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของหลอดอ้างอิง หลอดจะถูกติดตั้งตามที่ตารางข้อมูลของหลอดกำหนดไว้ ในกรณีที่ไม่มีการกำหนดวิธีการติดตั้งหลอดไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้อง หลอดจะถูกติดตั้งในแนวระดับ

#### 7.2.5 เสถียรภาพของหลอดอ้างอิง

- 1) หลอดจะต้องทำงานอยู่ในภาวะเสถียรภาพก่อนการวัด โดยไม่มีการควงของลำแสง ( Swirling ) เกิดขึ้น
- 2) ต้องตรวจสอบลักษณะสมบัติของหลอดทันทีทั้งก่อนและหลังชุดรายการทดสอบแต่ละชุด

7.2.6 บัลลาสต์อ้างอิง บัลลาสต์อ้างอิงที่ใช้จะต้องเป็นไปตามที่แสดงไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้อง

#### 7.2.7 ลักษณะสมบัติของเครื่องมือ

- 1) วงจรแรงดัน วงจรแรงดันของเครื่องมือที่ต่อพร้อมหลอดจะต้องไม่ทำให้กระแสไหลผ่านเกินร้อยละ 3 ของกระแสไฟฟ้าทำงานที่ระบุการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
- 2) วงจรกระแส เครื่องมือที่ต่ออนุกรมอยู่กับหลอดจะต้องมีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำเพียงพอที่จะไม่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเกินร้อยละ 2 ของแรงดันไฟฟ้าที่ประสงค์ของหลอด เมื่อเครื่องมือวัด

ถูกต้องแทรกเข้ากับวงจรเผาไส้แบบขนาน ค่าอิมพีแดนซ์ทั้งหมดของเครื่องมือจะต้องไม่เกิน 0.5 โอห์ม

- 3) การวัดค่ารากของกำลังสองเฉลี่ย เครื่องมือวัดจำเป็นต้องไม่เกิดค่าผิดพลาด ( Errors ) เนื่องจากความเพี้ยนของรูปคลื่น และจะต้องเหมาะสมกับความถี่ใช้งาน ในการใช้เครื่องมือวัด ต้องใช้ความระมัดระวังเพื่อให้เป็นที่แน่ใจว่าความจุไฟฟ้าต่อลงดิน ( Earth capacitance ) ของเครื่องมือจะไม่รบกวนการทำงานของบัลลาสต์ในขณะที่ทดสอบ และอาจจำเป็นต้องทำให้แน่ใจว่าจุดวัดของวงจรทดสอบมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากับดิน

### 7.3 ภาวะการจุดหลอด

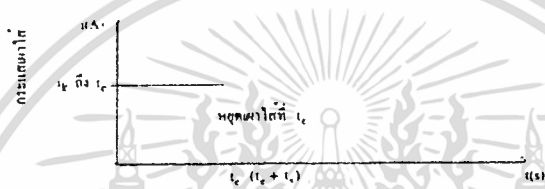
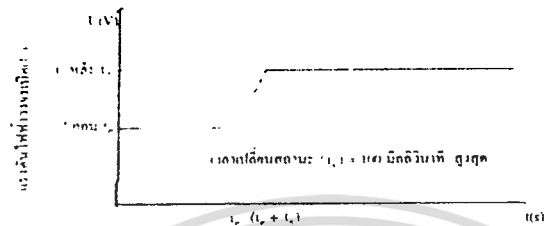
7.3.1 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการจุดหลอดโดยการเผาไส้ก่อนควบคุมด้วยกระแส สำหรับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทนี้ให้ทดสอบตามข้อ 7.7

7.3.1.1 ให้ต่อตัวต้านทานที่ปราศจากการเหนี่ยวนำ ตามค่าที่ระบุในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้อง ขั้วแทนไส้หลอด บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องสามารถจ่ายกระแสเผาไส้หลอดได้อย่างน้อยตามเวลาและกระแสตามที่ระบุในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้อง เวลาเผาไส้หลอดต่ำสุดสัมบูรณ์ต้องเป็น 0.4 วินาทีเป็นอย่างน้อย นอกจากนี้จะระบุไว้เป็นค่าอื่นในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้อง กระแสเผาไส้หลอดประสิทธิภาพสูงสุดจะต้องไม่เกินขีดจำกัดที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องที่เวลา  $t$  ใด ๆ

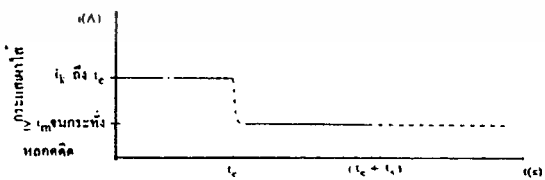
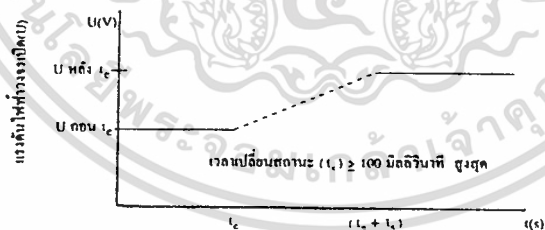
7.3.1.2 แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด ( Open – circuit voltage ) ระหว่างขั้วของตัวต้านทานใด ๆ ที่ใช้แทนหลอดจะต้องไม่เกินค่าสูงสุดที่ระบุในตารางข้อมูลของหลอดระหว่างที่ทำการเผาไส้หลอด หลังจากระยะเวลาเผาไส้หลอดผ่านไป แล้วค่าแรงดันนี้จะมีค่าไม่น้อยกว่าค่าต่ำสุดของแรงดันจุดหลอด

( Starting voltage ) ตามที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอด ถ้ากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานสมมูลในข้อ 7.3.1.1 ถูกตัดไปก่อนที่แรงดันจุดหลอดถึงค่าต่ำสุดตามที่ระบุไว้เวลาที่ใช้ในการเพิ่มขึ้นของแรงดันจุดหลอดถึงค่าต่ำสุดต้องไม่เกิน 0.1 วินาที ( ดูรูปที่ 2.1 ) ถ้าการเพิ่มขึ้นของแรงดันไฟฟ้าในเวลาเกิน 0.1 วินาที กระแสไหลผ่านตัวต้านทานสมมูลจะต้องไม่ตกลงต่ำกว่าค่าต่ำสุดสัมบูรณ์ ( ดูรูปที่ 2.2 ) ค่าตัวประกอบยอดคลื่นไฟฟ้าของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดต้องไม่เกิน 1.8 แม้แต่ค่าแรงดันยอดแคบมาก ๆ ซึ่งไม่กระทบต่อค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยก็จะต้องไม่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลาเผาไส้ก่อนเล็กน้อยที่สุด ( Minimum preheat period )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 บัลลาสต์ที่หยุดป้อนกระแสไฟฟ้าไว้ก่อน เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดเพิ่มขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**รูปที่ 2.2 บัลลาสต์ที่มีเวลาเปลี่ยนสถานะของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดมากกว่า 100 มิลลิวินาที**  
 ไม่ว่าจะเรตเตอร์ที่ส่ง ออกทั้งที่มีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3.2 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการจุดหลอดโดยการเผาไส้ก่อนควบคุมด้วยแรงดัน บัลลาสต์ชนิดนี้จะต้องจ่ายแรงดันเผาไส้หลอด แรงดันไฟฟ้าจุดหลอดและแรงดันไฟฟ้าใช้งานของไส้หลอดที่เหมาะสมให้แก่หลอด ค่าขีดจำกัดต่าง ๆ และค่าความต้านทานที่ใช้แทนหลอดได้ระบุอยู่ในตารางข้อมูลของหลอดตาม มอก. 236 มอก. 956 IEC 81 และ IEC 901 หลอดไม่ว่าจะมีค่าความต้านทานไส้หลอดสูงหรือต่ำก็สามารถจะทำงานได้ด้วยวิธีนี้

7.3.2.1 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้าเผาไส้หลอดที่มีค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยภายในขีดจำกัดที่ระบุในตารางข้อมูลของหลอดให้แก่ตัวต้านทานที่นำมาแทนหลอดเมื่ออับลาสต์ได้รับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด แรงดันไฟฟ้าสูงสุดของไส้หลอด ( Maximum cathode voltage ) อาจจะเป็นค่าที่กำหนดได้หากกระแสผ่านไส้หลอดสูงสุดเป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับการเผาไส้ก่อนควบคุมด้วยกระแสช่วงเวลาที่จะให้แรงดันเผาไส้หลอดจะต้องไม่น้อยกว่า 0.4 วินาที

- 1.) ป้อนตลอดเวลาในระหว่างการทำงาน
- 2.) ลดลงสู่ระดับที่ต่ำกว่า
- 3.) ลดลงเป็นศูนย์

7.3.2.2 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องให้แรงดันไฟฟ้าจุดหลอดตามที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลหลอดดังนี้

- 1.) ค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยของแรงดันคร่อมหลอด
- 2.) ค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าที่ให้แก่อุปกรณ์ช่วยจุดหลอด (ถ้าต้องมี)

คุณลักษณะที่ต้องการด้านการจุดหลอดสำหรับวงจรอนุกรมแบบต่าง ๆ อาจได้รับการระบุไว้สำหรับการทำงานของหลอดในวงจรขนาน บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องทำให้เกิดเงื่อนไขการจุดหลอดแต่ละหลอดตรงตามลักษณะของหลอดที่เกี่ยวข้องของแรงดันไฟฟ้าจุดหลอดอาจถูกป้อนให้แก่หลอดพร้อม ๆ กับแรงดันไฟฟ้าเผาไส้หรืออาจจะถูกเพิ่มค่าให้สูงขึ้นจนถึงระดับที่ทำให้เกิดการจุดหลอดหลังจากเวลาผ่านไป 0.4 วินาทีแล้วแรงดันไฟฟ้าใด ๆ ที่ป้อนก่อน 0.4 วินาที ต้องต่ำกว่าระดับที่จะทำให้เกิดการจุดหลอด หรือต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้สำหรับการเผาไส้ก่อนควบคุมด้วยกระแส

7.3.3 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการจุดแบบไม่เผาไส้ก่อน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่าการบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการจุดแบบนี้จะต้องออกแบบให้มีช่วงการปล่อยประจุร่งนำไปใช้แสงสะสม(cumulative glow discharge period) ระหว่างการจุดไม่เกิน 100 มิลลิวินาที เมื่อ

วัดด้วยหลอดอ้างอิงโดยไม่มีส่วนที่เป็นโลหะต่อลงดินอยู่ใกล้กับหลอดเพื่อช่วยการจุด ช่วงเวลาการปล่อยประจุรังแสงจะถือได้ว่าจบลงเมื่อกระแสผ่านหลอดมีค่าน้อย ร้อยละ 80 ของกระแสที่ระบุของหลอดการทดสอบให้เป็นตามข้อ 7.4

#### 7.3.4 อุปกรณ์ช่วยจุดหลอดและระยะห่าง

หลอดที่ถูกจุดด้วยบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ตามมาตรฐานนี้อาจต้องการอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดตามที่ระบุไว้ใน มอก.236 หรือ IEC81 แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดและแรงดันไฟฟ้าที่ให้แก่อุปกรณ์ช่วยจุดหลอด(ถ้าต้องมี) ระหว่างการเผาไส้และการเริ่มจุดหลอด จะต้องอยู่ภายในขีดจำกัดที่ระบุในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องที่ใช้สำหรับการออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

#### 7.4 การจุดแบบไม่เผาไส้ก่อน

จะถือว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีคุณสมบัติตรงตามข้อ 7.3.3 เมื่อเป็นไปตามภาวะต่อไปนี้

##### 7.4.1 แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด

การวัดสามารถทำได้ด้วยออสซิลโลสโคปโดยการแทนที่ไส้หลอดด้วยตัวต้านทานปราศจากความเหนี่ยวนำ  $R_c$  ซึ่งมีค่าตามที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอด (ดูรูปที่ 3ก) แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องเมื่อใช้หลอด 2 หลอด ต่ออนุกรมกัน ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่ป้อนให้แก่หลอดแต่ละหลอดจะถูกวัดทีละครั้งโดยการใส่หลอดอ้างอิงในตำแหน่งของหลอดใดหลอดหนึ่ง และใส่ตัวต้านทานสมมูล ซึ่งมีค่าตามที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องแทนไส้หลอดของอีกหลอดหนึ่ง แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดจะต้องวัดระหว่างตัวต้านทานที่ใส่แทนไส้หลอด และจะต้องเป็นไปตามค่าที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องสำหรับหลอดเดี่ยวหมายเหตุ กรณีที่มีการเผาไส้หลอดระหว่างที่ทำการจุดหลอด แรงดันไฟฟ้าคร่อมหลอดอาจจะมีค่าต่ำกว่าที่ระบุไว้ได้ แต่ทั้งนี้ช่วงเวลาการปล่อยประจุรังแสงจะต้องไม่เกิน 100 มิลลิวินาที

##### 7.4.2 การทดสอบอิมพีแดนซ์ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

โดยการแทนหลอดด้วยตัวต้านทานที่ปราศจากความเหนี่ยวนำ  $R_I$  และแทนไส้หลอดด้วยตัวต้านทานที่ปราศจากความเหนี่ยวนำ  $R_c$  ตามค่าที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอด (ดูรูปที่ 3 ข) และใช้แรงดันร้อยละ 92 ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จะต้องจ่ายกระแสไม่น้อยกว่าค่าต่ำสุดที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลหลอด

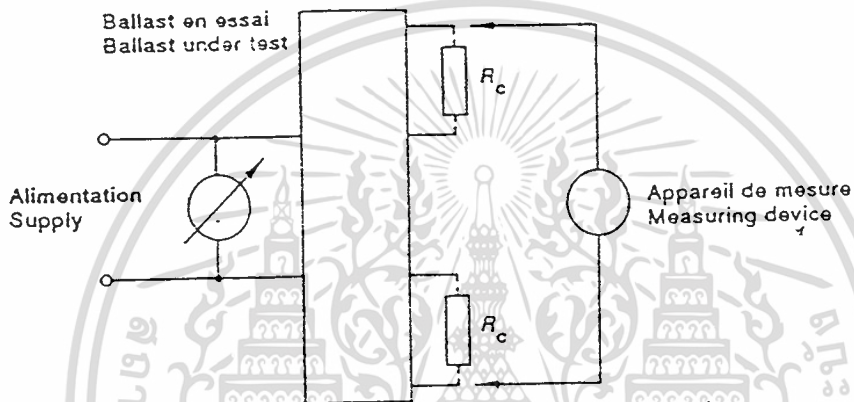
##### 7.4.3 กระแสไส้หลอด

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการจุดแบบไม่เผาไส้ อาจให้ความร้อนแก่ไส้หลอดระหว่างกระบวนการจุดหลอด กระแสไส้หลอด (ถ้ามี) ต้องไม่เกินค่าสูงสุดที่ระบุไว้ในตารางข้อมูล

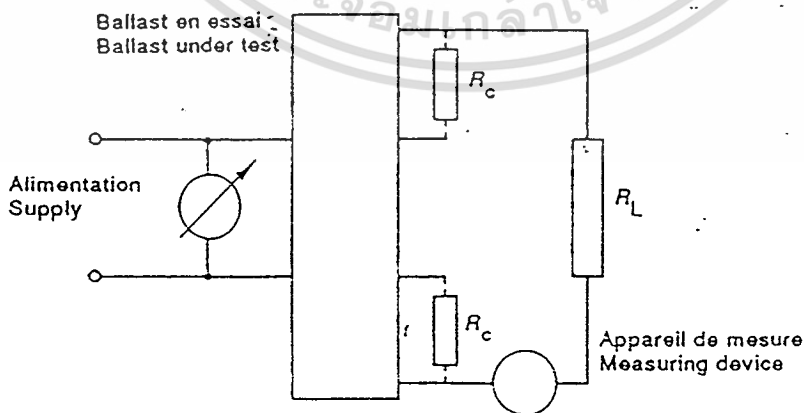
หลอดที่เกี่ยวข้องกับการวัดจะทำโดยใช้ตัวต้านทานแทนไส้หลอด  $R_i$  (ดูรูปที่ 3 ค) ซึ่งคำนวณค่าจากสูตรต่อไปนี้

$$R_i = 11 / (2.1 I_n)$$

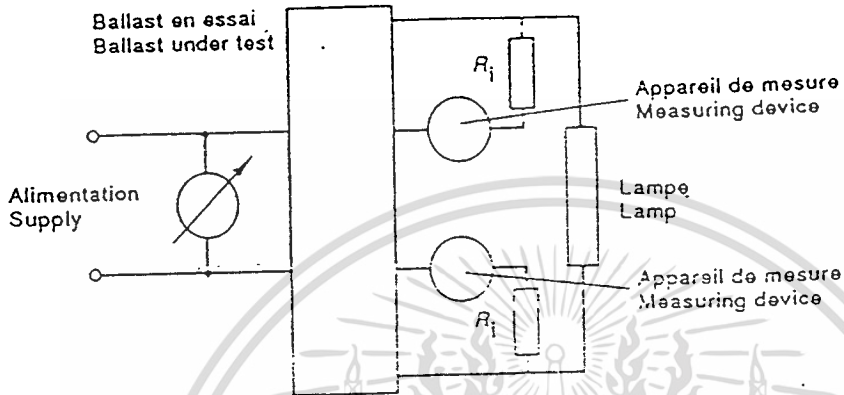
เมื่อ  $I_n$  คือ ค่าที่ระบุของกระแสทำงานของหลอด



รูปที่ 3ก วงจรทดสอบแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด  
(ข้อ 7.4.1)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้รูปที่ 3ข วงจรทดสอบอิมพีแดนซ์ของบัลลาสต์ ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
(ข้อ 7.4.2)



รูปที่ 3ค วงจรทดสอบกระแสไหลตลอด  
(ข้อ 7.3.4)

รูปที่ 3 วงจรทดสอบบัลลาสต์ชนิดจุดหลอดโดยไม่มีการเผาไส้ก่อน  
(ข้อ 7.4)

### 7.5 การวัดรูปคลื่นกระแส

ส่วนประกอบฮาร์โมนิกในกระแสของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานจะต้องวัด โดยใช้โวลท์มิเตอร์แบบเลือกความถี่ (selective voltmeter) หรือเครื่องวิเคราะห์คลื่น (wave analyzer) และตัวต้านทาน  $R$  ที่นำไปต่อในวงจรจะต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.2 (ดูรูปที่ 1) หรือโดยใช้เครื่องมือที่ให้ผลเท่าเทียมกัน โวลท์มิเตอร์แบบเลือกความถี่หรือเครื่องวิเคราะห์คลื่นควรรับประกันว่าการวัดที่กระทำกับฮาร์โมนิกใด ๆ จะต้องไม่ได้รับผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญจากฮาร์โมนิกอื่น ๆ

ความเพี้ยนของแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายซึ่งกำหนดไว้สูงสุดร้อยละ 3 (ดูข้อ 7.2.2(3)) จะต้องนำมาพิจารณาในการประเมินผลการทดสอบ ในกรณีที่เกิดข้อสงสัยจะต้องใช้แหล่งจ่ายที่ปราศจากความเพี้ยน

#### 7.6 การวัดอิมพีแดนซ์ ที่ความถี่เสียง

วงจรตามรูปที่ 4 แสดงถึงบริดจ์ที่ใช้ในการหาค่าอิมพีแดนซ์  $Z$  ที่ความถี่เสียงของชุดประกอบของหลอดกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ให้  $R'$  และ  $R''$  แทนค่าความต้านทานของ ตัวต้านทาน  $R_1$  และ  $R_2$  ในแผนภาพวงจรซึ่งมีค่า 5 โอห์ม และ 200,000 โอห์ม ตามลำดับ (ค่าหลังไม่ใช่ค่าที่มีความสำคัญมากนัก) เมื่อปรับค่า  $R$  และ  $C$  จนกระทั่งได้คู่ค่าสำหรับค่าความถี่เสียงที่เลือกใช้กับเครื่องวิเคราะห์คลื่น (หรือเครื่องมือแบบเลือกความถี่ที่เหมาะสมอื่นใด) โดยทั่วไปจะได้ว่า

$$Z = R'R''(1/R + j\omega C)$$

ถ้าตัวต้านทาน  $R_1$  และ  $R_2$  มีค่าตรงตามที่ระบุมาพอดี สมการข้างต้นจะกลายเป็น

$$Z = 1,000,000(1/R + j\omega C)$$

เมื่อ  $A$  คือหม้อแปลงแหล่งจ่ายความถี่ 50 หรือ 60 เฮิร์ตซ์

$B$  คือ ชุดประกอบของหลอดกับบัลลาสต์ อิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกทดสอบ

$Z_1$  อิมพีแดนซ์ที่มีค่าสูงพอที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ หรือ 60 เฮิร์ตซ์ และมีค่าต่ำพอที่ความถี่ 250 ถึง 2000 เฮิร์ตซ์ (เช่น ค่าความต้านทาน 15 โอห์ม + ค่าความจุไฟฟ้า 16 ไมโครฟารัด)

$Z_2$  คือ อิมพีแดนซ์ ที่มีค่าต่ำพอที่ความถี่ 50 หรือ 60 เฮิร์ตซ์ และมีค่าสูงพอที่ความถี่ 250 ถึง 2000 เฮิร์ตซ์ (เช่น ค่าความเหนี่ยวนำ 20 มิลลิเฮนรี)

หมายเหตุ ไม่จำเป็นต้องต่อ  $Z_1$  และ  $Z_2$  ถ้าแหล่งจ่ายที่  $Z_1$  และ  $Z_2$  ต่อคร่อมอยู่มีอิมพีแดนซ์ภายในต่ำสำหรับกระแสจากแหล่งจ่ายอีกแหล่งหนึ่ง

#### 7.7 การวัดค่าต่าง ๆ ในกรณีที่จุดหลอดโดยการเผาไส้ก่อนควบคุมด้วยกระแส

##### 7.7.1 บริภัณฑ์ทดสอบ

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต่อถูกดังรูปที่ 5 ค่า  $R_c$  ซึ่งใช้แทนไส้หลอดจะถูกอยู่ในตารางข้อมูลของหลอดเครื่องมือวัดอาจจะเป็นออกซิดโลสโคป ซึ่งมีโพรบแรงดันไฟฟ้าและ/หรือ โพรบกระแสไฟฟ้า ถ้าเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับหลอดมากกว่า 1 หลอดต่อขนานกัน ตัวต้านทานสมมูลของไส้หลอดจะต้องถูกต่อเข้ากับจุดต่อที่เกี่ยวข้องทุกจุด และการวัดจะต้องทำกับตัวต้านทานทุกตัวตามลำดับที่ละคู่ของตัวต้านทานที่แทนตำแหน่งของหลอดแต่ละหลอดถ้าเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับหลอด 2 หลอดต่ออนุกรมกัน ให้วัดโดยใช้ตัวต้านทานสมมูลของตัว

ต้านทานที่แทนตำแหน่งของหลอดแต่ละหลอดถ้าเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับหลอด 2 หลอดต่ออนุกรมกัน ให้วัดโดยใช้ตัวต้านทานสมมูลแทนไส้หลอดทั้งสองหลอดถ้าบัลลาสต์

อิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยหม้อแปลงขดลวดแยก ให้ต่อปลายด้านหนึ่งของขดลวด ทฤษฎีมิลลิงคิน ถ้าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ไม่มีหม้อแปลงขดลวดแยก ให้ใส่หม้อแปลงขดลวดแยกที่ด้านเข้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

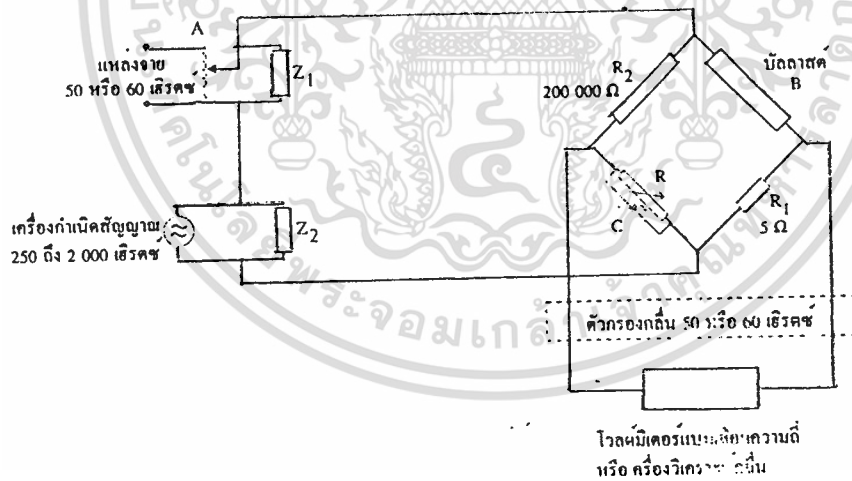
แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดรวมจะถูกวัดคร่อมหลอดทั้งสอง

ระหว่างการเผาไส้หลอด แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดจะต้องมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าค่าที่ระบุไว้สำหรับหลอดเดียว

ระหว่างการจุด (ignition) แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดจะต้องมากกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าค่าสุดที่ระบุไว้ใน

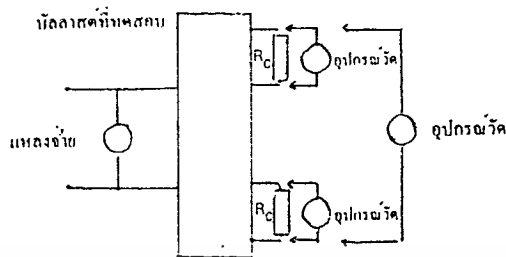
ตารางข้อมูลของหลอดสำหรับหลอด 2 หลอดที่ต่ออนุกรมกัน

แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่อุปกรณ์ช่วยจุดหลอด(ถ้ามี) จุดต้องมีค่าตามที่ระบุไว้



หมายเหตุ ค่าความต้านทาน 200 000 โอห์ม สำหรับแขนงหนึ่งของบริดจ์เป็นค่าที่อาจคลาดเคลื่อนได้บ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 4 การวัดอิมพีแดนซ์ที่ความถี่เดียว ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ (ข้อ 7.6) มีอาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 วงจรทดสอบหลอดสุญญากาศอิเล็กทรอนิกส์ชนิดจุดหลอดโดยมีการ  
เผาไส้ก่อนควบคุมด้วยกระแส  
(ข้อ 7.7.1)

## 7.7.2 การวัด

กระแสเผาไส้และแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดจะวัดเทียบกับเวลา

สำหรับกระแสไฟฟ้าค่าราคของกำลังสองเฉลี่ยสถานะอยู่ตัว ค่าประสิทธิผลของกระแสเผาไส้จะวัดโดยการสังเกตในช่วงหนึ่งคาบของคลื่นความถี่สูงที่วัดประสิทธิผลและตัวประกอบยอดคลื่นการวัดค่าประสิทธิผลโดยตรงอาจจะสามารถกระทำ ได้โดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับกระแสที่เปลี่ยนแปลง ค่าประสิทธิผลของกระแสเผาไส้จะถูกนิยามให้เป็นค่าที่สมมูลกับกระแสไฟฟ้า ค่าราคของกำลังสองเฉลี่ยสถานะอยู่ตัวที่ให้ความร้อนได้เท่ากัน (ดูรูปที่ 6) ให้คำนวณเวลาเผาไส้ก่อนปล่อยอิเล็กทรอนิกส์ (time to emission) จากสูตรที่มีอยู่ในตารางข้อมูลของหลอด (ดูข้อ ค.5.1.1(1))

การหาค่าประสิทธิผลของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดจะทำในทำนองเดียวกันกับการหาค่าประสิทธิผลของกระแส

## 7.8 การทดสอบแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วคราว

7.8.1 ตัวอย่างของบริษัทที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบนี้คือ Schaffner NSG 233 สำหรับพัลส์พลังงานสูงแบบช้า (slow high energy pulse) ,NSG 200D สำหรับแรงดันไฟฟ้า 110 ถึง 120 โวลต์ และความถี่ 60 เฮิร์ต (ปีที่ระบุ 1983) หรือบริษัทอื่นที่ทดสอบพัลส์จะถูกป้อนในโมดคิฟเฟอเรนเชียล (หรือที่เรียกอีก 2 ชื่อว่า โมดสมมาตร และ โมดอนุกรม ซึ่งเป็นการป้อนระหว่างเฟสกับสายกลางหรือระหว่างเฟสกับเฟส) และใน โมดคอมมอน (หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โมดอสมมาตร ซึ่งเป็นการป้อนระหว่างเฟสกับกราวด์ของระบบหรือสายดินป้องกัน หรือระหว่างสายกลางกับกราวด์ของระบบหรือสายดินป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเชิงพาณิชย์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้เครื่องกำเนิดพัลส์ที่ไม่มีโหลด  
(ข้อ 7.8.1)

แอมป์พัลส์ โวลต์	เวลา ms	ความกว้างพัลส์ μs	อิมพีแดนซ์แหล่งจ่าย โอห์ม	การซ้ำพัลส์ (สูงสุด)	พลังงานพัลส์(สูงสุด) จูล์
พลังงานสูงแบบช้า					
คอมมอล 2 500	300	50	45	1/8 ของความถี่ แหล่งจ่ายประธาน*	1
ดิฟเฟอเรนเชียล 1 000	300	50	5	1/8 ของความถี่ แหล่งจ่ายประธาน*	1
*อัตราการทำพัลส์ต่ำสุด 1/10 เฮิร์ตซ์					
พลังงานต่ำแบบเร็ว					
คอมมอน 2 500	5	0.10	50	1/5 ของความถี่ แหล่งจ่ายประธาน	0.002

### 7.8.2 การทดสอบพัลส์พลังงานสูงแบบช้า

ทดสอบพัลส์ตามลักษณะสมบัติที่เกี่ยวข้องที่ระบุไว้ในข้อ 7.8.1 ดังนี้

- ตำแหน่งเฟสพัลส์ : เฟสของพัลส์จะถูกเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องจาก 80 ถึง 860 องศา โดยการค่อย ๆ หมุนปุ่มอย่างช้า ๆ จากสุดตำแหน่งเฟสข้างหนึ่งไปยังสุดตำแหน่งเฟสอีกข้างหนึ่ง และกลับสู่ตำแหน่งเดิมอย่างช้า ๆ ภายใน 1 นาที
- สภาพขั้วพัลส์ : + และ -
- บริภัณฑ์จะถูกทดสอบโดยตั้งค่าควบคุมต่าง ๆ ไว้ที่ตำแหน่งที่ให้ผลแล้ว
- ถ้าเป็นไปได้ควรเลือกใช้โปรแกรมอัตโนมัติ

ให้ตรวจสอบการทำงานที่เหมาะสมและความถูกต้องสมบูรณ์ของส่วนประกอบด้านแหล่งจ่ายประธานของบริภัณฑ์ เช่น ชุดกรองคลื่น และหม้อแปลง

หมายเหตุ 1. เนื่องจากพัลส์พลังงานที่เกิดขึ้นติดต่อกันอย่างรวดเร็วอาจทำให้เกิดการเกินกำลังใน

ส่วนประกอบแหล่งจ่ายประธานของบริภัณฑ์ ได้ ดังนั้นในบางครั้งจึงควรขยายเวลาการซ้ำพัลส์  
ออก ไปให้ถึงค่าสูงสุดไม่เกิน 10 วินาที

2.เนื่องจากการทดสอบนี้สามารถทำให้ชิ้นส่วนเสื่อมคุณภาพได้ เช่น ตัวต้านทานขึ้นกับแรงดัน (VDR) ซึ่งใช้เป็นตัวระงับภาวะชั่วคราวของแหล่งจ่ายประจํา และ ไทรแอก ดังนั้น รายงานการทดสอบจะต้องบอกเวลาการเข้าพัลส์ที่ใช้และจำนวนพัลส์ที่ป้อนจริง

### 7.8.3 การทดสอบพัลส์พลังงานต่ำแบบเร็ว

ทดสอบพัลส์ตามลักษณะสมบัติที่เกี่ยวข้องที่ระบุไว้ในข้อ 7.8.1 ดังนี้

- ตำแหน่งเฟสของพัลส์ : เฟสของพัลส์จะถูกเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องจาก 80 ถึง 460 องศา โดยการค่อย ๆ หมุนปุ่มอย่างช้า ๆ จากสุดตำแหน่งเฟสข้างหนึ่งไปยังสุดตำแหน่งเฟสอีกข้างหนึ่ง และกลับสู่ตำแหน่งเดิมอย่างช้า ๆ ภายใน 1 นาที
- สภาพพัลส์ : + และ -

ให้ตรวจสอบการทำงานที่เหมาะสมและความถูกต้องสมบูรณ์ของส่วนประกอบด้านแหล่งจ่ายประจําของบริษัท เช่น ชุดกรองคลื่น และหม้อแปลง

### 7.9 การทดสอบสัญญาณรบกวนความถี่วิทยุ

#### 7.9.1 การทดสอบสัญญาณรบกวนที่นำมาตามสาย

ให้เป็นไปตาม CISPR 15

#### 7.9.2 การทดสอบสัญญาณรบกวนที่แผ่กระจายเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ให้เป็นไปตาม CISPR 15

### 7.10 การทดสอบการทำงานในภาวะผิดปกติ

#### 7.10.1 การทดสอบการถอดหลอดออก

ในระหว่างที่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์กำลังทำงานอยู่โดยที่แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายมีค่าเท่ากับร้อยละ 110 ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด และต่ออยู่กับหลอดที่เหมาะสม ให้ถอดหลอดออกโดยไม่ต้องตัดแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย 1 ชั่วโมง แล้วให้ใส่หลอดกลับเข้าไปในวงจรตามเดิม

#### 7.10.2 การทดสอบหลอดจุดไม่ติด

ต่อตัวต้านทานสมมูลแทนไส้หลอดแต่ละไส้โดยให้มีค่าตามที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องแล้วให้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ต่อกับแหล่งจ่ายที่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับร้อยละ 110 ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากครบกำหนดเวลานี้แล้วให้ถอดตัวต้านทานสมมูลออก และต่อหลอดที่เหมาะสมเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

### 7.10 การทดสอบความทนทาน

ไม่วารณมีได้ ึ่งสืบ ลักท่งข่านมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 7.11.1 ก่อนที่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะถูกนำไปทดสอบตามข้อ 7.10.2 บัลลาสต์จะต้องถูกทดสอบ

วัฏจักรอุณหภูมิและวัฏจักรการสวิตช์วงจรเปิด ดังนี้

ก) การทดสอบวัฏจักรอุณหภูมิ (temperature cycle test)

เริ่มแรกแบตเตอรี่อิเล็กทรอนิกส์จะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิขีดจำกัดล่างของอุณหภูมิโดยรอบ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นถึงอุณหภูมิ  $t_c$  (นิยามตาม มอก. 885) เป็นเวลาอีก 1 ชั่วโมงทำเช่นนี้ 5 วัฏจักร

ถ้าไม่ได้ตามกำหนดขีดจำกัดล่างของอุณหภูมิโดยรอบไว้ให้ใช้ค่า +10 องศาเซลเซียส

ข) การทดสอบวัฏจักรการสวิตช์ (SWITCH CYCLE TEST)

ที่แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายที่กำหนด แบตเตอรี่อิเล็กทรอนิกส์จะถูกต่อกับแหล่งจ่าย 30 วินาทีและถูกตัดออกจากแหล่งจ่าย 30 วินาที สลับกันไป ทำเช่นนี้ 1000 วัฏจักร โดยที่ขั้วต่อด้านออกของแบตเตอรี่อิเล็กทรอนิกส์ถูกเปิดวงจร

7.11.2 หลังจากทดสอบตามข้อ 7.10.1 แล้ว ให้แบตเตอรี่อิเล็กทรอนิกส์ทำงานร่วมกับโหลดที่เหมาะสมที่แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายที่กำหนดและอุณหภูมิโดยรอบซึ่งทำให้เกิดอุณหภูมิ  $t_c$  ของแบตเตอรี่ จนกระทั่งระยะเวลาผ่านไปถึงชั่วโมงที่ 200 จึงนำแบตเตอรี่อิเล็กทรอนิกส์ออกมาปล่อยให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง แบตเตอรี่อิเล็กทรอนิกส์ต้องสามารถจุดโหลดที่เหมาะสมและทำให้โหลดติดสว่างได้อย่างถูกต้องเป็นเวลา 15 นาที

ระหว่างการทดสอบนี้โหลดจะวางอยู่ภายนอกเตาอบที่อุณหภูมิโดยรอบ  $25 + 5$  องศาเซลเซียส

7.11.3  $t_c$  ที่กล่าวถึง หมายถึง  $t_c$  ซึ่งวัดที่ตำแหน่งหรือซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิมากที่สุด ตำแหน่งหรือนี้อาจทราบได้โดยการหารือกับผู้ทำ

หมายเหตุ เมื่อทดสอบอุณหภูมิ  $t_c$  ภายในดวงโคม ให้ใช้ตำแหน่งหรือซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิมากที่สุดตำแหน่งเดียวกัน

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้จะสำเร็จไปได้ด้วยดีไม่ได้ หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์และบุคคลต่าง ๆ เหล่านี้ ขอขอบคุณเป็นพิเศษสำหรับ

ผศ. ประภาส ไพรสุวรรณ

ผู้ให้แนวความคิด โครงการและคำแนะนำอื่น ๆ อีกมากมาย

อ. ชาย ชมภูอินไหว

ผู้ให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ รวมทั้งความช่วยเหลืออื่น ๆ ที่มีให้

อ. อนุวัฒน์ จางวานิชเลิศ

ผู้ให้ความช่วยเหลือในการขอใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาทางวิศวกรรม

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณ อ. คุณิต ผู้อนุเคราะห์ห้องทำโครงการนี้ที่ตึก High Volt , อ. เขาวี ที่ช่วยเหลือในการวัดค่าทางแสงและคำแนะนำอื่น ๆ , พี่โป่ง และพี่ ๆ ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาทางวิศวกรรมกับความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือคุณภาพสูงต่าง ๆ , พี่แอม และพี่ ๆ ที่ธุรการภาคที่ช่วยออกหนังสือต่าง ๆ ให้ , พี่ตัวเล็ก พี่เอ ที่คอยรับและให้ยืมเครื่องมือ , บริษัท Osram ประเทศไทย จำกัด ที่ให้ยืมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ที่สูงทั้งคุณภาพและราคา

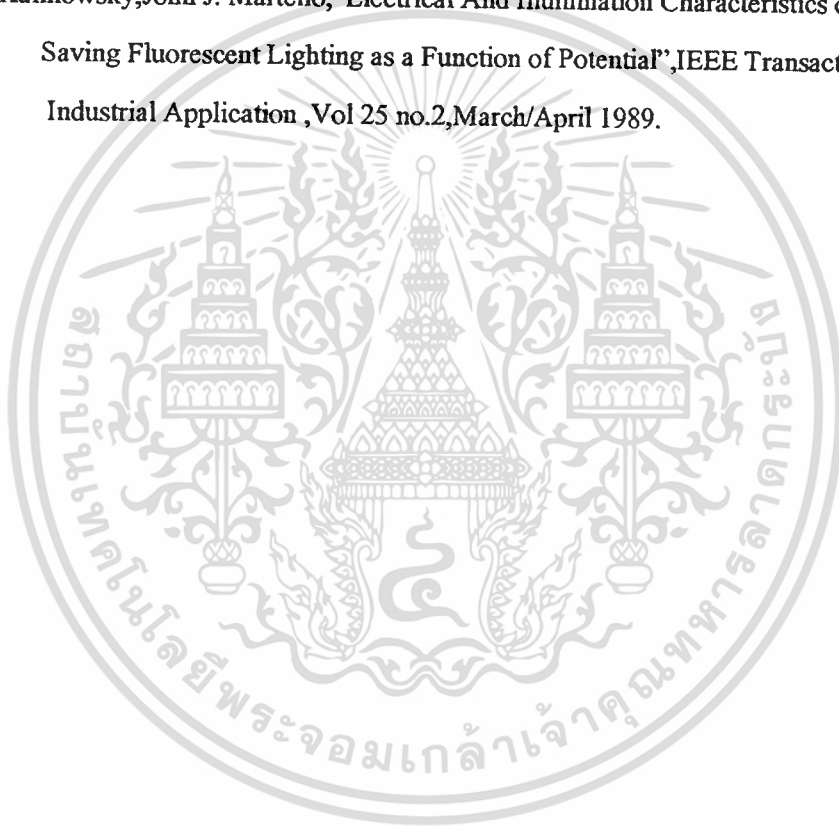
ขอบคุณเพื่อนกลุ่มบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่แลกเปลี่ยนความรู้กันเรื่องบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนี้ยังมีเพื่อนที่ให้ความร่วมมือ ความช่วยเหลือและให้กำลังใจซึ่งกันและกัน ขอขอบคุณทุกคน

ที่ลืมไม่ได้ คือ พ่อและแม่ ผู้สร้างมันสมอง สองมือ และร่างกายที่สมบูรณ์ทั้งหมดให้ ผู้ให้กำลังใจ และผู้ทำหน้าที่ธนาคารส่วนตัว ได้ดีกว่าธนาคารแห่งประเทศไทยเสียอีก

ขอบคุณทุกคน ขอขอบคุณมาก ขอขอบคุณจริง ๆ

## เอกสารอ้างอิง

1. ศุภี บรรจงจิตร, “วิศวกรรมการส่องสว่าง”, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด, 2538.
2. Ned Mohan, Tore M. Undeland and William P. Robbins, “ Power Electronics( Converter , Applications , and Design ) ”, Second edition , John wiley & Sons Inc, 1995.
3. R.R. Verderber, O. Morse and F.M. Rubinstein , “ Performance of Electronics Ballast And Controlls With 34 And 40 Watt F40 Fluorescent Lamps”, 1988 IEEE.
4. Serge A. Kalinowsky, John J. Martello, “Electrical And Illumination Characteristics of Energy Saving Fluorescent Lighting as a Function of Potential”, IEEE Transaction on Industrial Application , Vol 25 no.2, March/April 1989.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้ทำโครงการ

### 1. นายวีระศักดิ์ วงศาสุราฤทธิ์

การศึกษาขณะทำโครงการ : ชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์  
หลักสูตร 4 ปี (วศบ.)

ที่อยู่ : จ.เชียงใหม่

### 2. นาย ศิลป์ สามาลา

การศึกษาขณะทำโครงการ : ชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์  
หลักสูตร 4 ปี (วศบ.)

ที่อยู่ : 167 ม. 13 ต.โหรา อ.อาจสามารถ จ.ร้อยเอ็ด 45160

เบอร์โทรศัพท์ : 01 - 9548823 หรือ 162 - 225841

### 3. นาย สงวน แซ่ลิ้ม

การศึกษาขณะทำโครงการ : ชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์  
หลักสูตร 4 ปี (วศบ.)

ที่อยู่ : 209/26 ถ.เชียงใหม่ - สอด ต.ป่าแดง อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000

เบอร์โทรศัพท์ : (053) 203178 หรือ 152 - 682807

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้