สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด

MAGNETIC BALLAST OPTIMIZATION

T045939

โดย

นายจีรติ พึ่งศรีเพ็ง

นายตรรกพล เบญจนราสุทธิ์

นายทรงปกิต แก้วนิยมพาณิชย์

นายธัชชะ รัตนศักดิ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 45939
วัน, เดือน, ปี 26 ก.พ. 2546

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2544

การหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด

MAGNETIC BALLAST OPTIMIZATION

โดย

นายจีรติ	พึ่งศรีเพ็ง	รหัสประจำตัว 41014076
นายตรรกพล	เบญจนราสุทธิ์	รหัสประจำตัว 41014147
นายทรงปกิต	แก้วนิยมพาณิชย์	รหัสประจำตัว 41014156
นายธัชชะ	รัตนศักดิ์	รหัสประจำตัว 41014181

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ศุลี บรรจงจิตร

รศ.มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์

อ. เชาว์ ชมภูอินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด

ผู้จัดทำ

1. นายจีรติ พึ่งศรีเพ็ง
2. นายตรรกพล เบญจนราสุทธิ์
3. นายทรงปกิต แก้วนิยมพาณิชย์
4. นายธัชชะ รัตนศักดิ์

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ศุลี บรรจงจิตร)

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์)

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. เชาว์ ชมภูอินไหว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด

นาย จีรติ	พึ่งศรีเพ็ง	
นาย ตรรกพล	เบญจนราสุทธิ์	
นาย ทรงปกิต	แก้วนิยมพาณิชย์	
นาย ธัชชะ	รัตนศักดิ์	
รศ. ศุลี	บรรจงจิตร	อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ. มลฑล	ลีลาจินดาไกรฤกษ์	อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. เชาว์	ชมภูอินไหว	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอแนวทางการวิเคราะห์และพัฒนาบัลลาสต์ชนิดขดลวด(Magnetic Basllast : Corecoil Ballast) ที่ใช้กันทั่วไปในวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ และ 36 วัตต์ เพื่อให้บัลลาสต์ชนิดขดลวดสามารถทำงานได้ที่จุดดุลยภาพระหว่างราคา น้ำหนักและประสิทธิภาพในด้านต่างๆ รวมถึงอยู่ภายใต้มาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับบัลลาสต์ชนิดขดลวด (มอก.23-2521) ได้แก่ ค่ากำลังงานสูญเสีย ประสิทธิผลการส่องสว่างของหลอดที่ต่อใช้งานกับบัลลาสต์ชนิดขดลวด ในการทำโครงงานนี้ได้ทำการคำนวณและออกแบบผลิตบัลลาสต์ชนิดขดลวด โดยใช้แกนเหล็ก EI S-23 และลวดทองแดง โดยนำบัลลาสต์ชนิดขดลวดที่ได้ผลิตขึ้นมาเปรียบเทียบจุดเด่นจุดด้อยกับบัลลาสต์ชนิดขดลวดที่มีขายอยู่ในท้องตลาดทั่วไปเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสร้างบัลลาสต์ชนิดขดลวดต้นแบบต่อไป และในส่วนของการวิเคราะห์หาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวดโดยให้ความสำคัญกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการออกแบบสร้างตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ในการหาจุดดุลยภาพแบบมีเงื่อนไข (Constrainted Optimization) โดยนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAGNETIC BALLAST OPTIMIZATION

Mr. Jeerati Phuengsripeng
Mr. Takkapol Benjanarasut
Mr. Songpakit Kaewniyompanit
Mr. Tacha Ratanasakdi
Assoc.Prof. Sulee Banjongjit advisor
Assoc.Prof. Monthon Leelajindakrailerk advisor
Lecturer Chow Chompoo-inwai advisor

2001

ABSTRACT

This thesis presents the method of analyzing and developing the magnetic ballast that usually used in 18 watt and 36 watt fluorescent lamp. The purpose of this project is to build magnetic ballast that can operate at the optimizing point between price, weight and efficiency in many factors under the Industrial standard for magnetic ballast such as luminous intensity, power loss. We design magnetic ballast by using EI S-23 core and copper wire. Then we compare the prototype ballast, which we built, and the magnetic ballast that has been sold at present to guide us to improve the prototype to the optimum point. And in the method of optimizing we emphasis in found out the factor that influence to ballast design by Objective Function in Constrainted Optimization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์	3
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับสตาร์ทเตอร์	5
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับบัลลาสต์ชนิดขดลวด	6
บทที่ 3 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ	10
3.1วิธีการในการออกแบบตัวเหนี่ยวนำ	10
3.2 ขั้นตอนในการออกแบบ	10
3.3 มาตรฐานการสร้างบัลลาสต์ชนิดขดลวดตาม มอก. 23-2521	13
3.4 วัสดุที่ใช้ในการสร้างบัลลาสต์ต้นแบบ	15
3.5 ขั้นตอนการออกแบบ และสร้างบัลลาสต์ต้นแบบ	17
บทที่ 4 ทฤษฎีการหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด	18
4.1 กระบวนการหาจุดดุลยภาพ	18
4.2 การหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด	19
4.3 ฟังก์ชันจุดประสงค์ของการออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวด	19
4.4 สมการเงื่อนไข	25
4.5 สมการขอบเขต	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 โปรแกรมช่วยออกแบบในการหาจุดดุลยภาพ 27

5.1 หลักการที่ใช้ในการคำนวณ 27

5.2 โครงสร้างและขอบเขตของโปรแกรมช่วยในการหาจุดดุลยภาพ ของบัลลาสต์ชนิดขดลวด 29

5.3 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดดุลยภาพ ของบัลลาสต์ชนิดขดลวด 32

บทที่ 6 การทดลอง และผลทดลอง 36

6.1 การทดสอบหาความสัมพันธ์ของกระแสที่มีผลกระทบ ต่อปัจจัยต่างๆของบัลลาสต์ 36

6.2 การทดสอบเก็บผลทางไฟฟ้า และการส่องสว่างของบัลลาสต์ทั่วไป เปรียบเทียบกับบัลลาสต์ต้นแบบ 46

6.2.1 ผลการทดลองสร้างบัลลาสต์ชนิดแม่เหล็กชุดแรก 48

6.2.2 การทดสอบหาวงฮิสเทอริซิสแบบไดนามิก 54

6.2.3 การเพี้ยนของรูปคลื่นสัญญาณกระแส 58

6.2.4 ผลการทดลองสร้างบัลลาสต์ชนิดแม่เหล็กชุดที่สอง 60

6.2.5 ผลการเก็บค่าคุณสมบัติต่างๆของบัลลาสต์ทั่วไปและบัลลาสต์ต้นแบบ 73

6.3 การทดสอบเก็บผลทางด้านอุณหภูมิของบัลลาสต์ทั่วไปเปรียบเทียบ กับบัลลาสต์ต้นแบบ 104

บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์ 109

7.1 สรุปผลการทดลอง 109

7.2 วิจารณ์ผลการทดลอง 109

7.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข 109

7.4 แนวทางการพัฒนาและข้อเสนอแนะในการออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวด 110

7.5 การพัฒนาในกระบวนการหาจุดดุลยภาพ 111

7.6 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง 111

กิตติกรรมประกาศ 113

เอกสารอ้างอิง 114

ภาคผนวก ก. คุณสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ภาคผนวก ข. คุณสมบัติของบัลลาสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ลักษณะของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบต่างๆ 3
รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 5
รูปที่ 2.3 วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบชนิดอุ่นไส้ 5
รูปที่ 2.4 ความต้านทานพลวัติเชิงลบของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 6

รูปที่ 3.1 โครงสร้างวงจรแม่เหล็ก 11
รูปที่ 3.2 พื้นที่หน้าต่างของแกนเหล็ก 12
รูปที่ 3.3 แกนเหล็ก EI-S23 เบอร์ต่างๆ 15
รูปที่ 3.4 ขดลวดทองแดงขนาดต่างๆ 15
รูปที่ 3.5 การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เป็นบัลลาสต์ต้นแบบ 16
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการออกแบบ และสร้างบัลลาสต์ต้นแบบ 17

รูปที่ 4.1 กำลังสูญเสียในแกนต่อกิโลกรัมเทียบกับค่าความหนาแน่นฟลักซ์ 20

รูปที่ 5.1 แผนภาพวิธีการคำนวณของโปรแกรมช่วยในการคำนวณ
หาจุดคุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด 28
รูปที่ 5.2 ส่วนรับข้อมูลค่าตัวแปรของโปรแกรมช่วยในการคำนวณหา
จุดคุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด 29
รูปที่ 5.3 ส่วนแสดงผลของโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดคุลยภาพ
ของบัลลาสต์ชนิดขดลวด แบบแสดงข้อมูลที่จุดคุลยภาพ 30
รูปที่ 5.4 ส่วนแสดงผลของโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดคุลยภาพ
ของบัลลาสต์ชนิดขดลวด แบบแสดงข้อมูลทุกค่าที่คำนวณ 31
รูปที่ 5.5 ขั้นตอนการออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวดด้วยโปรแกรมช่วยในการ
คำนวณหาจุดคุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด 34

รูปที่ 6.1 วงจรทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า และ อุปกรณ์การวัด 36
รูปที่ 6.2 วงจรทดสอบคุณสมบัติทางการส่องสว่าง และ อุปกรณ์การวัด 36
รูปที่ 6.3 การต่อวงจรเพื่อวัดค่ากระแส, แรงดันไฟฟ้า และกำลังของระบบ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.4 การต่อวงจรเพื่อวัดค่า กระแส และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมบัลลาสต์ 38
รูปที่ 6.5 การต่อวงจรเพื่อวัดค่า กระแส และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมหลอดฟลูออเรสเซนต์ 38
รูปที่ 6.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแส กับ ขนาดช่องอากาศของบัลลาสต์ 42
รูปที่ 6.7 กราฟกำลังสูญเสียที่บัลลาสต์ กับกระแส 42
รูปที่ 6.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับขนาดแรงดันตกคร่อมหลอดไฟ 43
รูปที่ 6.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับฟลักซ์การส่องสว่าง 43
รูปที่ 6.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับประสิทธิภาพ 44
รูปที่ 6.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับประสิทธิผลการส่องสว่าง 44
รูปที่ 6.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ 45
รูปที่ 6.13 บัลลาสต์ต้นแบบ 1/1 48
รูปที่ 6.14 บัลลาสต์ต้นแบบ 1/2 51
รูปที่ 6.15 บัลลาสต์ต้นแบบ 1/3 53
รูปที่ 6.16 วงจรทดสอบหา B-H curve 54
รูปที่ 6.17 กราฟความสัมพันธ์ B-H curve การออกแบบแกนแบบปิด 56
รูปที่ 6.18 ความสัมพันธ์ B-H curve ในการออกแบบแกนแบบมีช่องอากาศ 57
รูปที่ 6.19 การผิดเพี้ยนของรูปคลื่นสัญญาณกระแสผ่านวงฮิสเทอรีซีส 58
รูปที่ 6.20 กราฟแรงดันคร่อมบัลลาสต์ 59
รูปที่ 6.21 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/1 60
รูปที่ 6.22 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/2 61
รูปที่ 6.23 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/3 62
รูปที่ 6.24 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/4 63
รูปที่ 6.25 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/5 64
รูปที่ 6.26 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/6 65
รูปที่ 6.27 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/7 66
รูปที่ 6.28 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/8 67
รูปที่ 6.29 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/9 68
รูปที่ 6.30 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/10 69
รูปที่ 6.31 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/11 70
รูปที่ 6.32 รายละเอียดของกราฟผลการทดลอง 72
รูปที่ 6.33 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 1 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.34 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 1 73
รูปที่ 6.35 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 1 73
รูปที่ 6.36 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 2 74
รูปที่ 6.37 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 2 74
รูปที่ 6.38 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 2 74
รูปที่ 6.39 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 3 75
รูปที่ 6.40 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 3 75
รูปที่ 6.41 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 3 75
รูปที่ 6.42 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 4 76
รูปที่ 6.43 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 4 76
รูปที่ 6.44 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 4 76
รูปที่ 6.45 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 5 77
รูปที่ 6.46 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 5 77
รูปที่ 6.47 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 5 77
รูปที่ 6.48 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 6 78
รูปที่ 6.49 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 6 78
รูปที่ 6.50 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 6 78
รูปที่ 6.51 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 7 79
รูปที่ 6.52 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 7 79
รูปที่ 6.53 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 7 79
รูปที่ 6.54 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 8 80
รูปที่ 6.55 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 8 80
รูปที่ 6.56 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 8 80
รูปที่ 6.57 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 9 81
รูปที่ 6.58 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 9 81
รูปที่ 6.59 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 9 81
รูปที่ 6.60 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 10 82
รูปที่ 6.61 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 10 82
รูปที่ 6.62 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 10 82
รูปที่ 6.63 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 11 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.64 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 11 83
รูปที่ 6.65 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 11 83
รูปที่ 6.66 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 12 84
รูปที่ 6.67 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 12 84
รูปที่ 6.68 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ตัวอย่างยี่ห้อที่ 12 84
รูปที่ 6.69 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 1/2 85
รูปที่ 6.70 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 1/2 85
รูปที่ 6.71 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 1/2 85
รูปที่ 6.72 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/1 86
รูปที่ 6.73 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/1 86
รูปที่ 6.74 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/1 86
รูปที่ 6.75 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/2 87
รูปที่ 6.76 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/2 87
รูปที่ 6.77 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/2 87
รูปที่ 6.78 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/5 88
รูปที่ 6.79 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/5 88
รูปที่ 6.80 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/5 88
รูปที่ 6.81 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/6 89
รูปที่ 6.82 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/6 89
รูปที่ 6.83 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/6 89
รูปที่ 6.84 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/8 90
รูปที่ 6.85 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/8 90
รูปที่ 6.86 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/8 90
รูปที่ 6.87 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/10 91
รูปที่ 6.88 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/10 91
รูปที่ 6.89 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/10 91
รูปที่ 6.90 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/11 92
รูปที่ 6.91 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์ของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/11 92
รูปที่ 6.92 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอดของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 2/11 92
รูปที่ 6.93 สัญลักษณ์ที่ใช้ในตารางผลการทดลองที่ 6.2 และ 6.3 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.94 เปรียบเทียบฟลักซ์ความส่องสว่างของหลอด 18 วัตต์
ของบัลลาสต์ทั่วไป และ บัลลาสต์ต้นแบบ 96
รูปที่ 6.95 เปรียบเทียบฟลักซ์ความส่องสว่างของหลอด 36 วัตต์
ของบัลลาสต์ทั่วไป และ บัลลาสต์ต้นแบบ 96
รูปที่ 6.96 เปรียบเทียบคุณสมบัติด้านกำลังเมื่อใช้กับหลอด 18 วัตต์
ของบัลลาสต์ทั่วไป และ บัลลาสต์ต้นแบบ 97
รูปที่ 6.97 เปรียบเทียบคุณสมบัติด้านกำลังเมื่อใช้กับหลอด 36 วัตต์
ของบัลลาสต์ทั่วไป และ บัลลาสต์ต้นแบบ 97
รูปที่ 6.98 เปรียบเทียบประสิทธิผลความส่องสว่าง และ ประสิทธิภาพ ของหลอด 18 วัตต์
ของบัลลาสต์ทั่วไป และ บัลลาสต์ต้นแบบ 98
รูปที่ 6.99 เปรียบเทียบประสิทธิผลความส่องสว่าง และ ประสิทธิภาพ ของหลอด 36 วัตต์
ของบัลลาสต์ทั่วไป และ บัลลาสต์ต้นแบบ 98
รูปที่ 6.100 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก กับ
ค่าความผิดเพี้ยนของรูปสัญญาณคลื่น 100
รูปที่ 6.101 ความผิดพลาดในการคำนวณกระแสอันเนื่องมาจากการทำงานที่ช่วงอิ่มตัว 101
รูปที่ 6.102 บัลลาสต์ทั่วไปจับยึดด้วยแผ่นเหล็ก และ ยึดด้วยแผ่นพลาสติก 104
รูปที่ 6.103 การวัดอุณหภูมิด้วย Laser Temperature Meter 104
รูปที่ 6.104 เปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิขณะใช้งานของบัลลาสต์ทั่วไป 18 วัตต์
ระหว่างการจับยึดด้วยแผ่นโลหะ และแผ่นพลาสติก 106
รูปที่ 6.105เปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิขณะใช้งานของบัลลาสต์ทั่วไป 36 วัตต์
ระหว่างการจับยึดด้วยแผ่นโลหะ และแผ่นพลาสติก 106
รูปที่ 6.106 เปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิขณะใช้งานของบัลลาสต์ทั่วไป 36 วัตต์
และ บัลลาสต์ต้นแบบโดยใช้การจับยึดด้วยแผ่นพลาสติก 107
รูปที่ 6.107 เปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิขณะใช้งานของบัลลาสต์ทั่วไป 36 วัตต์
และ บัลลาสต์ต้นแบบโดยใช้การจับยึดด้วยแผ่นพลาสติก 107

รูปที่ 7.1 รูปร่างแกนเหล็กด้านหน้าแบบต่างๆ 110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แบบของหลอดและคุณลักษณะของบัลลาสต์อ้างอิง ความถี่ 50 เฮิร์ทซ์ 14

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิความต้านทานเชิงความยาวลวดเบอร์ต่างๆ 21
ตารางที่ 4.2 สัมประสิทธิ์ค่าความสูญเสียในช่องอากาศ 22
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลน้ำหนักต่อจำนวนแผ่นแกนเหล็กแต่ละขนาด 22
ตารางที่ 4.4 ข้อมูลน้ำหนักต่อความยาวของขดลวดเบอร์ต่างๆที่ใช้ในการออกแบบ 23
ตารางที่ 4.5 ราคาแกนเหล็กต่อน้ำหนักในแกนขนาดต่างๆ 24
ตารางที่ 4.6 ราคาขดลวดต่อน้ำหนักในขดลวดเบอร์ต่างๆ 24

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าการคำนวณจากโปรแกรม กับค่าที่ได้จากการ
วัดจริงของบัลลาสต์ต้นแบบ 34

ตารางที่ 6.1 ผลการทดสอบการปรับขนาดช่องอากาศบัลลาสต์ต้นแบบ 2/1
เมื่อใช้กับหลอด 36 วัตต์ 41
ตารางที่ 6.2 รายละเอียดของบัลลาสต์ต้นแบบที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม 71
ตารางที่ 6.3 ผลการทดสอบบัลลาสต์ทั่วไป และบัลลาสต์ต้นแบบเมื่อใช้กับหลอด 18 วัตต์ 95
ตารางที่ 6.4 ผลการทดสอบบัลลาสต์ทั่วไป และบัลลาสต์ต้นแบบเมื่อใช้กับหลอด 36 วัตต์ 96
ตารางที่ 6.5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของบัลลาสต์ต้นแบบ กับบัลลาสต์ทั่วไป 105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่นิยมกันแพร่หลาย คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยบัลลาสต์ในการจำกัดกระแสที่ไหลผ่านหลอดขณะทำงาน โดยบัลลาสต์ที่ใช้ในปัจจุบันนั้นมีอยู่ 2 ประเภท คือ บัลลาสต์ชนิดขดลวด (Magnetic Ballast) และ บัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ (Electronic Ballast) ซึ่งบัลลาสต์ทั้ง 2 ประเภทนี้มีความแตกต่างกันในด้านหลักการทำงาน ด้านอายุการใช้งาน โดยที่บัลลาสต์ชนิดขดลวดจะมีความคงทน และมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์มากและหากจะเทียบในด้านราคานั้นในปัจจุบันบัลลาสต์ชนิดขดลวดมีราคาถูกกว่าบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ประมาณ 6 เท่าตัว แต่ทว่าบัลลาสต์ชนิดขดลวดมีข้อเสียคือ เกิดความสูญเสียทางไฟฟ้าสูงกว่าบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ดังนั้นหากเราสามารถพัฒนาบัลลาสต์ชนิดขดลวด ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น และลดการสูญเสียทางไฟฟ้าได้ก็จะเป็นแนวทางการพัฒนาเพื่อยกระดับบัลลาสต์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. พัฒนาบัลลาสต์ชนิดขดลวดสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ และ 36 วัตต์ ให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นกว่าบัลลาสต์ทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาด โดยยังคงให้ฟลักซ์ความส่องสว่างที่ได้ตามพิกัดของหลอด

2. พัฒนาบัลลาสต์ชนิดขดลวดหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ และ 36 วัตต์ ให้มีต้นทุนการผลิตที่ถูก และมีขนาดที่เล็ก

โดยนำข้อมูลจากการทดสอบมาวิเคราะห์ และอาศัยหลักการพื้นฐานของตัวเหนี่ยวนำ มาใช้ในการพัฒนาด้านออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น โดยอาศัยโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดคุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด ซึ่งเงื่อนไขที่เราสนใจในการออกแบบ คือ ขนาดพื้นที่แกนเหล็ก, ขนาดของแกนเหล็ก, พื้นที่หน้าตัดลวด รวมถึงราคาของบัลลาสต์ชนิดขดลวด

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. พัฒนาบัลลาสต์ชนิดขดลวดซึ่งใช้สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ และ 36 วัตต์ให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นกว่าบัลลาสต์ทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาด รวมทั้งมีต้นทุนการผลิตต่ำ และมีขนาดที่เล็ก โดยยังคงให้ฟลักซ์ความส่องสว่างที่ได้ตามพิกัดของหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สร้างโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด เพื่อใช้ในการออกแบบ และพัฒนาบัลลาสต์ต้นแบบชนิดขดลวด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

คาดว่าการศึกษาและพัฒนาบัลลาสต์ชนิดขดลวดของโครงงานนี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวดให้สูงขึ้น และถ้าหากสามารถทำการผลิตในเชิงพาณิชย์ได้แล้วนั้นก็จะเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค ให้มีทางเลือกที่ดีกว่าขึ้น และยังสามารถช่วยประเทศชาติในการประหยัดพลังงานได้เป็นจำนวนมากเนื่องจากบัลลาสต์ที่ใช้กันทั่วไปในประเทศนั้นเกือบทั้งหมดเป็นบัลลาสต์ชนิดบัลลาสต์ชนิดขดลวดหากเราทำให้กำลังสูญเสียทางไฟฟ้าของบัลลาสต์ดังกล่าวลดลงได้จะเป็นประหยัดพลังงานให้แก่ประเทศชาติได้ปีละจำนวนมหาศาล

1.5 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องของอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนต์, สตาร์ทเตอร์ และ บัลลาสต์ชนิดขดลวด

บทที่ 3 มีเนื้อหาเกี่ยวกับวิธีการในการออกแบบตัวเหนี่ยวนำ,ขั้นตอนในการออกแบบมาตรฐานการสร้างบัลลาสต์ชนิดขดลวดตาม มอก. 23-2521, วัสดุที่ใช้ในการสร้างบัลลาสต์ต้นแบบขั้นตอนการออกแบบ และสร้างการบัลลาสต์ต้นแบบ

บทที่ 4 กล่าวถึงทฤษฎีการหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด, กระบวนการหาจุดดุลยภาพ, วิธีที่ใช้ในการออกแบบหาจุดดุลยภาพ, การหาจุดดุลยภาพในการออกแบบบัลลาสต์แม่เหล็ก และการพิจารณาหาจุดที่เหมาะสมในการออกแบบ

บทที่ 5 บรรยายถึงโครงสร้าง และขอบเขตของโปรแกรมช่วยในการหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด รวมถึงขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม

บทที่ 6 อธิบายถึงการทำการทดสอบเก็บผลบัลลาสต์ทั่วไป และบัลลาสต์ต้นแบบทั้งด้านคุณสมบัติทางไฟฟ้า, การส่องสว่าง และ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิขณะการใช้งานจริง

บทที่ 7 เป็นบทที่สรุปผลงานของโครงงานที่ได้ทำมาทั้งหมด และเสนอแนะข้อคิดเห็นในการที่จะพัฒนาบัลลาสต์ต้นแบบในอนาคต

ภาคผนวก กล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ทำการวัดในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีการทำงานของวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดอุ่นไส้หลอดด้วยบัลลาสต์ชนิดขดลวดซึ่งมีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่

- หลอดฟลูออเรสเซนต์
- สตาร์ทเตอร์
- บัลลาสต์ชนิดขดลวด

2.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ได้รับความนิยมแพร่หลายมากที่สุดในปัจจุบันในการใช้งานตามบ้านเรือนที่พักอาศัย เนื่องจากมีประสิทธิผลในการส่องสว่างของหลอดสูง มีอายุการใช้งานยาวนาน และคุณภาพของแสงที่ออกมามีความเหมาะสมสำหรับการใช้งาน จึงเป็นสาเหตุให้ในปัจจุบันมีการนำหลอดฟลูออเรสเซนต์ไปใช้ทดแทนหลอดเผาไส้ (Incandescent) ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างแบบดั้งเดิม ซึ่งมีข้อเสียคือ มีการสูญเสียทางไฟฟ้ามาก และมีอายุการใช้งานสั้น

ตัวอย่างขนาดและรูปแบบของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีดังนี้

รูปที่ 2.1 ลักษณะของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบต่างๆ

- หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็ก เป็นหลอดที่รวมบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ไว้ที่ฐานของหลอดและขั้วหลอดเป็นแบบเกลียวสำหรับใช้แทนหลอดเผาไส้ มีขนาด 9W, 13W, 18W และ 25W
- หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยู มีลักษณะหลอดโค้งงอเป็นตัวยู มีสตาร์ทเตอร์ที่ฐานของหลอดและมีขั้วสองขั้วสำหรับต่อกับบัลลาสต์ มีขนาด 3W, 7W, 9W และ 11W
- หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยู 2 หลอด ลักษณะเหมือนหลอดรูปตัวยูแต่เพิ่มปริมาณหลอดเสมือนมีเป็น 2 หลอด มีขนาด 10W, 13W, 18W, และ 25W
- หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดยาว มีลักษณะเป็นเส้นตรงยาว มีขั้วหลอดอยู่ที่ปลายทั้ง 2 ด้านของหลอด สำหรับต่อสตาร์ทเตอร์ และบัลลาสต์ มีขนาด 18W, 24W, และ 36W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากแบ่งตามลักษณะการทำงานของหลอดจะแบ่งหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1.) หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดอุ่นไส้ (Preheat Fluorescent Lamp)

2.) หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดติดทันที (Instant Start Fluorescent Lamp)

3.) หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดติดเร็ว (Rapid Start Fluorescent Lamp)

ส่วนประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์

1. ตัวหลอด	ตัวหลอดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ทำมาจากแก้วที่มีลักษณะเป็นท่อกลม เป็นส่วนใหญ่รูปร่างต่างๆกันตามรูปแบบของหลอด
2. ขั้วหลอด	เป็นส่วนที่ติดอยู่กับขั้วอิเลคโตรด มีลักษณะเป็นแท่งเล็กๆยื่นออกมาจากขั้วอิเลคโตรดมีหน้าที่ในการยึดตัวหลอดเข้ากับตัวรับขั้วหลอด ซึ่งจำนวนขั้วหลอดจะแตกต่างกันไปตามชนิดของหลอดเช่น หลอดอุ่นไส้และหลอดชนิดติดเร็วจะมีขั้วหลอด 2 ขั้วที่แต่ละปลายของหลอด, หลอดชนิดติดทันทีจะมีขั้วหลอดเพียงขั้วเดียว, ส่วนหลอดวงกลม จะมีขั้วหลอด 4 ขั้วที่จุดเดียวกัน
3. สารเรืองแสง	เป็นสารที่เคลือบอยู่ที่ผิวด้านในของตัวหลอด ซึ่งสารเคลือบแต่ละชนิดจะให้สีในการส่องสว่างที่ต่างกัน เช่น Calcium Halophosphate ให้สีขาว, Zinc Silicate ให้สีเขียวเป็นต้น

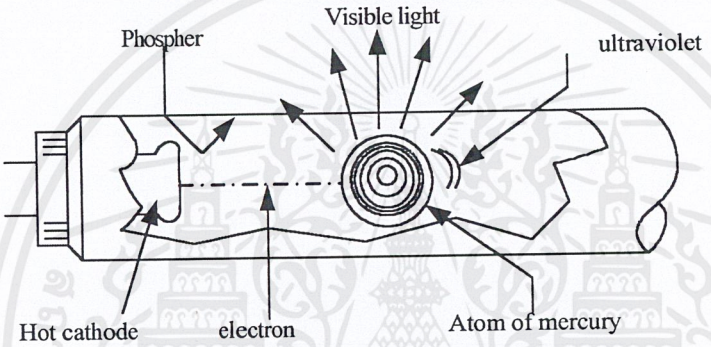
การทำงานของวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์

จากวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบชนิดอุ่นไส้ เมื่อเราสับสวิตช์ปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านวงจร ในช่วงแรกกระแสจะไม่สามารถไหลผ่านระหว่างขั้วหัวและท้ายของขั้วอิเลคโตรด เนื่องจากความต้านทานภายในยังสูงอยู่ ขณะเดียวกันกระแสไฟฟ้าก็จะไหลผ่านสตาร์ทเตอร์ที่บรรจุด้วยก๊าซนีออน ซึ่งจะทำให้ก๊าซนีออนในสตาร์ทเตอร์แตกตัวเป็นไอออนเปล่งแสงพร้อมทั้งเกิดความร้อนทำให้โลหะต่างชนิดกันสองแผ่น(Bimetallic) โก่งงอตัวไปชนกับหน้าสัมผัสที่อยู่กับที่ซึ่งทำให้วงจรไส้หลอดทั้งสองก็จะถูกต่อให้ครบทางไฟฟ้าโดยการเผาไส้หลอดให้ร้อนก็จะเกิดขึ้นและความต้านทานหลอดจะลดลง ในขณะเดียวกันหลอดสตาร์ทเตอร์เมื่อเย็นตัวลงจะเปิดแยกวงจรไฟฟ้าเผาไส้หลอดออกซึ่งจากการเปิดวงจรทำให้สนามแม่เหล็กที่บัลลาสต์เกิดยุบตัวและเกิดแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้น จากการเหนี่ยวนำในตัวเองนี้จึงมีการดันกระแสให้วิ่งผ่านระหว่างขั้วอิเลคโตรดทั้งสองข้างโดยอิเลคตรอนอิสระจะถูกกระแทกให้หลุดออกมาทำให้ไอปรอทที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้วแตกตัวเป็นไอออน อิเลคตรอนที่หลุดกระเด็นออกมาเหล่านี้พยายามที่จะกลับคืนเข้าสู่วงโคจรเดิม ดัง

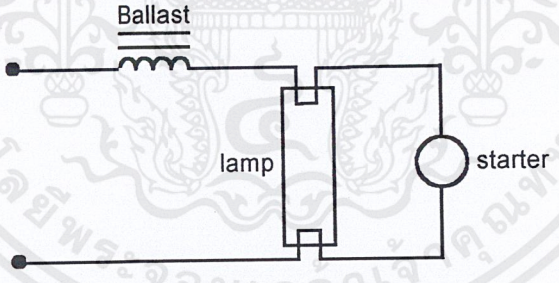
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นมันน่าจะปล่อยพลังงานที่มันได้รับออกมาก่อนที่จะกลับเข้าสู่สถานะเดิม พลังงานที่ปลดปล่อยออกมานี้ส่วนใหญ่จะเป็นแสงอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่น 253.7 nm

แสงอัลตราไวโอเลตนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นแสงที่ตาสามารถมองเห็นได้โดยสารเรืองแสง ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเลตเอาไว้และปล่อยแสงซึ่งมีความยาวคลื่นมากกว่าตาเห็นได้ออกมาหรืออาจกล่าวได้ว่าตัวสารเรืองแสงนี้จะถูกกระตุ้นให้เปล่งแสงออกมาโดยแสงอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นเหมาะสม สีของแสงที่ได้จะขึ้นกับส่วนประกอบของสารที่ใช้ทาภายในของหลอดแก้ว หลักการทำงานเบื้องต้นของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะแสดงได้ดังรูปที่ 2.2 และ วงจรของฟลอดฟลูออเรสเซนต์แบบอุ่นไส้ ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์



รูปที่ 2.3 วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบชนิดอุ่นไส้

2.2 สตาร์ทเตอร์

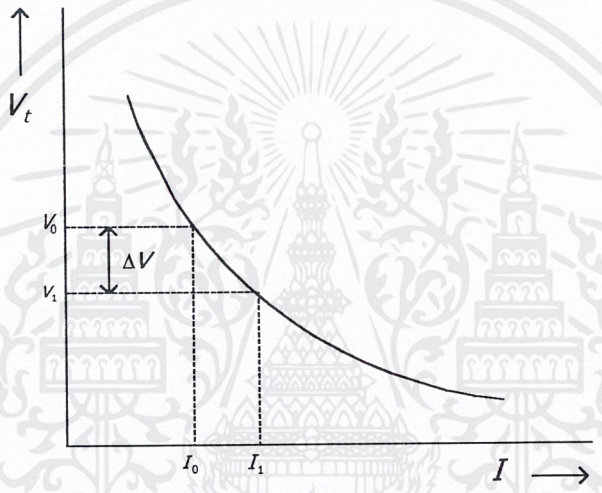
สตาร์ทเตอร์คืออุปกรณ์ที่ช่วยในการจุดการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งคุณสมบัติและลักษณะโดยปกติของสตาร์ทเตอร์จะเปิดวงจรอยู่ คือกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไม่ได้ (ภายในตัวสตาร์ทเตอร์จะบรรจุด้วยก๊าซเฉื่อยเอาไว้) เมื่อทำการป้อนแรงดันเข้าไปในวงจรการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์แรงดันจะตกคร่อมที่ตัวสตาร์ทเตอร์ทั้งหมด เมื่อสตาร์ทเตอร์ร้อนซึ่งความร้อนนี้จะทำให้หน้าสัมผัสงอโค้งมาแตะกับอิเลคโตรดตัวที่อยู่กับที่ (เสมือนสตาร์ทเตอร์ขณะนี้ลัดวงจรคือจะปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 2-3 วินาที) กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านบัลลาสต์และขั้วหลอดทั้ง 2 ข้าง ซึ่งเป็นการจุดไส้หลอด (Preheat) เมื่อความร้อนที่สตาร์ทเตอร์ลดลงหน้าสัมผัสจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากออกจากกันตัดกระแสไฟฟ้าออก คืนสู่สภาพเปิดวงจรตามเดิม (ภายในตัวสตาร์ทเตอร์ควรมีคาปาซิเตอร์ตัวเล็กขนาด 0.006-0.02 ไมโครฟารัด เพื่อป้องกันการรบกวนคลื่นวิทยุขณะสตาร์ทเตอร์ทำงาน)

2.3 บัลลาสต์ชนิดขดลวด

หลอดฟลูออเรสเซนต์มีคุณสมบัติเหมือนหลอดดิสชาร์จทั่วๆไป คือมีลักษณะความต้านทานทางพลวัติของหลอดมีค่าเป็นลบ (Negative Resistance) จัดอยู่ในลักษณะของกระแสเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันลดลง(ความต้านทานของหลอดลดลง) แสดงตามรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความต้านทานพลวัติเชิงลบของหลอดฟลูออเรสเซนต์

จากกราฟจะอธิบายได้ว่าเมื่อแหล่งจ่าย(V_0) จ่ายแรงดันให้กับหลอดจะเกิดการดิสชาร์จขึ้นภายในหลอด มีผลทำให้กระแส I_0ไหลผ่าน ณ จุดที่แรงดันเท่ากับแรงดันคร่อมหลอดแต่เนื่องจากผลของความต้านทานทางพลวัติของหลอดมีค่าเป็นลบจึงทำให้แรงดันคร่อมหลอดเปลี่ยนเป็น V_1 แต่ในขณะเดียวกันแหล่งจ่ายยังจ่ายแรงดัน V_0 ให้กับหลอดอยู่ตลอดเวลา ผลทำให้เกิดแรงดันเกิน ΔV ซึ่งมีผลให้อิเล็กตรอนเกิดการแตกตัวมากขึ้น กระแสในหลอดจะเพิ่มมากขึ้นจนทำให้หลอดเกิดการเสียหาย

จึงเป็นสาเหตุให้หลอดดิสชาร์จต้องมีอุปกรณ์ที่ทำให้มีความเสถียรภาพมาต่ออนุกรมกับหลอดเพื่อให้เป็นตัวควบคุมกระแสที่พอเหมาะให้ไหลผ่านหลอดและเป็นตัวที่จะกำหนดค่าแรงดันที่ใช้ในการจุดหลอดและแรงดันของหลอดในขณะทำงาน ซึ่งเราเรียกอุปกรณ์นี้ว่าบัลลาสต์(Ballast) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทำงานของหลอดก๊าซดิสชาร์จมาก เพราะก่อนที่หลอดก๊าซดิสชาร์จจะจุดติดได้นั้น หลอดจะมีค่าอิมพีแดนซ์ที่สูงมาในช่วงแรกจึงต้องอาศัยแรงดันที่มีค่าสูงเพื่อช่วยใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจุดหลอดซึ่งโดยทั่วไปแล้วบัลลาสต์จะเป็นอุปกรณ์แบบชนิดอินดักทีฟ(Inductive) คาปาซิทีฟ (Capacitive) และรีซิสทีฟ (Resistive)

จากรูปที่2-4 วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดจะมีค่าอิมพีแดนซ์เป็นแบบอินดักทีฟ เพื่อให้เกิดแรงเคลื่อนทางไฟฟ้าแบบทรานเซียนต์ (Transient voltage) ที่มีค่าสูงไปช่วยจุดหลอดในช่วงแรก ก่อให้เกิดการอาร์กระหว่างไส้หลอดจนหลอดจุดติดได้แล้วจากนั้นค่าอิมพีแดนซ์ของหลอดจะมีค่าที่ลดลง (โดยคุณสมบัติค่าความต้านทานพลวัต (dynamic resistance) ของหลอดมีค่าเป็นลบ) ถ้าไม่มีการจำกัดกระแสก็จะมีปริมาณกระแสไหลผ่านหลอดมากเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อาจทำให้ขั้วหลอดเสียหายได้ บัลลาสต์แบบชนิดอินดักทีฟที่ต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายแรงดันทำงานเสมือนแหล่งจ่ายกระแส ดังนั้นวงจรจึงสามารถจำกัดกระแสที่ไหลผ่านหลอดได้ ซึ่งอาจสรุปหน้าที่และการทำงานของบัลลาสต์ได้ดังนี้

1. สามารถให้แรงดันที่เหมาะสมในการเริ่มจุดไส้หลอด ทำให้เกิดการอาร์กระหว่างอิเลคโตรต (Electrode) ทั้งสองของหลอดได้
2. สามารถจำกัดกระแสที่ไหลผ่านหลอดขณะที่หลอดกำลังทำงานอยู่ เพื่อให้หลอดเปล่งแสงสว่างอย่างสม่ำเสมอและหลอดมีอายุการใช้งานได้ยาวนานขึ้น

2.3.1 คุณลักษณะทั่วไปทางไฟฟ้าของบัลลาสต์จะประกอบไปด้วย

2.3.1.1 กระแสจุดหลอด

ในช่วงเวลา 30 วินาทีแรกหรือในช่วงอุ่นหลอดจะต้องอยู่ในพิกัดที่กำหนดของหลอดแต่ละชนิด ถ้ากระแสกระตุ้นหลอดมีค่าสูงเกินไป หลอดจะมีอายุสั้น แต่ถ้ากระแสจุดหลอดมีค่าต่ำเกินไปหลอดจะไม่สามารถเปล่งแสงจนถึงค่าสูงสุดที่สภาวะปกติได้

2.3.1.2 แรงดันจุดหลอด

คือ แรงดันของบัลลาสต์ (ในขณะเปิดวงจร) ที่ใช้กระตุ้นให้เกิดกระบวนการไอออไนซ์ในกระเปาะอาร์กเพื่อให้เกิดอาร์กระหว่างขั้วอิเลคโตรตหลักทั้งสอง

2.3.1.3 แรงดันทำงาน

หลอดแต่ละชนิด แต่ละขนาดจะมีแรงดันทำงานแตกต่างกันไป บัลลาสต์ต้องควบคุมให้แรงดันทำงานของหลอดเป็นไปตามที่ได้รับการออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.4 รูปร่างของกระแสทำงาน

ถูกกำหนดด้วยตัวประกอบยอดคลื่น (Crest Factor) ซึ่งเป็นอัตราส่วนส่วนของค่ายอด (Peak or Maximum) ต่อค่ารากกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square: RMS) ของรูปร่างกระแสซึ่งขึ้นกับคุณสมบัติของบัลลาสต์ ตัวประกอบยอดคลื่นของรูปคลื่นไซนูซอยด์จะมีค่าเท่ากับ 1.414 ตัวประกอบยอดคลื่นของกระแสทำงานจะมีผลโดยตรงต่อค่าฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดให้ออกมาตลอดอายุการใช้งาน ถ้าตัวประกอบยอดคลื่นมีค่าสูงจะทำให้ฟลักซ์ส่องสว่างลดลงอย่างรวดเร็วตามระยะเวลาที่ใช้งาน

2.3.2 คุณลักษณะขณะทำงาน

ในการเลือกใช้งานบัลลาสต์แต่ละชนิดต้องคำนึงถึงคุณลักษณะขณะทำงานของบัลลาสต์ด้วย โดยศึกษาจากเอกสารคู่มือของบัลลาสต์ชนิดนั้นๆให้ถ่องแท้เสียก่อน คุณลักษณะขณะทำงานของบัลลาสต์จะประกอบไปด้วย

2.3.2.1 แรงดัน

ต้องใช้บัลลาสต์ที่มีขนาดพิกัดแรงดันและความถี่ตรงกับแรงดันและความถี่ของระบบ ไม่เช่นนั้นแล้วคุณสมบัติของหลอดจะแตกต่างไปจากที่ผู้ผลิตได้ออกแบบไว้ นอกจากนี้ยังอาจจะทำให้บัลลาสต์เสียหายด้วย

2.3.2.2 ช่วงของแรงดัน

โดยปกติแล้วแรงดันของระบบจะมีค่าเปลี่ยนแปลงจากค่าที่กำหนดพอสมควร เนื่องจากมีแรงดันตกหรือแรงดันเพิ่มดังนั้นเมื่อใช้งานบัลลาสต์จึงต้องทราบก่อนว่าแรงดันของระบบมีช่วงเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใด

2.3.2.3 เพาเวอร์แฟคเตอร์

เราสามารถแบ่งบัลลาสต์ตามค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ออกได้เป็น 2 พวก คือพวกเพสเวอร์แฟคเตอร์ต่ำมีค่าประมาณ 0.5 p.f. lagging และพวกเพาเวอร์แฟคเตอร์สูงตั้งแต่ 0.9 p.f. lagging ขึ้นไป ในการเลือกใช้บัลลาสต์ก็ต้องพิจารณาถึงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ด้วย เพราะถ้าเลือกใช้บัลลาสต์ที่ให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำจะต้องใช้ระบบไฟฟ้าหรือหม้อแปลงขนาดใหญ่กว่าแบบที่ให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์สูง ซึ่งจะมีผลอื่นๆติดตามมาอีก เช่น ใช้ระบบไฟฟ้าได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพมีกำลังงานสูญเสียในระบบสูง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.4 กระแสจุดหลอด

เป็นตัวประกอบที่สำคัญที่ต้องพิจารณาเวลาเลือกใช้บัลลาสต์ด้วยเพราะในการออกแบบไฟฟ้าตั้งแต่การกำหนดขนาดสายสวิตช์และอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ เช่น ฟิวส์ หรือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ อุปกรณ์เหล่านี้จะต้องทำงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย เพราะต้องรับกระแสจุดหลอดซึ่งอาจจะสูงกว่ากระแสทำงาน

2.3.2.5 แรงดันขาเข้ากระตุก (Input Voltage Dip)

คือ ค่าแรงดันที่ตกลงต่ำสุดในทันทีทันใดในช่วงเวลา 4 วินาที แล้วกลับสู่ค่าเดิมก่อนที่หลอดจะดับ แรงดันกระตุกอาจเกิดจากการตัดต่อโหลดขนาดใหญ่ เช่น มอเตอร์หรือการทำงานเป็นจังหวะๆของเครื่องเชื่อมแบบความต้านทาน ในกรณีเช่นนี้ บัลลาสต์ต้องสามารถทำให้หลอดติดอยู่ได้โดยไม่ดับ ถ้าแรงดันกระตุกมีค่าไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดของบัลลาสต์

2.3.2.6 กำลังงานสูญเสีย

กำลังงานสูญเสียของบัลลาสต์เป็นตัวประกอบที่ต้องพิจารณาถึงเพราะเป็นส่วนที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายโดยเปล่าประโยชน์อยู่ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวด

บัลลาสต์ชนิดขดลวดมีโครงสร้างหลักประกอบไปด้วยแกนเหล็ก และ ขดลวดตัวนำ โดยจากการศึกษาถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าพบว่ามีคุณสมบัติตัวเหนี่ยวนำในบทนี้นำเสนอ

- วิธีการในการออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวด
- ทฤษฎีการออกแบบตัวเหนี่ยวนำ
- มาตรฐานอุตสาหกรรมการผลิตบัลลาสต์ชนิดขดลวดสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์
- โครงสร้างที่ใช้ในการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ

3.1 วิธีการในการออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวด

ในการออกแบบตัวเหนี่ยวนำเราจะต้องกำหนดค่าที่เราต้องการดังต่อไปนี้

3.1.1. กระแสที่ต้องการใช้งาน(Current; I)

ทราบได้จากผลการทดสอบบัลลาสต์ตัวอย่าง เพื่อหาค่ากระแสที่จุดปฏิบัติงาน

3.1.2. ความต่างศักย์ที่ใช้งาน (Voltage; V)

ได้จากผลการทดสอบบัลลาสต์ตัวอย่าง เพื่อหาค่ากระแสที่จุดปฏิบัติงาน

3.1.3. ความหนาแน่นกระแสต่อความยาว (Current Density (J), kg/cm)

3.1.4. ความหนาแน่นเส้นแรงเหล็ก (Flux Density (B), Tesla)

3.1.5. ขนาดและชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่จะนำบัลลาสต์ไปใช้งาน

3.2 ขั้นตอนการคำนวณในการออกแบบ

3.2.1หาค่าความเหนี่ยวนำ(Inductance, L)

$$L = \frac{V}{2\pi fi} \qquad (3.1)$$

โดย **V** คือ แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (โวลต์)

π คือ ค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 3.14159

f คือ ความถี่ (เฮิร์ต)

i คือ กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (แอมแปร์)

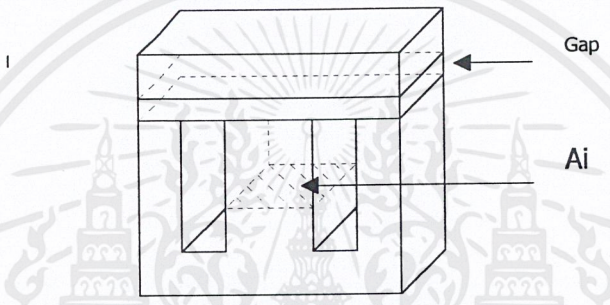
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าพื้นที่หน้าตัด (A_I) โดยนำค่าแรงดัน(V) และค่ากระแส (A) ที่กำหนดมาแทนในสูตร

$$A_I = \frac{\sqrt{(Vi)/2}}{5.58} \qquad (3.2)$$

โดย I_I คือ พื้นที่หน้าตัดแกนเหล็กEI (ตารางนิ้ว)

I คือ กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ(แอมแปร์)



รูปที่ 3.1 โครงสร้างวงจรแม่เหล็ก

3.2.2 นำค่าแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำที่ได้จากข้อ 1. และพื้นที่หน้าตัด (A_I) จากข้อ 2. ไปหาจำนวนรอบของลวดที่ใช้ในการพัน

$$V = 4.44\, fNBA \times 2.54^2 \times 10^{-4} \qquad (3.3)$$

โดย N คือ จำนวนรอบขดลวดที่ใช้พัน (รอบ)

B คือความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (เทสลา)

1. หาขนาดขดลวดที่ใช้ในการพัน (A_W) จากสูตร

$$A_W = \frac{i}{J} \qquad (3.4)$$

โดย J คือ ความหนาแน่นกระแสต่อความยาว(แอมแปร์ / ตร.มม.)

A_W คือ พื้นที่หน้าตัดของลวด(ตร.มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หาค่าพื้นที่หน้าตัดรวมของขดลวด ($A_{W,รวม}$) จากสูตร

$$A_{W,รวม} = N \times A_W \quad (3.5)$$

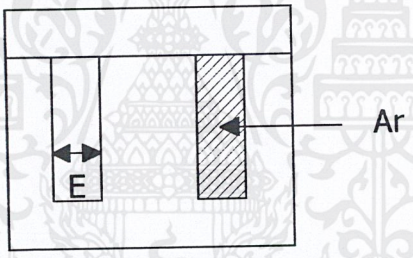
โดย $A_{W,รวม}$ คือพื้นที่หน้าตัดของขดลวดทั้งหมดเมื่อพันจำนวน Nรอบ(Area; mm^2)

3. หาค่าพื้นที่ใช้งานจริงหรือเรียกว่าพื้นที่หน้าต่าง (A_R) จากสูตร

$$A_R = (3E) \times (E) \times 25.4^2 \quad (3.6)$$

โดย A_R คือพื้นที่หน้าต่างของแกนเหล็ก (ตร.มม.)

E คือความกว้างของหน้าต่าง (ตร.มม.)



รูปที่ 3.2 พื้นที่หน้าต่างของแกนเหล็ก

ตรวจสอบพื้นที่หน้าตัดรวมของขดลวด ($A_{W,รวม}$) และพื้นที่ใช้งานจริง (A_R) ว่าสามารถพันลวดลงไปได้หรือไม่จากเงื่อนไข

$$A_{W,รวม} < 0.4 A_W \quad \ldots(3.7)$$

หมายเหตุ หากตรวจสอบแล้วไม่เป็นไปตามเงื่อนไขจะต้องหรับพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก(A_I) โดยที่เราคงที่ขนาดของแกนเหล็ก (2I) และเปลี่ยนความหนาของแกนเหล็กเพิ่มขึ้นแทนแล้วกลับไปคำนวณหาจำนวนรอบ (N) ตามข้อ 3 ใหม่ โดยแทนค่า ($A_{I,ใหม่}$) ในสูตรแทนและทำตามขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หาค่าความกว้างช่องอากาศ (Air gap) รูปที่ (3.2)

$$g = \frac{\mu_0 N^2 A}{2L} \quad \text{....(3.8)}$$

โดย g คือความกว้างช่องอากาศ (เมตร)

μ_0 คือค่าความซึมซาบสนามแม่เหล็ก (Permeability) ของสูญญากาศมีค่าเท่ากับ $4\pi \times 10^{-7}$ H/m

นอกจากนี้ในการออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวดยังต้องคำนึงให้การออกแบบถูกต้องตรงตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 23-2521) เพื่อที่จะให้บัลลาสต์ที่ได้ทำการศึกษาและพัฒนาขึ้นเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป

3.3 มาตรฐานการสร้างบัลลาสต์ชนิดขดลวดตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 23-2521)

การสร้างบัลลาสต์ชนิดขดลวดสำหรับทางเชิงอุตสาหกรรมจะมีข้อกำหนดเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติในการทำงานของบัลลาสต์ชนิดขดลวดให้เป็นไปได้ตามมาตรฐานเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือในตัวผลิตภัณฑ์

สำหรับมาตรฐานในการทดสอบบัลลาสต์ชนิดขดลวดที่ใช้สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์แบ่งเป็น 2 ประเภทหลักคือ

1. การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของบัลลาสต์ชนิดขดลวด ได้แก่
   - ค่ากระแสสอบเทียบ (calibration current)
   - แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วหลอด
   - ลักษณะของรูปคลื่นของกระแสผ่านหลอด
   - ส่วนประกอบ (auxiliaries) เช่น คาปาซิเตอร์
   - การป้องกันไฟฟ้าช็อก
   - สายนำของบัลลาสต์
   - การรั่วของกระแสไฟฟ้า
   - การต่อลงดิน
   - การป้องกันอิทธิพลจากสารแม่เหล็ก
2. การทดสอบคุณสมบัติทางกลของบัลลาสต์ชนิดขดลวด
   - การทนทานต่อความร้อนของขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขีดจำกัดความร้อนของบัลลาสต์
- การจับยึด หมุดเกลียวและแป้นเกลียว
- ระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศ
- ความทนทานต่อการผุกร่อน
- การทำเครื่องหมาย

ในการทดสอบสำหรับการออกแบบหาจุดดุลยภาพได้พิจารณาจากมาตรฐานโดยเลือกทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอันได้แก่

ค่ากระแสสอบเทียบ (Calibration Current) เป็นค่ากระแสที่ใช้เทียบกับกระแสอ้างอิงของบัลลาสต์อ้างอิง ซึ่งค่ากระแสที่ได้ต้องเป็นไปตามค่ากระแสสอบเทียบ

ตารางที่3.1 แบบของหลอดและคุณลักษณะของบัลลาสต์อ้างอิง ความถี่ 50 เฮิร์ทซ์

กำลังไฟฟ้าที่กำหนดของหลอดวัตต์	คุณลักษณะของบัลลาสต์อ้างอิง			
	แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด โวลต์	กระแสสอบเทียบ แอมแปร์	อัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้า โอห์ม	เพาเวอร์แฟกเตอร์
20	127	0.37	270	0.12
40	220	0.43	390	0.10

ลักษณะคลื่นของกระแสผ่านหลอด

ที่สภาวะคงที่ต้องมีลักษณะคลื่นของกระแสผ่านหลอดมีครึ่งวัฏจักรที่ติดต่อกัน เมื่อดูลูกคลื่นด้วยเครื่องออสซิลโลสโคปต้องมีรูปคลื่นอย่างเดียวกัน และ ต้องมีค่าพีกเท่ากัน หรือ แตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 5

การทดสอบขีดจำกัดทางความร้อน

ทดสอบบัลลาสต์ในห้องที่ไม่มีพัดลม ควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 23 ถึง 27 องศาเซลเซียส โดยขณะทดสอบอุณหภูมิต้องไม่เปลี่ยนแปลงเกิน 1 องศา

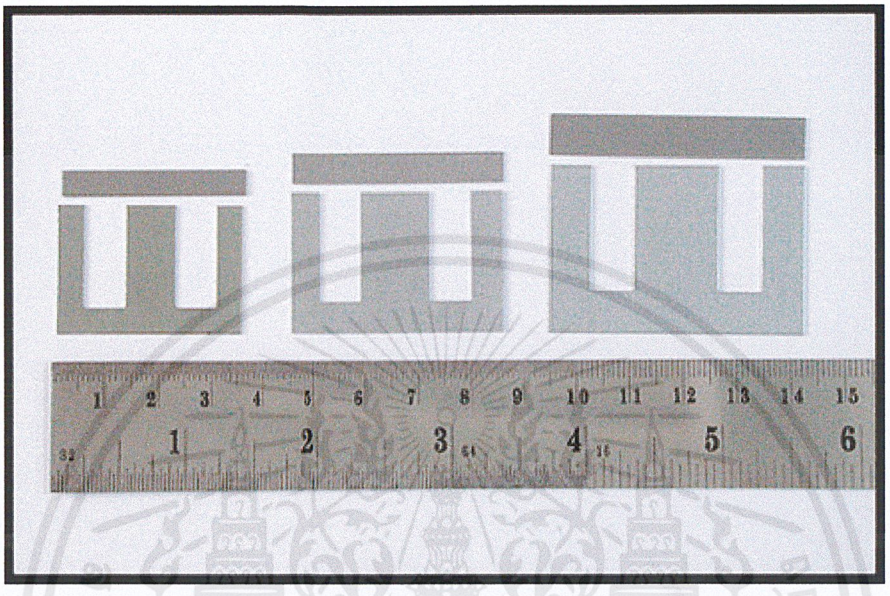
การทดสอบต้องมีกระแสที่ไหลผ่านหลอดมีค่าแตกต่างจากกระแสผ่านหลอดอ้างอิงได้ไม่เกินร้อยละ 2.5 ทดสอบจนถึงอุณหภูมิสูงสุด จัดวางอุปกรณ์เหมือนใช้งานภาวะปรกติไม่ให้ความร้อนหลอดรบกวนบัลลาสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วัสดุที่ใช้ในการสร้างบัลลาสต์ต้นแบบ

วัสดุที่ใช้ในการสร้างบัลลาสต์ต้นแบบแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

1. แกนเหล็ก ใช้แกนเหล็ก EI – S23 เบอร์ต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.3



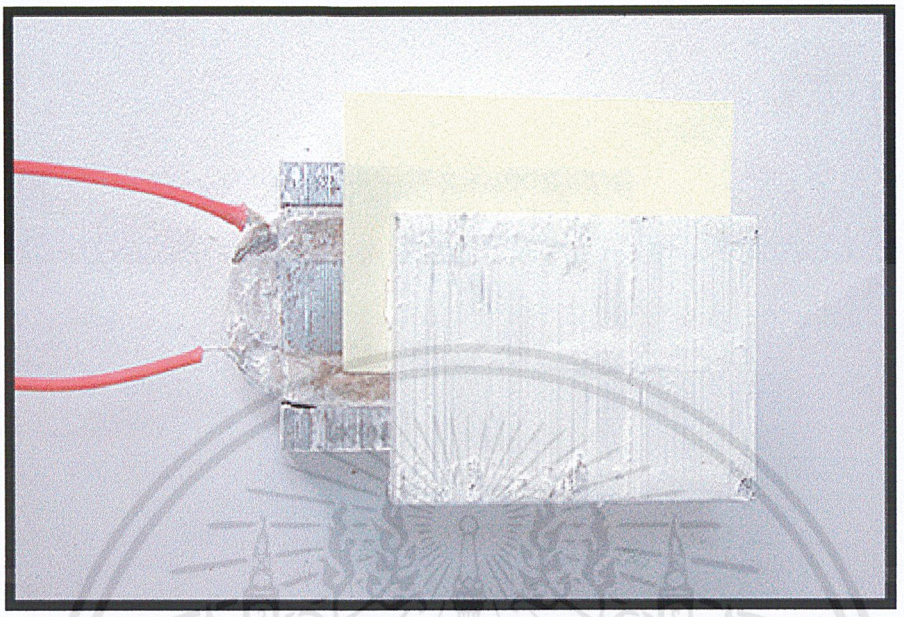
รูปที่ 3.3 แกนเหล็ก EI-S 23 เบอร์ต่างๆ

2. ขดลวด ใช้ขดลวดทองแดงในการพันขดลวดของบัลลาสต์ต้นแบบ แสดงดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 ขดลวดทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ช่องอากาศ ใช้กระดาษความหนาต่างๆกันเป็นตัวคั่นระหว่างแกน I และ แกน E เพื่อเป็นตัวกำหนดขนาดของช่องอากาศ การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เป็นบัลลาสต์ต้นแบบแสดงดังรูปที่ 3.5

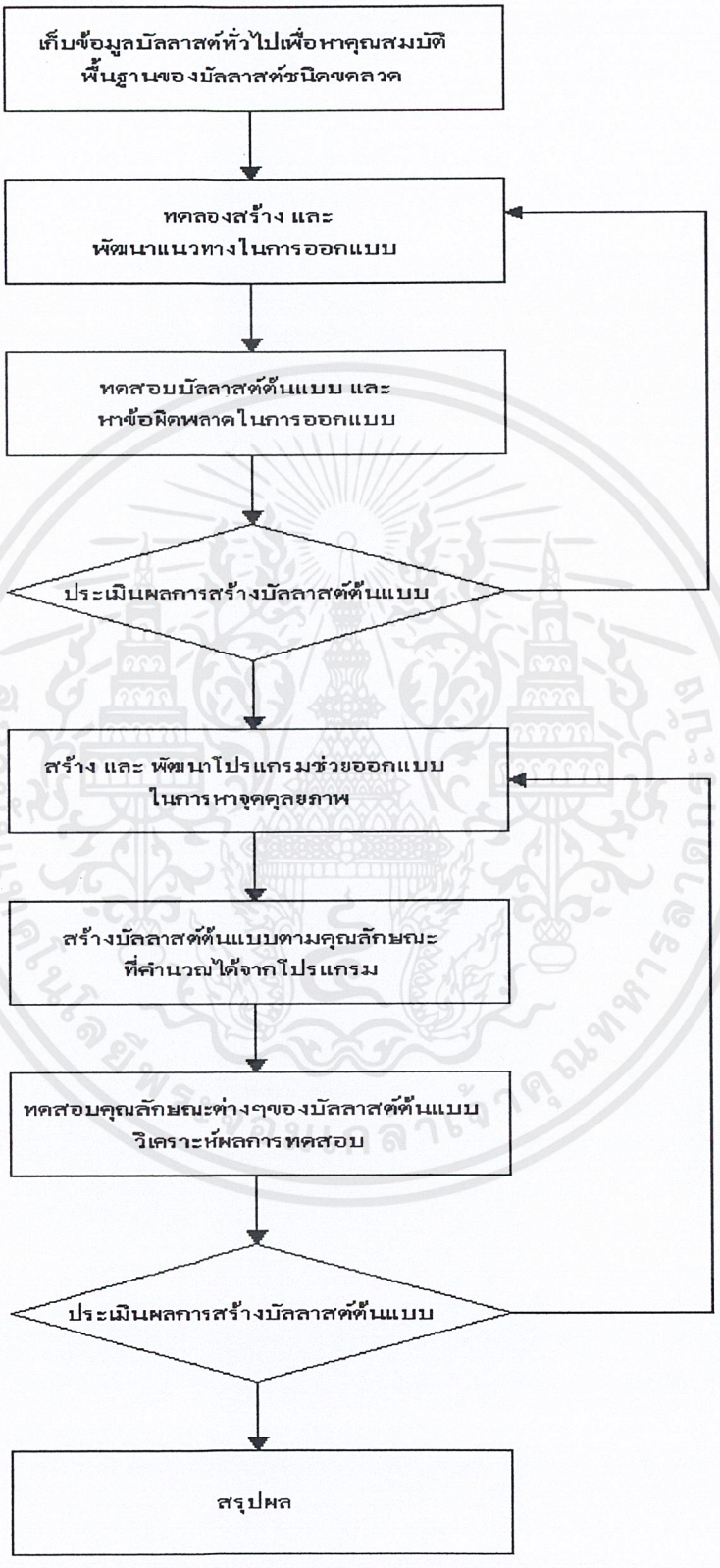


รูปที่ 3.5 การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เป็นบัลลาสต์ต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.5 ขั้นตอนการออกแบบ และสร้างบัลลาสต์ต้นแบบ



รูปที่ 3.6 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการออกแบบ และสร้างบัลลาสต์ต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45939

บทที่ 4
ทฤษฎีการหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด

บนโลกใบนี้ไม่มีสิ่งใดที่จะถึงพร้อมได้ในที่สุดของทุกๆ ด้าน เราสามารถสร้างสิ่งที่ดีที่สุดได้ในด้านหนึ่ง แต่อีกด้านหนึ่งอาจจะด้อยมากถึงแย่ไปเลยก็ได้

การหาจุดดุลยภาพ (Optimization) คือแนวคิดอย่างหนึ่งที่นำมาใช้เพื่อเข้าถึงความสมบูรณ์ที่ไม่ใช่ที่สุดเพียงด้านเดียว หากแต่ทำให้ความต้องการในสิ่งที่เราพิจารณา หรือ ให้ความสนใจมีค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีโดยสม่ำเสมอในด้านต่างๆ ที่เราให้ความสนใจ

4.1 กระบวนการหาจุดดุลยภาพ (Optimization Method)

การหาจุดดุลยภาพโดยทั่วไปมี 2 วิธีหลักใหญ่ คือ

4.1.1 การหาจุดดุลยภาพแบบมีเงื่อนไข(Constrainted Optimization) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้มากในความเป็นจริงอันเนื่องจาก โดยธรรมชาติแล้วทุกสิ่งทุกอย่างย่อมมีเงื่อนไข มีขอบเขตมีข้อจำกัด ซึ่งจำเป็นต้องสร้างฟังก์ชัน 2 ประเภทดังนี้

4.1.1.1 ฟังก์ชันจุดประสงค์(Objective Functions) คือฟังก์ชันที่สร้างขึ้นแทนค่าที่เราให้ความสนใจ หรือ พิจารณามีได้มากกว่าหนึ่งฟังก์ชัน ฟังก์ชันนี้จะเป็นฟังก์ชันที่จะใช้ตัดสินและเลือกใช้โดยต้องมีพารามิเตอร์สอดคล้องกับฟังก์ชันขอบเขต

4.1.1.2 สมการเงื่อนไขขอบเขต(Constraint Equations) คือฟังก์ชันที่ใช้กำหนดขอบเขต เงื่อนไข โดยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ต้องอยู่ภายใต้ เงื่อนไขดังกล่าว แบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ

1) สมการเงื่อนไข(Equality Constraint Equations) โดยพารามิเตอร์ทุกตัวจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขในรูปแบบของสมการ

2) ฟังก์ชันขอบเขตแบบไม่เท่ากัน(Inequality Constraint Equations) เป็นฟังก์ชันขอบเขตมีรูปแบบเป็นแบบอสมการทั้งแบบเปิดและแบบปิด มีขอบเขตเป็นช่วง

4.1.2 การหาจุดดุลยภาพแบบไม่มีเงื่อนไข(Unconstrainted Optimization) เป็นการหาจุดดุลยภาพโดยพิจารณาค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ตลอดช่วงทุกค่าของพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด

การหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวดได้เลือกใช้กระบวนการหาจุดดุลยภาพแบบมีขอบเขต (Constrainted Optimization) โดยใช้วิธี Exhuastive Enumerical คือการนำค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดที่สอดคล้องกับสมการเงื่อนไขขอบเขต (Constraint Equations) นำมาใช้หาค่าในฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Functions) ที่ต้องการและพิจารณาเลือกค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด และเนื่องจากในส่วนฟังก์ชันจุดประสงค์ที่พิจารณานั้นไม่สามารถที่จะวิเคราะห์เป็นฟังก์ชันที่คงที่ได้

4.3 ฟังก์ชันจุดประสงค์ของการออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวด

การผลิตบัลลาสต์ชนิดขดลวดมีข้อได้เปรียบในด้านราคาและความทนทานแต่มีน้ำหนักมาก ประสิทธิภาพต่ำ จึงได้มีแนวคิดที่จะออกแบบในการแก้จุดด้อยด้านประสิทธิภาพ โดยพิจารณาจากค่า ประสิทธิภาพต่อราคาซึ่งในเบื้องต้นนี้ถือว่าราคากับน้ำหนักแปรผันตรงกันหากราคามากน้ำหนักก็มากด้วย จึงได้วิเคราะห์ออกเป็นฟังก์ชันจุดประสงค์ได้ดังนี้

4.3.1 ฟังก์ชันประสิทธิภาพ (Efficiency Function)

โดยฟังก์ชันที่ได้เป็นดังนี้

$$efficiency(\eta) = \frac{W_{LAMP}}{W_{LAMP} + P_{LOSS}} \qquad (4.1)$$

โดย

W_{lamp} คือ กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ (วัตต์)

P_{loss} คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียในบัลลาสต์ (วัตต์)

1) กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าใช้เป็นค่าคงที่เท่ากับพิกัดของหลอดโดยออกแบบให้ทำงานที่พิกัดกระแสไฟฟ้า (ในการออกแบบนี้ได้กำหนดใช้กับหลอดขนาด 18 และ 36 วัตต์)

2) กำลังไฟฟ้าสูญเสียในบัลลาสต์ ประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่

2.1) กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

- *กำลังสูญเสียในวงฮิสเทอรีซีส* (Hysteresis Loss)

$$P_h = K_h f B^n W \qquad (4.2)$$

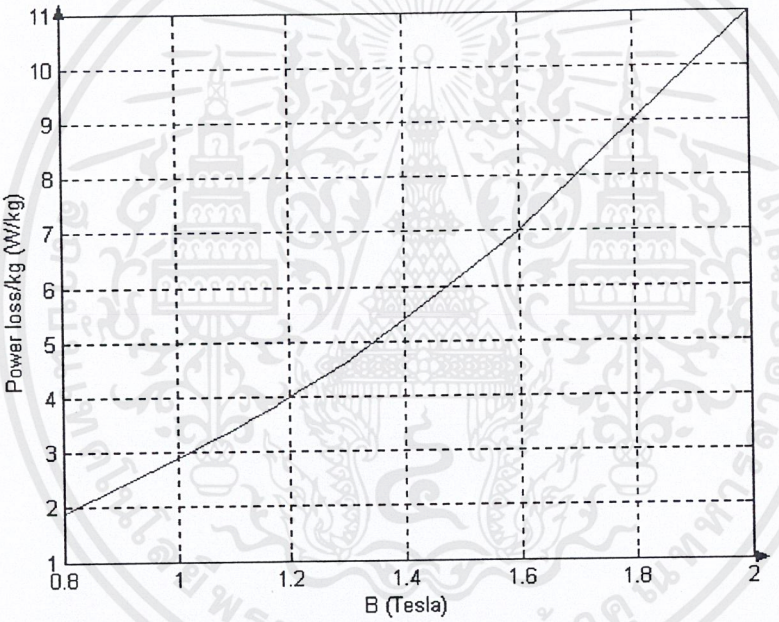
จาก first order approximation ได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_h = P_w(B)W \tag{4.3}$$

โดย

P_h	คือ กำลังสูญเสียจากวงฮิสเทอริซิส	(วัตต์)
K_h,m	คือ ค่าคงที่ตามชนิดของสารแกนเหล็ก	
f	คือ ความถี่ไฟฟ้า	(เฮิร์ทซ์)
B	คือ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก	(เทสลา)
P_w(B)	คือ ค่ากำลังสูญเสียฮิสเทอริซิสต่อกิโลกรัม แปรตามค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก	(วัตต์ต่อกิโลกรัม)
W	คือ น้ำหนักแกนเหล็ก	(กิโลกรัม)



รูปที่ 4.1 กำลังสูญเสียในแกนเหล็กต่อกิโลกรัมเทียบกับค่าความหนาแน่นฟลักซ์

-กำลังสูญเสียจากกระแสไหลวน (Eddy Current Loss)

$$P_e = K_e f^2 B^2 W \tag{4.4}$$

โดย

Pe	คือ	กำลังสูญเสียจากกระแสไหลวน	(วัตต์)
K_e	คือ	ค่าคงที่ตามชนิดของสารแกนเหล็ก	
f	คือ	ความถี่ไฟฟ้า	(เฮิร์ทซ์)
B	คือ	ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก	(เทสลา)
W	คือ	น้ำหนักแกนเหล็ก	(กิโลกรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบนี้ใช้แกนเหล็กแบบซอยแผ่น (Laminated) ซึ่งลดผลกำลังสูญเสียจากกระแสไหลวนได้ ดังนั้น กำลังสูญเสียในแกนเหล็กจะเกิดจากกำลังสูญเสียในวงฮิสเทอรีซิสเป็นส่วนใหญ่

$$P_{core} = P_h = P_W(B)W \tag{4.5}$$

2.2) กำลังสูญเสียในขดลวด (Copper Loss)

เกิดจากค่าความต้านทานภายในขดลวดที่ใช้พันขึ้นอยู่กับขนาดของขดลวด และความยาวของขดลวด

$$P_{WIRE} = I^2 R \tag{4.6}$$

$$R = \rho_L NMLT \tag{4.7}$$

โดย

P_{wire}	คือ	กำลังสูญเสียในขดลวด	(วัตต์)
I	คือ	ค่ากระแส	(แอมแปร์)
p_L	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานเชิงความยาว	(โอห์มต่อเมตร)
N	คือ	จำนวนรอบ	(รอบ)
MLT	คือ	ความยาวเฉลี่ยของขดลวดต่อรอบ	(เมตรต่อรอบ)

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิความต้านทานเชิงความยาวลวดเบอร์ต่างๆ

เบอร์ลวด (AWG)	25	26	27	28	29
ความต้านทานเชิงความยาว (โอห์มต่อเมตร)	0.1062	0.1345	0.1688	0.2143	0.2664
เบอร์ลวด (AWG)	30	31	32	33	34
ความต้านทานเชิงความยาว (โอห์มต่อเมตร)	0.3402	0.4295	0.5315	0.6749	0.8573

2.3) กำลังสูญเสียในช่องอากาศ (Gap Loss)

เกิดจากความต้านทานเชิงแม่เหล็ก และ การโก่งตัวของฟลักซ์ (fringing flux) กำลังไฟฟ้าสูญเสียในช่องอากาศคือ

$$P_{gap} = K_i EgfB^2 \tag{4.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย

P_{gap}	คือ	กำลังสูญเสียในช่องอากาศ	(วัตต์)
K_i	คือ	สัมประสิทธิ์ค่าความสูญเสียในช่องอากาศ	
E	คือ	ความกว้างแกนกลางตัว E	(เซนติเมตร)
g	คือ	ความกว้างของช่องอากาศ	(เซนติเมตร)
f	คือ	ความถี่ไฟฟ้า	(เฮิร์ทซ์)
B	คือ	ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก	(เทสลา)

ตารางที่ 4.2 สัมประสิทธิ์ค่าความสูญเสียในช่องอากาศ

Configuration	Ki
Two-coil C core	0.0388
Single-coil C core	0.0775
Lamination	0.1550

4.3.2 ฟังก์ชันน้ำหนักของบัลลาสต์ (Weight Function)

น้ำหนักสำหรับส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตบัลลาสต์แม่เหล็กซึ่งประกอบด้วย

1) น้ำหนักแกนเหล็ก

น้ำหนักของแกนเหล็กจะเป็นไปตามมิติและขนาดที่ใช้ออกแบบ

$$W_c = \frac{W_{c/sheet} D}{t} \qquad (4.9)$$

โดย

W_c	=	น้ำหนักของแกนเหล็ก	(กิโลกรัม)
$W_{c/sheet}$	=	น้ำหนักของแกนเหล็กต่อแผ่น	(กิโลกรัม/แผ่น)

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลน้ำหนักต่อจำนวนแผ่นแกนเหล็กแต่ละขนาด

ขนาดของแกนเหล็ก	EI35	EI41	EI43	EI45	EI48
น้ำหนักต่อแผ่น (กิโลกรัมต่อแผ่น)	0.0028	0.0040	0.0045	0.0050	0.0060

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D = ความยาวของแกนบัลลาสต์ (เมตร)

t = ความหนาต่อแผ่น (0.5 มิลลิเมตร/แผ่น) (เมตร/แผ่น)

2) น้ำหนักขดลวด

น้ำหนักของขดลวดคิดได้จาก ขนาดลวด ความยาวลวด และ ชนิดของลวด

$$W_w = W_{w/m} N(2D + 0.8E) \quad (4.10)$$

โดย

W_w = น้ำหนักของขดลวด (กิโลกรัม)

$W_{w/m}$ = น้ำหนักของขดลวดต่อความยาว (กิโลกรัม/เมตร)

N = จำนวนรอบ (รอบ)

D = ความยาวของแกนบัลลาสต์ (เมตร)

E = ขนาดของแกนบัลลาสต์ (เมตร)

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลน้ำหนักต่อความยาวของขดลวดเบอร์ต่างๆที่ใช้ในการออกแบบ

เบอร์ลวด (AWG)	25	26	27	28	29
น้ำหนักต่อความยาว (กิโลกรัมต่อเมตร)	0.001498	0.001185	0.000945	0.000747	0.000602
เบอร์ลวด (AWG)	30	31	32	33	34
น้ำหนักต่อความยาว (กิโลกรัมต่อเมตร)	0.000472	0.000372	0.000305	0.00025	0.000186

3) น้ำหนักช่องว่างอากาศ

น้ำหนักของช่องอากาศที่ใช้ในการออกแบบมีค่าน้อยมากจนไม่คำนึงถึง

4.3.3 ฟังก์ชันราคาของบัลลาสต์ชนิดขดลวด (Cost Function)

ราคาขึ้นกับส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตบัลลาสต์แม่เหล็กซึ่งประกอบด้วย

1) ราคาแกนเหล็ก

ราคาของแกนเหล็กคิดตามน้ำหนักและขนาดที่ใช้ทำแกนเหล็ก

$$C_c = W_c \times C_{c/kg} \quad (4.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย

C_c	=	ราคาแกนเหล็ก	(บาท)
$C_{c/kg}$	=	ราคาแกนเหล็กต่อน้ำหนัก	(บาท/กิโลกรัม)
W_c	=	น้ำหนักของแกนเหล็ก	(กิโลกรัม)

ตารางที่ 4.5 ราคาแกนเหล็กต่อน้ำหนักในแกนขนาดต่างๆ

ขนาดของแกนเหล็ก	EI35	EI41	EI43	EI45	EI48
ราคาต่อน้ำหนัก* (บาทต่อกิโลกรัม)	48	41	39	38	37

2) ราคาขดลวด

ราคาของขดลวดคิดตามน้ำหนัก ขนาดลวด ความยาวลวด และ ชนิดของลวด

$$C_w = W_w \times C_{w/kg} \qquad (4.11)$$

โดย

C_w	=	ราคาขดลวด	(บาท)
$C_{w/kg}$	=	ราคาขดลวดต่อน้ำหนัก	(บาท/กิโลกรัม)
W_w	=	น้ำหนักของขดลวด	(กิโลกรัม)

ตารางที่ 4.6 ราคาขดลวดต่อน้ำหนักในขดลวดเบอร์ต่างๆ

เบอร์ลวด (AWG)	25	26	27	28	29
ราคาขดลวดต่อน้ำหนัก (บาท/กิโลกรัม)*	133	133	134	134	135
เบอร์ลวด (AWG)	30	31	32	33	34
ราคาขดลวดต่อน้ำหนัก (บาท/กิโลกรัม)*	139	139	140	140	141

* ราคาอ้างอิงจากร้านกรุงธนวิทยุวันที่ 20 สิงหาคม พ.ศ. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ช่องว่างอากาศ

จากการออกแบบด้วยแกน E I ใช้วัสดุที่มีค่าซึมซาบทางแม่เหล็กต่ำใช้แทนช่องอากาศเพื่อช่วยแก้ปัญหาในด้านโครงสร้างซึ่งไม่คิดด้านค่าใช้จ่าย

4.4 สมการเงื่อนไข (Equality Constraint Equations)

บัลลาสต์ชนิดขดลวดทำงานโดยวิเคราะห์ได้ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

1) หาจำนวนรอบด้วยกฎของฟาราเดย์จากสมการ (3.3)

$$E = 4.44\, fNBA_c$$

$$N = \frac{E}{4.44\, fBA_c} \qquad (4.12)$$

2) ความสัมพันธ์ของค่าความเหนี่ยวนำจากสมการ (3.1)

$$L = \frac{V}{2\pi fi}$$

3) การหาค่าช่องอากาศจากสมการ (3.8)

$$g = \frac{\mu_0 N^2 A_c}{2L}$$

4.5 สมการขอบเขต (Inequality Constraint Equations)

ขอบเขตที่กำหนดในการสร้างบัลลาสต์ขดลวดมีดังนี้

1) เงื่อนไขการพันลง

จาก (3.5)

$$NA_w \leq F_s A_{window}$$

จาก (3.6) และ (4.12)

$$\frac{VA_w}{4.44\, fBA_c} \leq 3F_s E^2 \times 10^{-6}$$

$$VA_w \leq 13.32\, fA_c BE^2 F_s \qquad (4.12)$$

2) เงื่อนไขขนาดช่องอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดช่องอากาศถูกกำหนดด้วยขอบเขตล่างคือค่าช่องว่างอากาศต่ำสุดที่สามารถทำได้คือ 0.1 มิลลิเมตร และ ค่าขอบเขตบนกำหนดไว้ที่ 10 เปอร์เซนต์ของขนาดแกน E เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสภาพที่ฟลักซ์แม่เหล็กไม่วิ่งผ่านแกน I

$$0.1mm \leq \quad g \quad \leq 0.1E \tag{4.13}$$

จาก (3.8) ได้

$$0.1mm \leq \quad \frac{N^2 \mu_o A_c}{2L} \quad \leq 0.1E \tag{4.14}$$

จาก (4.12) และ (3.1) แทนลงใน (4.14)

$$0.1mm \leq \quad \frac{\mu_o Vi}{2\pi f B^2 A_c} \quad \leq 0.1 \tag{4.15}$$

$$1 \leq \quad \frac{10000\,\mu_o Vi}{2\pi f B^2 A_c} \quad \leq 1000E \tag{4.16}$$

3) ขอบเขตค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก

บัลลาสต์ชนิดขดลวดแบบมีแกนอากาศที่ใช้ในการออกแบบจุดดุลยภาพถูกกำหนดให้ค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กอยู่ในช่วงความเป็นเชิงเส้น

$$0.8 \leq \quad B \quad \leq 1.5 \tag{4.17}$$

4) ขอบเขตค่าความหนาแน่นกระแส จากสมการ (3.4)

$$A_W \quad \geq \quad \frac{i}{J}$$

4.6 การพิจารณาหาจุดที่เหมาะสมในการออกแบบ (optimizing consideration)

ในขั้นต้นนี้ได้ทำการออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวดด้วยการนำค่าความเป็นไปได้ทั้งหมดที่คำนวณได้ในฟังก์ชันจุดประสงค์นำไปใช้พิจารณา โดยพิจารณาจากค่าน้อยที่สุดของอัตราส่วนของราคาที่ใช้ในการผลิตกับค่าประสิทธิภาพ โดยในการพัฒนาต่อไปควรจะทำให้สามารถพิจารณาได้ด้วยการถ่วงน้ำหนักความต้องการในฟังก์ชันจุดประสงค์ เพื่อช่วยในกระบวนการเศรษฐศาสตร์เชิงอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
โปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด

เนื่องจากการหลักการของการคำนวณหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด คือ การนำค่าตัวแปรต่างๆ ในช่วงขอบเขตที่เป็นไปได้มาทำการปรับเปลี่ยนข้อมูลไปทีละชุด เพื่อทำหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดแล้วนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดและชุดของตัวแปรที่ใช้เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เป็นสาเหตุให้ขั้นตอนของการคำนวณมีความสลับซับซ้อนเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึงถูกนำมาใช้เพื่อช่วยลดข้อผิดพลาดและเวลาที่ใช้ในการคำนวณ โดยได้มีการพัฒนาโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ขึ้นซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อให้เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวดได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมุ่งเน้นให้มีความง่ายในการใช้งาน และมีความถูกต้องในการออกแบบ

5.1 หลักการที่ใช้ในการคำนวณ

หลักการคำนวณที่นำมาใช้ในโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวดได้อ้างอิงจากสมการการคำนวณต่างๆที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 และบทที่ 4 แต่เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาในทุกๆค่าที่เป็นไปได้จึงต้องทำการคำนวณแบบวงรอบ โดยทำการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรจำนวน 3 ค่าคือ

- ขนาดพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก

  โดยกำหนดให้ขนาดพื้นที่หน้าตัดปรับเปลี่ยนอยู่ในช่วง 4.0 ตารางมิลลิเมตร ถึง 9.0 ตารางมิลลิเมตร เนื่องจากเป็นช่วงที่มีความเป็นไปได้สูงสุดที่จะสามารถผลิตบัลลาสต์ชนิดขดลวดได้ โดยอาศัยข้อมูลจากการทดลองผลิตบัลลาสต์ชนิดขดลวดแล้วเก็บผล จึงสามารถกำหนดช่วงของพื้นที่หน้าตัดแกนเหล็กขึ้นมาได้

- ขนาดของแกนเหล็ก EI-S23 หมายเลขต่างๆ

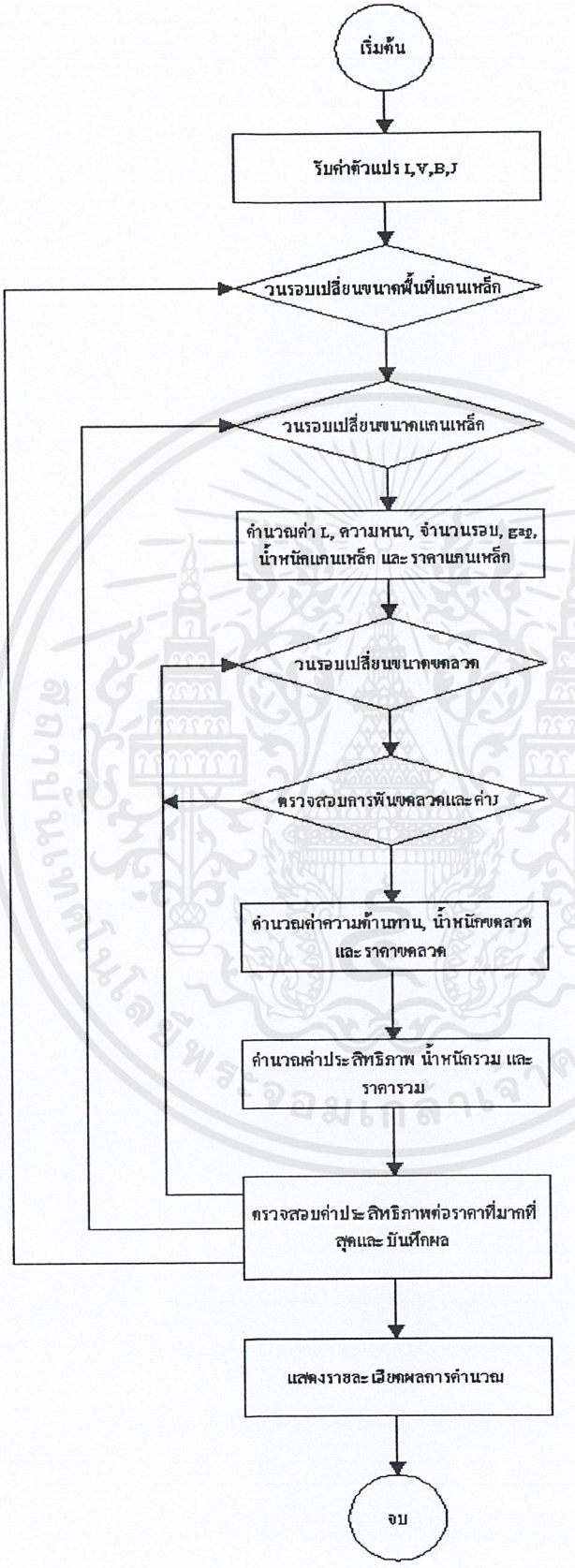
  โดยกำหนดให้ใช้ขนาดแกนเหล็กจำนวน 3 ขนาด คือ แกนเหล็กหมายเลข 35, 41 และ 48 ดังรูปที่ 3.3 เนื่องจากเป็นขนาดที่สามารถจะบรรจุลงในรางสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดได้

- ขนาดขดลวดทองแดง

  โดยกำหนดให้ใช้ขนาดลวดทองแดง หมายเลข 25 – 34 เนื่องจากเป็นขนาดที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไปและยังมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาผลิตเป็นบัลลาสต์ชนิดขดลวด

โดยมีหลักการการวนจำนวนรอบของโปรแกรม ดังรูปที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



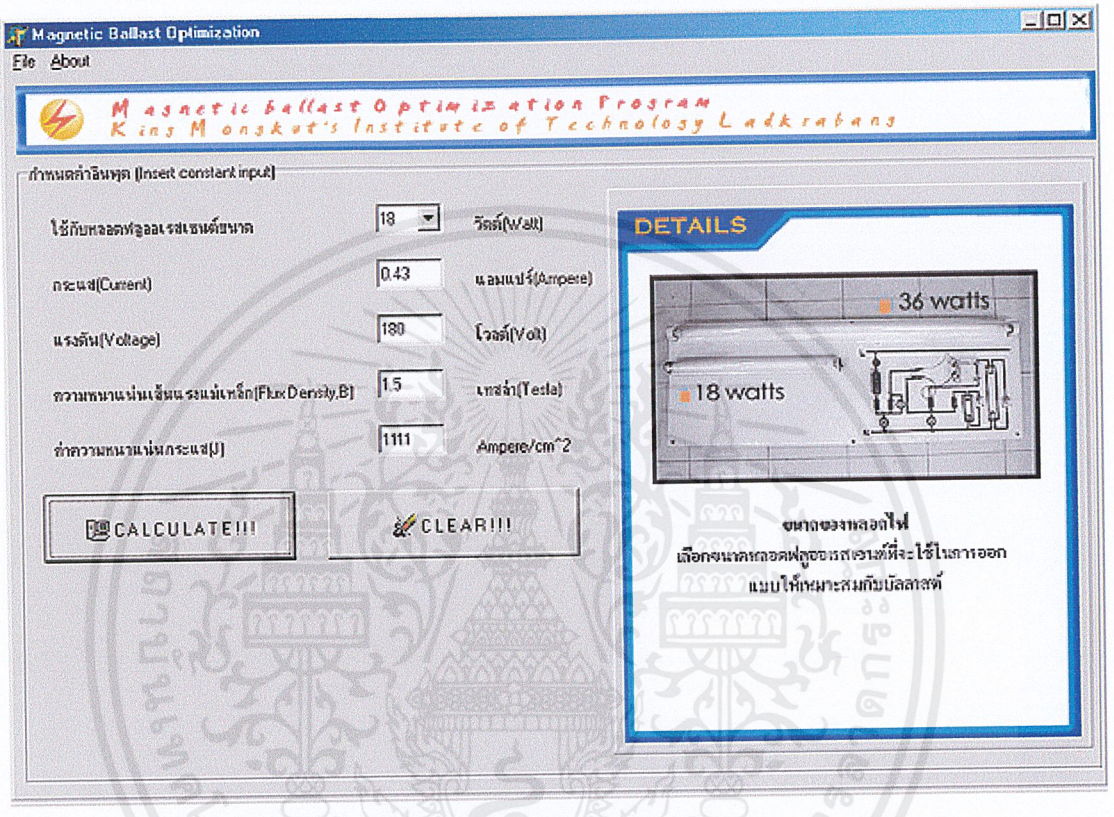
รูปที่ 5.1 แผนภาพวิธีการคำนวณของโปรแกรมช่วยในการคำนวณ
หาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 โครงสร้างและขอบเขตของโปรแกรมช่วยในการหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด

โครงสร้างของโปรแกรมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

ส่วนรับค่าตัวแปร



รูปที่ 5.2 ส่วนรับข้อมูลค่าตัวแปรของโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด

เป็นส่วนของโปรแกรมที่ใช้สำหรับ รับค่าตัวแปรต่างๆตามที่ผู้ใช้กำหนด เพื่อนำไปทำการคำนวณ โดยจะทำการรับค่าตัวแปรจำนวน 5 ชนิดคือ

- กำลังงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์
  กำหนดให้ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ หรือ 36 วัตต์
- ค่ากระแสไฟฟ้าผ่านหลอดที่ต้องการ
  สำหรับบัลลาสต์ที่ใช้กับหลอดขนาด 36 วัตต์ควรมีค่า 0.43 แอมแปร์ และ สำหรับหลอด 18 วัตต์มีค่า 0.37 แอมแปร์ โดยค่าที่ได้นั้นมาจากการทดลองในบทที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมบัลลาสต์

  สำหรับบัลลาสต์ที่ใช้กับหลอดขนาด 36 วัตต์มี 180 โวลต์ และ สำหรับหลอด 18 วัตต์มีค่า 205 โวลต์ โดยค่าที่ได้นั้นมาจากการทดลองในบทที่ 6

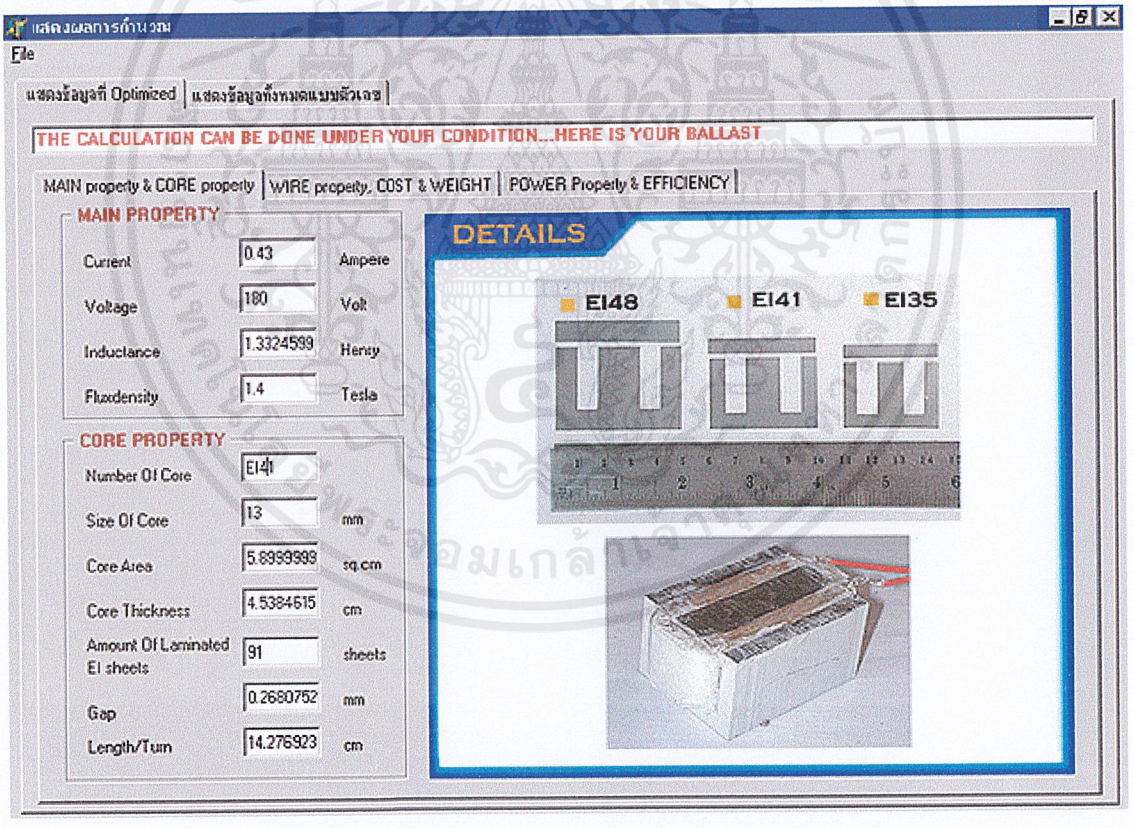
- ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก

  กำหนดให้ใช้ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก ในช่วงการทำงานแบบเชิงเส้นซึ่งจะไม่ทำให้แกนเหล็กเกิดการอิ่มตัว มีค่าในช่วง 0.8-1.5 เทสลา

- ค่าความหนาแน่นกระแส

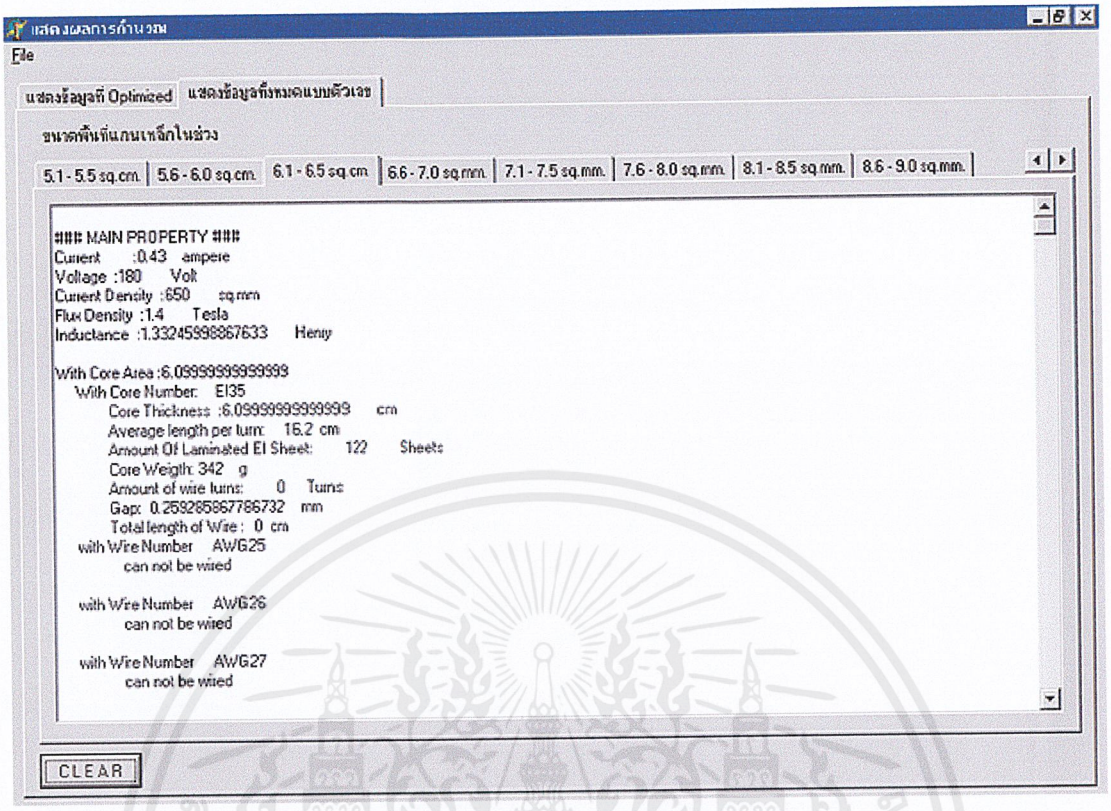
  เลือกใช้ค่าที่เหมาะสมที่ไม่ทำให้อุณหภูมิขึ้นสูงเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด โดยที่ค่าความหนาแน่นกระแสมีค่าแปรผันตรงกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของบัลลาสต์ขณะใช้งานจริง โดยใช้ค่าประมาณ 600 ถึง 700 แอมแปร์ / ตารางเซนติเมตร

ส่วนแสดงผล



รูปที่ 5.3 ส่วนแสดงผลของโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด แบบแสดงข้อมูลที่จุดดุลยภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 ส่วนแสดงผลของโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดดุลยภาพ
ของบัลลาสต์ชนิดขดลวด แบบแสดงข้อมูลทุกค่าที่คำนวณ

เป็นส่วนของโปรแกรมที่ใช้สำหรับการแสดงผลการคำนวณ โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถแสดงผลออกมาได้ 2 รูปแบบ คือ

- แสดงข้อมูลในการออกแบบ และคุณสมบัติที่จุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวดภายใต้เงื่อนไขการออกแบบนั้นๆ
- แสดงข้อมูลที่ได้จากการคำนวณทั้งหมดที่ยังไม่ได้เปรียบเทียบหาจุดดุลยภาพ ทั้งที่ สามารถผลิตเป็นบัลลาสต์ชนิดขดลวดได้ และที่ไม่สามารถผลิตได้จริงเนื่องจากจำนวนรอบในการพันนั้นมากเกินไปจนไม่สามารถใส่ลงในช่องหน้าต่างของแกนเหล็กได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด

ในการพัฒนาโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวดได้มี การแก้ไขปรับปรุงเพื่อลดข้อผิดพลาดที่ได้พบหลังจากการทดลองสร้างบัลลาสต์ต้นแบบ และทำการทดสอบการใช้งานจริง ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนออกได้เป็นขั้นใหญ่ๆ 3 ขั้นคือ

ขั้นที่ 1 รับค่าตัวแปรเป็นค่ากระแส (I) และค่าความเหนี่ยวนำ (L) โดยทำการปรับเปลี่ยนค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (B) ในการทำงานแบบวงรอบ

สามารถนำผลการคำนวณของโปรแกรมในขั้นนี้ไปผลิตเป็นบัลลาสต์ชนิดขดลวด และใช้งานได้จริง แต่หลังจากที่นำมาทดสอบพบว่า ค่าความเหนี่ยวนำที่ได้จากการวัดค่าจริง แล้วทำการคำนวณกลับมีค่าที่คลาดเคลื่อนจากที่คำนวณได้จากโปรแกรม และค่าแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมไม่ถูกต้องตรงกับค่าที่วัดได้จากการใช้งานจริง จากการทดสอบเก็บคุณสมบัติทางไฟฟ้าในบทที่ 6 ทำให้เราทราบว่าแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์จะอยู่ในช่วง 175-180 โวลต์ แต่โปรแกรมคำนวณออกมาได้แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ในช่วง 135-140 โวลต์ เนื่องจากการคำนวณของโปรแกรมนั้นใช้การใส่ค่าแรงดันคร่อมบัลลาสต์แล้วนำไปคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำ ดังสมการที่ (3.1)

$$V=2pfLI$$

ซึ่งเป็นการยุ่งยากในที่จะเลือกใช้ค่าความเหนี่ยวนำที่เหมาะสม ดังนั้นจึงก่อให้เกิดแนวคิดที่ จะพัฒนาโปรแกรมให้มีความถูกต้องมากขึ้นต่อไป

หมายเหตุ บัลลาสต์ต้นแบบที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมขั้นที่ 1 คือ บัลลาสต์ต้นแบบ 2/1 ถึง 2/5

ขั้นที่ 2 รับค่าตัวแปรเป็นค่ากระแส (I) และค่าแรงดัน (V) โดยทำการปรับเปลี่ยนค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (B) ในการทำงานแบบวงรอบ

จากโปรแกรมขั้นที่ 1 ได้ทำการแก้ไขเพื่อให้เกิดความถูกต้องมากขึ้นโดยการเปลี่ยนจากการรับค่าอินพุตเป็นค่าความเหนี่ยวนำ แล้วคำนวณหาค่าแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ เป็นการรับค่าแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์แล้วไปคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำแทน จากสมการที่ (3.1)

$$L = \frac{V}{2\pi \times f \times I}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากการทดสอบการปรับเปลี่ยนขนาดช่องอากาศในบทที่ 6 เราสามารถทราบช่วงที่แน่นอนของค่าแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ได้ จึงเป็นวิธีการที่สะดวกกว่าวิธีแรก และผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณได้ออกของโปรแกรมมีความถูกต้องแม่นยำ ดังนั้นผลของการคำนวณในช่วงนี้จึงสามารถนำไปผลิตเป็นบัลลาสต์ชนิดขดลวดได้เป็นอย่างดี แต่หลังจากที่ได้ทำการทดสอบบัลลาสต์ต้นแบบที่ได้ผลิตขึ้นหลายๆตัว พบว่าการปรับเปลี่ยนค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กไม่ก่อให้เกิดประโยชน์อันใดเนื่องจากไม่ว่าจะกำหนดค่าความหนาแน่นเส้นแรงอยู่ในช่วงเท่าใด โปรแกรมก็จะแสงผลค่าว่า ค่าที่ดีที่สุดอยู่ที่ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กที่มากที่สุด ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงช่วงอิ่มตัวมากที่สุด ดังนั้นจึงเป็นแนวคิดที่จะพัฒนาโปรแกรมต่อไป

หมายเหตุ *บัลลาสต์ต้นแบบที่ผลิตจากโปรแกรมขั้นที่ 2 คือ บัลลาสต์ต้นแบบ 2/6 - 2/ 7*

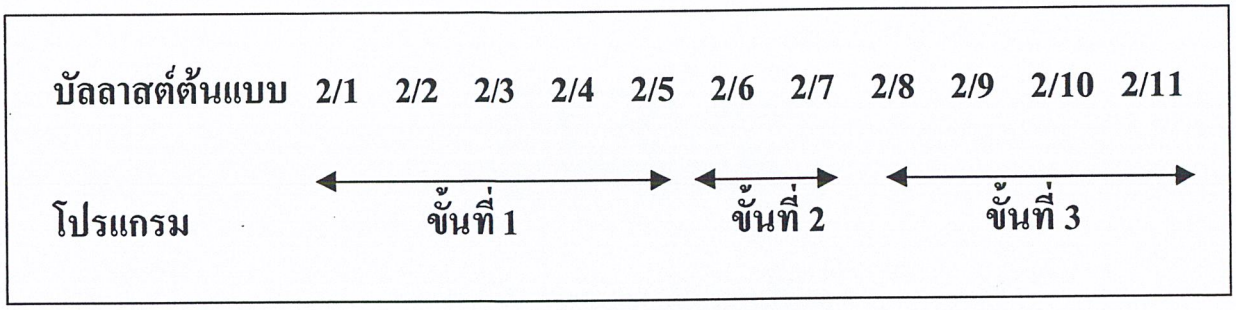
ขั้นที่ 3 รับค่าตัวแปรเป็นค่ากระแส (I) และค่าแรงดัน (V) โดยทำการปรับเปลี่ยนขนาดพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก ในการทำงานแบบวงรอบ

ในขั้นนี้ได้แก้ไขจากปรับเปลี่ยนค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กในการทำงานแบบวนรอบเป็นการปรับเปลี่ยนขนาดพื้นที่แกนเหล็กเนื่องจากหวังผลในเรื่องของขนาดพื้นที่หน้าตัดแกนเหล็กให้มีขนาดเล็กลง เพื่อลดต้นทุนการผลิตโดยที่ยังสามารถทำงานได้ที่คุณสมบัติเดิม ซึ่งผลของการคำนวณด้วยโปรแกรมในขั้นนี้ทำให้ได้บัลลาสต์ต้นแบบที่มีขนาดเล็กและสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงเลือกใช้ วิธีนี้ในการเขียนโปรแกรม ช่วยในการคำนวณหาจุดคุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวดในขั้นสุดท้าย เพราะเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

หมายเหตุ *บัลลาสต์ต้นแบบที่ผลิตจากโปรแกรมขั้นที่ 3 คือ บัลลาสต์ต้นแบบ 2/8 – 2/10*

นำบัลลาสต์ต้นแบบทุกตัวที่ได้คำนวณจากโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดคุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวดขั้นตอนต่างๆกันมาเขียนเรียบเรียงเป็นแผนภาพ แสดงดังรูปที่ 5.4 โดยรายละเอียดในการออกแบบของบัลลาสต์ต้นแบบ 2/1 ถึง 2/10 สามารถดูได้ในบทที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 ขั้นตอนการออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวดด้วยโปรแกรมช่วยใน
การคำนวณหาจุดคุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด

เมื่อนำขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมมาเขียนเป็นแผนภูมิ โดยสรุปสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.5ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณของโปรแกรมขั้นต่างๆเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริงเป็นดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าการคำนวณจากโปรแกรม กับค่าที่ได้จากการวัดจริงของบัลลาสต์ต้นแบบ

บัลลาสต์	Bcal	B	%Error	Gap cal	Gap	%Error	Lcal	L	%Error	R cal	R	%Error
ต้นแบบ2/1	1.1	1.3856	-25.967	0.323	0.2	38.08	1	1.517	-51.7	46.01	44.97	2.25
ต้นแบบ2/2	1.3	1.6458	-26.598	0.231	0.28	-21.21	1	1.123	-12.32	38.93	41.35	-6.211
ต้นแบบ2/5	1.1	1.0448	5.0201	0.368	0.3	18.478	1.3	1.356	-4.291	57.30	42.85	25.22
ต้นแบบ2/6	1.3	1.3029	-0.2193	0.255	0.2	21.569	1.33	1.259	5.364	47.98	42.85	10.69
ต้นแบบ2/8	1.5	1.4748	1.6775	0.23	0.25	-8.696	1.33	1.34	-0.77	44.23	40.25	9.01
ต้นแบบ2/10	1.5	1.6094	-7.2902	0.255	0.26	-1.961	1.33	1.377	-3.51	46.00	45.04	2.096
ต้นแบบ2/11	1.5	1.44	4	0.214	0.2	6.5421	1.76	1.713	2.67	49.51	45.17	8.758

โดย Bcal คือ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กที่ได้จากการคำนวณ (เทสล่า)

B คือ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กที่ได้จากการวัด (เทสล่า)

Gapcal คือ ความหนาของช่องอากาศที่ได้จากการคำนวณ (มม.)

Gap คือ ความหนาของช่องอากาศที่ได้จากการวัด (มม.)

Lcal คือ ค่าความเหนี่ยวนำที่ได้จากการคำนวณ (เฮนรี่)

L คือ ค่าความเหนี่ยวนำที่ได้จากการวัด (เฮนรี่)

Rcal คือ ค่าความต้านทานที่ได้จากการคำนวณ (โอห์ม)

R คือ ค่าความต้านทานที่ได้จากการวัด (โอห์ม)

%Error คือ เปอร์เซนต์ผลต่างของค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการวัด (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1(ต่อ) เปรียบเทียบค่าการคำนวณจากโปรแกรม กับค่าที่ได้จากการวัดจริงของบัลลาสต์ต้นแบบ

บัลลาสต์	I cal	I	%Error	Vbal cal	Vbal	%Error	Wbal cal	Wbal	%Error	eff cal	eff	%Error
ต้นแบบ2/1	0.45	0.416	7.5556	141.4	178.1	-25.98	7.47	7.739	-3.601	82.82	82.028	0.956
ต้นแบบ2/2	0.45	0.450	0	141.4	178.9	-26.55	6.52	8.108	-24.36	84.67	82.814	2.192
ต้นแบบ2/5	0.45	0.412	8.4444	183.8	174.4	5.1039	10.06	7.227	28.16	78.17	84.794	-8.474
ต้นแบบ2/6	0.43	0.445	-3.4884	180	177.0	1.6667	7.78	8.061	-3.612	82.24	79.296	3.58
ต้นแบบ2/8	0.43	0.415	3.4884	180	180.3	-0.167	8.53	7.718	9.519	80.84	77.633	3.967
ต้นแบบ2/10	0.43	0.41	4.6512	180	170.8	5.1111	7.96	6.607	17	80.22	83.607	-4.222
ต้นแบบ2/11	0.37	0.367	0.8108	205	197.9	3.4634	6.15	4.7	23.58	74.53	75.8	-1.704

โดย Ical คือ ค่ากระแสที่ได้จากการคำนวณ (แอมแปร์)

I คือ ค่ากระแสที่ได้จากการวัด (แอมแปร์)

Vbalcal คือ ค่าแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ที่ได้จากการคำนวณ (โวลต์)

Vbal คือ ค่าแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ที่ได้จากการวัด (โวลต์)

Wbalcal คือ ค่ากำลังงานตกคร่อมบัลลาสต์ที่ได้จากการคำนวณ (วัตต์)

Wbal คือ ค่ากำลังงานตกคร่อมบัลลาสต์ที่ได้จากการวัด (วัตต์)

effcal คือ ค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณ (%)

eff คือ ค่าประสิทธิกาพที่ได้จากการวัด (%)

จากการตารางที่ 5.1 ที่ได้จากการทดสอบเก็บผลทางไฟฟ้า และการส่องสว่างของบัลลาสต์ต้นแบบจากบทที่ 6 เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด โดยพิจารณาที่บัลลาสต์ต้นแบบ 2/8 และ 2/10 ซึ่งใช้โปรแกรมการคำนวณ ขั้นที่ 3 ในการออกแบบ ซึ่งสรุปได้ว่าโปรแกรมช่วยในการคำนวณหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวดขั้นที่ 3 นี้มีค่าความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำในการคำนวณของโปรแกรม

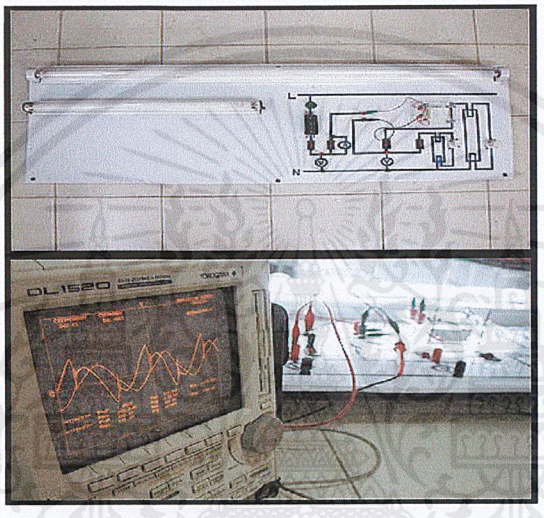
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

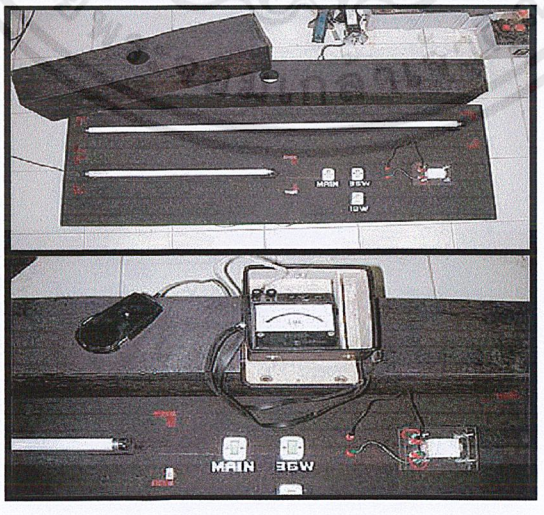
การทดลองและผลการทดลอง

6.1 การทดสอบหาความสัมพันธ์ของกระแสที่มีผลกระทบต่อปัจจัยต่างๆของบัลลาสต์

เพื่อทดสอบเก็บบันทึกผลของบัลลาสต์ที่มีขนาดพิกัดกระแสต่างๆกันทั้งทางด้านคุณสมบัติทางไฟฟ้า และการส่องสว่างเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของกระแสที่มีผลกระทบต่อปัจจัยต่างๆของบัลลาสต์ และนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบ



รูปที่ 6.1 วงจรทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า และ อุปกรณ์การวัด

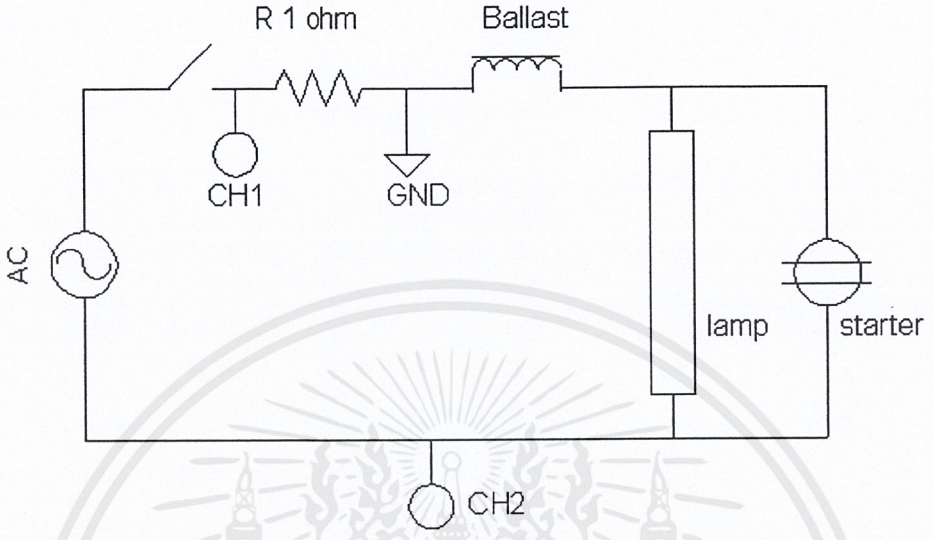


รูปที่ 6.2 วงจรทดสอบคุณสมบัติทางการส่องสว่าง และ อุปกรณ์การวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

1. ใช้แผงวงจรทดสอบคุณสมบัติทางด้านไฟฟ้าต่อวงจรดังรูปที่ 6.3 เพื่อวัดกระแส แรงดันไฟฟ้า และกำลังของระบบ เริ่มต้นโดยใช้บัลลาสต์ต้นแบบ2/1ที่มีขนาดช่องอากาศ 0.1 mm

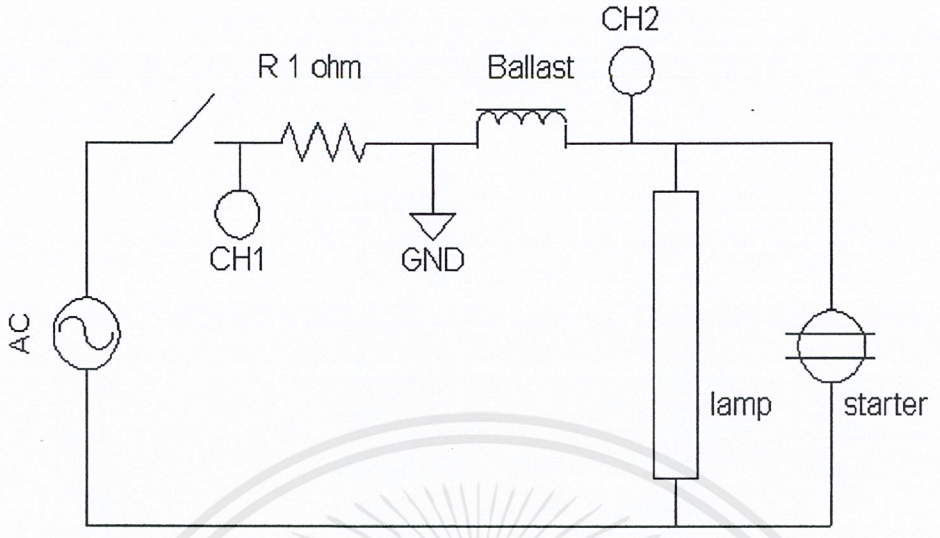


รูปที่ 6.3 การต่อวงจรเพื่อวัดค่ากระแส, แรงดันไฟฟ้า และกำลังของระบบ

ใช้ Digital Oscilloscopeวัดค่าและเก็บบันทึกผลเป็นไฟล์ BMP และไฟล์ ASCII โดยสัญญาณใน Channel 1 เป็นค่ากระแส, Channel 2 เป็นค่าแรงดันไฟฟ้า และใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ของ Digital Oscilloscope นำกราฟ Channel 1 และ Channel 2 มาคูณกันจะได้เป็นกราฟสัญญาณของกำลังงาน อ่านค่ากำลังงานจากเฉลี่ย (Average) ของกราฟ แล้วจดบันทึก(ไฟล์ BMP เป็นไฟล์รูปภาพแสดงรูปกราฟพร้อมค่าที่วัดได้ ส่วนไฟล์ ASCII เป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลในรูปของตัวเลขที่ได้จากพิกัดจุดต่างๆของรูปกราฟ)

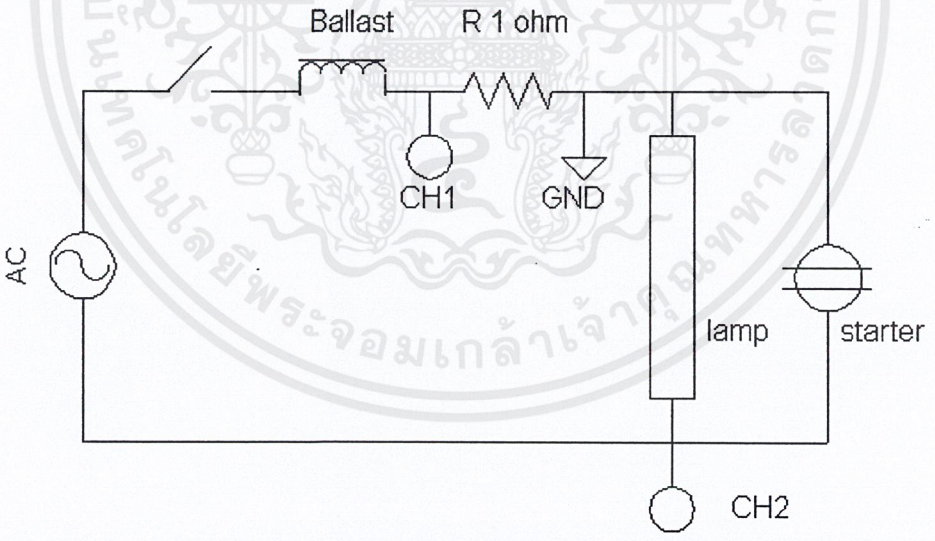
2. ใช้แผงวงจรทดสอบคุณสมบัติทางด้านไฟฟ้าต่อวงจรดังรูปที่ 6.4 เพื่อวัดกระแส และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่บัลลาสต์ และทำตามขั้นตอนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 การต่อวงจรเพื่อวัดค่า กระแส และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมบัลลาสต์

3. ใช้แผงวงจรทดสอบคุณสมบัติทางด้านไฟฟ้าต่อวงจรดังรูปที่ 6.5 เพื่อวัดกระแส และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่หลอดไฟ และทำตามขั้นตอนที่ 2



รูปที่ 6.5 การต่อวงจรเพื่อวัดค่า กระแส และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมหลอดฟลูออเรสเซนต์

4. เก็บค่าความเข้มแสง (Illuminance; Lux, lumen/m^2 โดยใช้แผงทดสอบคุณสมบัติทางด้านการส่องสว่าง และวัดค่าความเข้มแสงโดย Lux Meter
5. เปลี่ยนขนาดช่องอากาศของบัลลาสต์ โดยเพิ่มขนาดทีละ 0.1 mm แล้วทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 5 จนกระทั่งเพิ่มขนาดช่องอากาศจนมีขนาดเป็น 0.5 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับขนาดของช่องอากาศจะมีผลต่อการควบคุมกระแสของบัลลาสต์อธิบายได้ดังสมการต่อไปนี้

$$I = \frac{(2g)H}{N} \qquad (6.1)$$

จะเห็นได้ว่าหากเราเพิ่มขนาดของช่องอากาศ (g) จะส่งผลให้กระแส (I)มีขนาดเพิ่มขึ้น เพราะค่าความเข้าสนามแม่เหล็ก (H) และ จำนวนรอบ (N) เป็นค่าคงที่

6. นำผลการทดลองที่เก็บเป็น ASCII File ทั้งหมดของกระแสระบบมาวิเคราะห์หาค่า Total Harmonic Distortion (%THD) โดยใช้ โปรแกรม MATLAB
7. อ่านค่ากระแส, แรงดันไฟฟ้าของระบบ, แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมบัลลาสต์ และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมหลอดไฟ
8. นำค่ากระแส (I system ; ampere) , แรงดันไฟฟ้าของระบบ (V system ; voltage), แรงดันไฟฟ้าคร่อมบัลลาสต์ (V ballast ; voltage) , แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมหลอดไฟ (V lamp ; voltage) , กำลังงานของระบบ (Real Power of System ; watt) , กำลังงานตกคร่อมบัลลาสต์ (Real Power of Ballast ; watt) , กำลังงานตกคร่อมหลอดไฟ (Real Power of Lamp; watt) และ ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่น (%THD) ที่เก็บได้ทั้งหมดมาใส่ตารางผลการทดลองที่ 1
9. คำนวณค่ากำลังงานจริงของระบบ (Apparent Power of System ; VA)

จาก $$S_{system} = I_{system} \times V_{system} \qquad (6.2)$$

คำนวณค่ากำลังงานตกคร่อมบัลลาสต์ (Apparent Power of Ballast ; VA)

จาก $$S_{ballast} = I_{ballast} \times V_{ballast} \qquad (6.3)$$

คำนวณค่ากำลังงานจริงตกคร่อมหลอดไฟ (Apparent Power of Lamp ; VA)

จาก $$S_{lamp} = I_{lamp} \times V_{lamp} \qquad (6.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาค่าประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency of system ; %)

จาก $$Efficiency = (\frac{P_{lamp}}{P_{system}}) \times 100 \quad (6.5)$$

คำนวณหาฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux; Lumen)

จาก $$Luminous\ Flux = Illuminance\ X\ Area \quad (6.6)$$

โดยที่ พื้นที่กล่องที่ใช้ทดลองของหลอด 18 วัตต์ = 0.65 ตารางเมตร

พื้นที่กล่องที่ใช้ทดลองของหลอด 36 วัตต์ = 1.26 ตารางเมตร

10. นำค่าที่คำนวณได้ทั้งหมดนำมาใส่ตารางผลการทดลองที่ 6.1และทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง

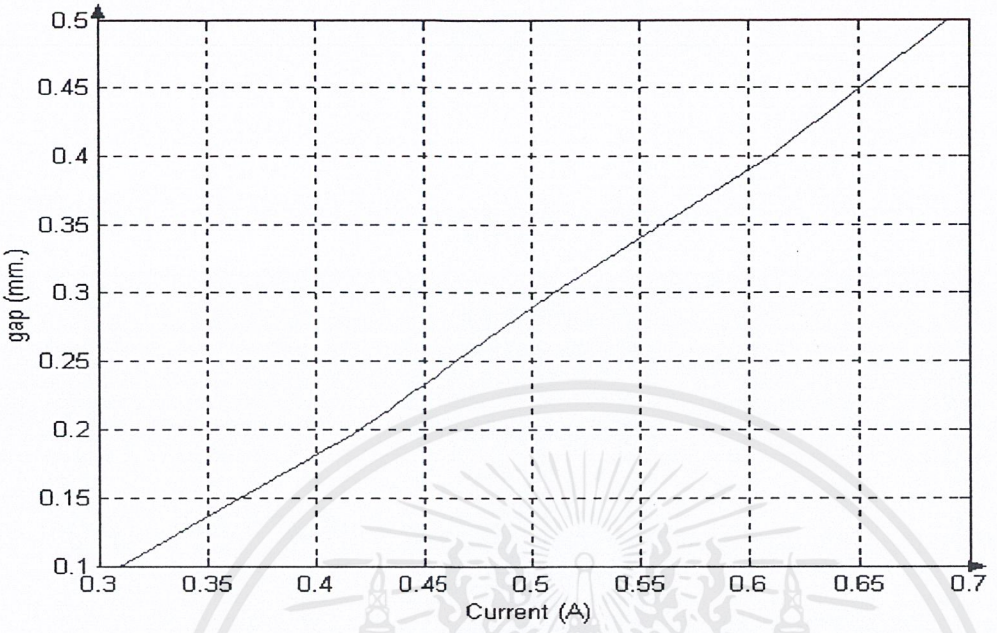
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 ผลการทดสอบการปรับขนาดช่องอากาศบัลลาสต์ต้นแบบ 2/1 เมื่อใช้กับหลอด 36 วัตต์ พร้อมคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

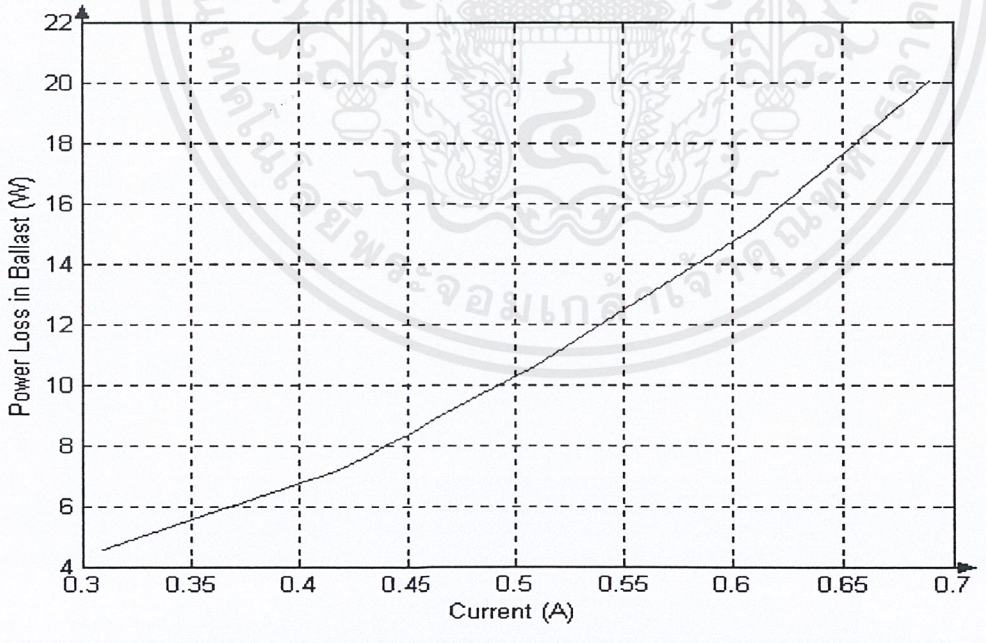
ข้อมูลหลอดที่ใช้ : Osram L36 watt 2600 lumen 72 lumen/watt (ประเภท Daylight)

เครื่องวัดที่ใช้ :YOKOGAWA Digital Oscilloscope , model :DL 1520

Lamp(Watt)	Gap	I sys	V sys	V bal	V lamp	P sys	S sys	P ballast	S ballast	P lamp	S lamp	PF	lux	lumen	eff(lm/w)	eff(%)
36	0.1	0.31	225.7	180.3	114.7	32.19	69.97	4.57	55.89	26.91	35.56	0.460	1750	2205.0	81.940	83.60
36	0.2	0.42	228.1	184.2	106.8	42.83	95.80	7.24	77.36	34.69	44.86	0.447	2120	2671.2	77.002	80.99
36	0.3	0.51	226.2	184.5	104.2	51.60	115.36	10.63	94.10	40.39	53.14	0.447	2350	2961.0	73.310	78.28
36	0.4	0.61	226.8	186.1	99.6	63.12	138.35	15.18	113.52	46.06	60.76	0.456	2590	3263.4	70.851	72.97
36	0.5	0.69	227.2	184.4	97.2	73.22	156.77	20.10	127.24	50.87	67.07	0.467	2820	3553.2	69.849	69.48

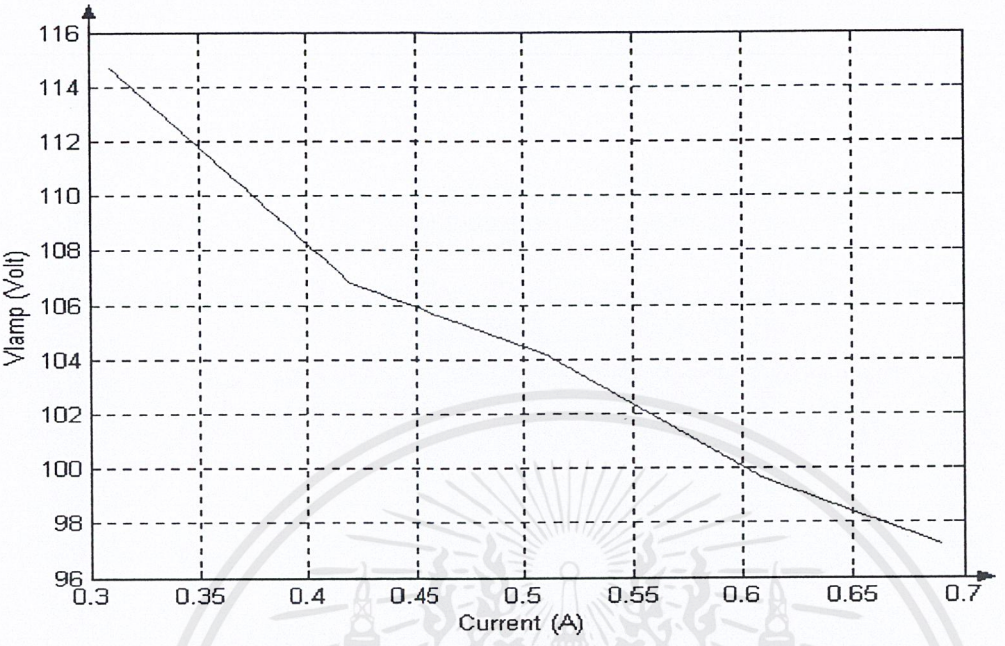


รูปที่ 6.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแส กับ ขนาดช่องอากาศของบัลลาสต์ เมื่อปรับ gap 0.1-0.5 มิลลิเมตร (บัลลาสต์ต้นแบบ2/1)

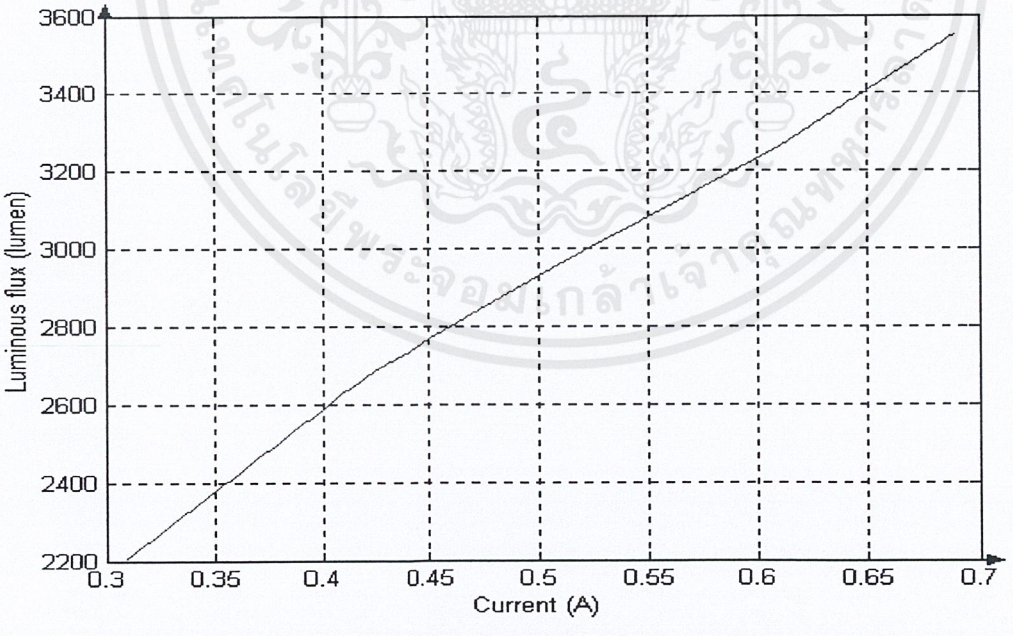


รูปที่ 6.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังสูญเสียที่บัลลาสต์ กับกระแส เมื่อปรับขนาดช่องอากาศ0.1- 0.5มิลลิเมตร(บัลลาสต์ต้นแบบ2/1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

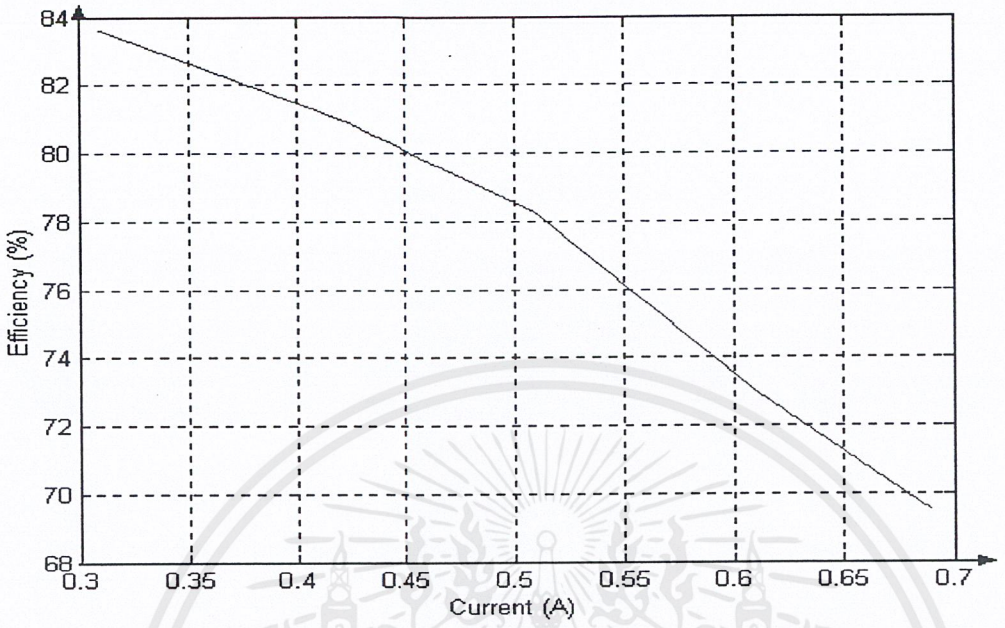


รูปที่ 6.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับขนาดแรงดันตกคร่อมหลอดไฟ เมื่อปรับขนาดช่องอากาศ 0.1-0.5 มิลลิเมตร (บัลลาสต์ต้นแบบ2/1)

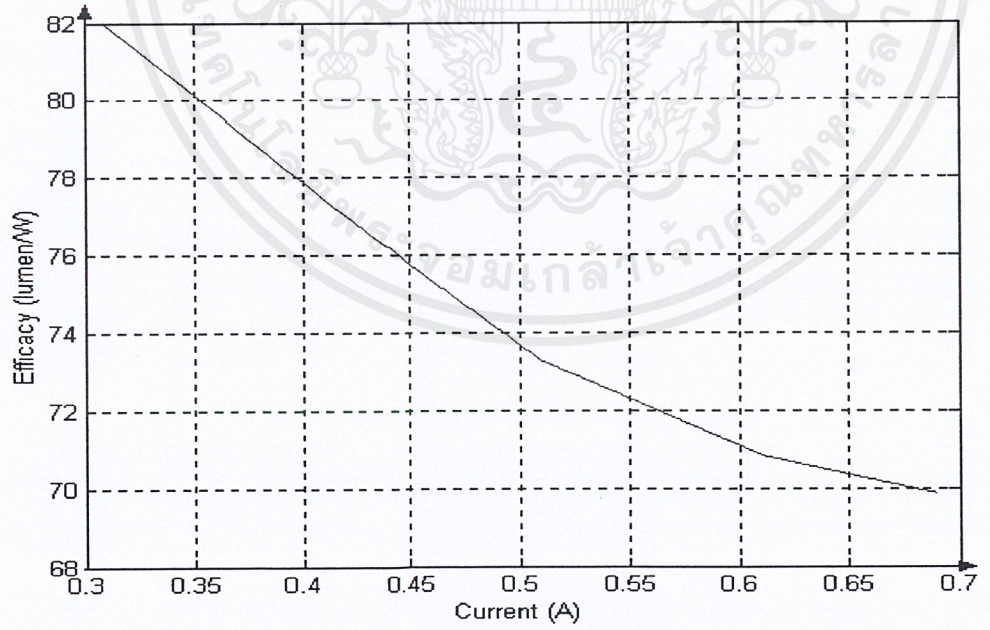


รูปที่ 6.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟ เมื่อปรับขนาดช่องอากาศ 0.1-0.5 มิลลิเมตร (บัลลาสต์ต้นแบบ2/1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

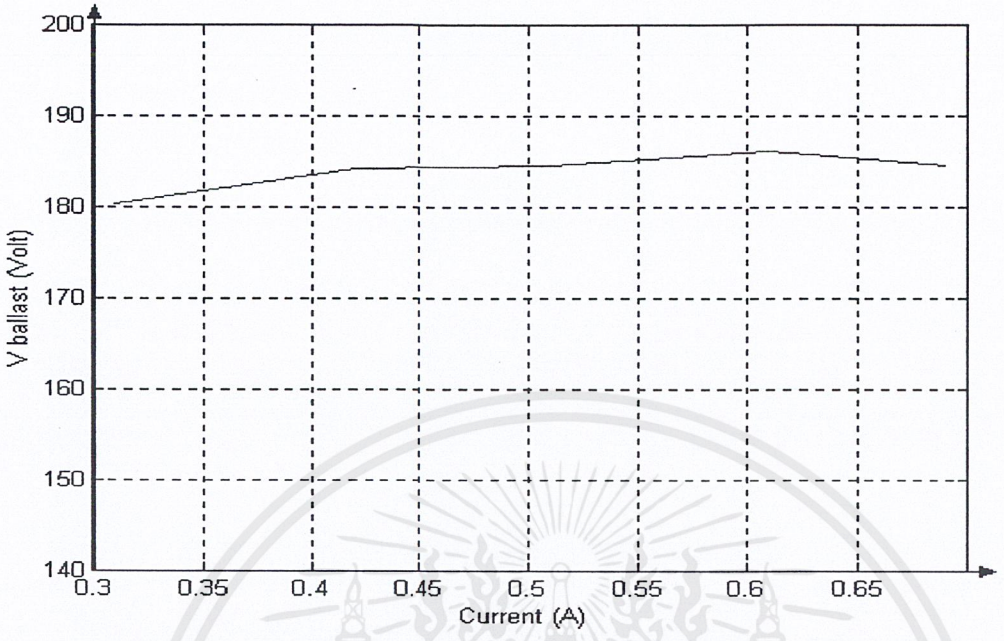


รูปที่ 6.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับประสิทธิภาพของหลอดไฟเมื่อปรับขนาดช่องอากาศ 0.1-0.5 มิลลิเมตร (บัลลาสต์ต้นแบบ2/1)



รูปที่ 6.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับประสิทธิผลการส่องสว่างของหลอดไฟเมื่อปรับขนาดช่องอากาศ 0.1-0.5 มิลลิเมตร(บัลลาสต์ต้นแบบ2/1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์เมื่อปรับขนาดช่องอากาศ 0.1-0.5 มิลลิเมตร (บัลลาสต์ต้นแบบ2/1)

จากกราฟผลการทดลองที่แสดงดังรูปที่ 6.6 ถึง 6.11 สรุปผลได้ดังนี้

- จากกราฟรูปที่ 6.6 จะสรุปได้ว่า
  กระแสจะเพิ่มขึ้นตามขนาดช่องอากาศอธิบายได้จากสมการ (5.1)
- จากกราฟรูปที่ 6.7 จะสรุปได้ว่า
  Power loss ที่ ballast จะสูงเมื่อกระแสเพิ่มซึ่งเป็นผลจากกำลังสูญเสียจากขดลวดจากสมการ (4.6) ซึ่งเป็นกำลังสูญเสียส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในตัวบัลลาสต์
- จากกราฟรูปที่ 6.8 จะสรุปได้ว่า
  คุณสมบัติความต้านทานของหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นความต้านทานแบบพลวัตรเชิงลบ (Negative Resistance)
- จากกราฟรูปที่ 6.9 จะสรุปได้ว่า
  ฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟจะแปรผันตรงกับกระแสโดยมีความสัมพันธ์ดังรูป
- จากกราฟรูปที่ 6.10 จะสรุปได้ว่า
  ประสิทธิภาพจะแปรผกผันกระแสโดยมีความสัมพันธ์ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากกราฟรูปที่ 6.11 จะสรุปได้ว่า
  ประสิทธิผลการส่องสว่างจะแปรผกผันกระแสโดยมีความสัมพันธ์ดังรูป
- จากกราฟรูปที่ 6.12 จะสรุปได้ว่า
  แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์มีช่วงการทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 175 ถึง 180 โวลต์

สรุปโดยรวมแล้วการเพิ่มกระแสให้มีค่ามากขึ้น จะได้ประสิทธิภาพ และประสิทธิผลการส่องสว่าง ลดลงแต่จะได้ค่าฟลักซ์การส่องสว่างที่เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากลดขนาดของกระแส ผลที่ได้คือจะได้ประสิทธิภาพ และประสิทธิผลการส่องสว่างที่เพิ่มขึ้น แต่ฟลักซ์การส่องสว่างก็จะลดลงเพราะฉะนั้นการเลือกค่ากระแสที่เหมาะสมที่สุดจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบ และปัจจัยที่สำคัญที่เห็นได้จากการทดลองนี้อีกสิ่งหนึ่ง คือ บัลลาสต์ที่สามารถใช้งานในการจุดหลอดได้จะต้องออกแบบที่ระดับแรงดันที่คงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งถูกกำหนดโดยคุณสมบัติแรงดันตกคร่อมของหลอดฟลูออเรสเซนต์แต่ละขนาดพิกัด

6.2 การทดสอบเก็บผลทางไฟฟ้า และการส่องสว่างของบัลลาสต์ทั่วไปเปรียบเทียบกับบัลลาสต์ต้นแบบ

เพื่อทดสอบเก็บบันทึกผลของบัลลาสต์ทั่วไปที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไปเปรียบเทียบกับบัลลาสต์ต้นแบบที่ได้สร้างขึ้นใหม่ ทั้งทางด้านคุณสมบัติทางไฟฟ้า และการส่องสว่าง

ขั้นตอนการทดลอง

1. ใช้แผงวงจรทดสอบคุณสมบัติทางด้านไฟฟ้าต่อวงจรดังรูปที่ 6.3 เพื่อวัดกระแส แรงดันไฟฟ้า และกำลังของระบบ
2. ใช้ Digital Oscilloscope วัดค่า และเก็บบันทึกผลเป็นไฟล์ BMP และไฟล์ ASCII โดยสัญญาณใน Channel 1 เป็นค่ากระแส, Channel 2 เป็นค่าแรงดันไฟฟ้า และ ใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ของ Digital Oscilloscope นำกราฟ Channel 1 และChannel 2 มาคูณกันจะได้เป็นกราฟสัญญาณของกำลังงาน อ่านค่ากำลังงานจากเฉลี่ย (Average) ของกราฟแล้วจดบันทึก (ไฟล์ BMP เป็นไฟล์รูปภาพแสดงรูปกราฟพร้อมค่าที่วัดได้ ส่วนไฟล์ ASCII เป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลไว้ในรูปของตัวเลขที่ได้จากพิกัดจุดต่างๆของรูปกราฟ)
3. ใช้แผงวงจรทดสอบคุณสมบัติทางด้านไฟฟ้าต่อวงจรดังรูปที่ 6.4 เพื่อวัดกระแส และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่บัลลาสต์ และทำตามขั้นตอนที่ 2
4. ใช้แผงวงจรทดสอบคุณสมบัติทางด้านไฟฟ้าต่อวงจรดังรูปที่ 6.5 เพื่อวัดกระแส และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่หลอดไฟ และทำตามขั้นตอนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เก็บค่าความเข้มแสง (Illuminance ; lux, lumen/m^2) โดยใช้แผงทดสอบคุณสมบัติทางด้านการส่องสว่าง และวัดค่าความเข้มแสงโดย Lux Meter
6. เปลี่ยนบัลลาสต์ที่ต้องการทดสอบแล้วทำการทดสอบซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 5
7. นำไฟล์ ASCII ทั้งหมดของกระแสระบบมาวิเคราะห์หาค่า Total Harmonic Distortion (%THD) โดยใช้ โปรแกรม MATLAB
8. อ่านค่ากระแส, แรงดันไฟฟ้าของระบบ, แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมบัลลาสต์ และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมหลอดไฟจากไฟล์ BMP โดยอ่านจากค่า Root Mean Square (RMS)
9. นำค่ากระแส(I system ; ampere), แรงดันไฟฟ้าของระบบ(V system ; voltage), แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมบัลลาสต์(V ballast ; voltage), แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมหลอดไฟ(V lamp ; voltage), กำลังงานของระบบ(Appearance Power of System ; watt), กำลังงานตกคร่อมบัลลาสต์ (Appearance Power of Ballast ; watt), กำลังงานตกคร่อมหลอดไฟ(Appearance Power of Lamp; watt) และ ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่น(%THD) ที่เก็บได้ทั้งหมดมาใส่ตารางผลการทดลองที่ 2
10. คำนวณค่ากำลังงานปรากฏของระบบ (Apparent Power of System ; VA)

จาก $$S_{system} = I_{system} \times V_{system}$$

คำนวณค่ากำลังงานตกคร่อมบัลลาสต์ (Apparent Power of Ballast ; VA)

จาก $$S_{ballast} = I_{ballast} \times V_{ballast}$$

คำนวณค่ากำลังงานปรากฏตกคร่อมหลอดไฟ (Apparent Power of Lamp ; VA)

จาก $$S_{lamp} = I_{lamp} \times V_{lamp}$$

คำนวณหาค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor)

จาก $$p.f. = \frac{P_{system}}{S_{system}} \qquad (6.7)$$

คำนวณหาค่าประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency of system ; %)

จาก $$Efficiency = (\frac{P_{lamp}}{P_{system}}) \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาค่าความต้านทาน และความเหนี่ยวนำของบัลลาสต์

(Resistance ; Ω และ Inductance ; Henry)

จาก $$Z\angle\theta = (\frac{V_{ballast}}{I_{ballast}})\angle\theta = R + j\omega X_L \qquad (6.8)$$

คำนวณหาฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous flux ; lumen)

จาก $$Luminous\ flux = Illuminance \times Area$$

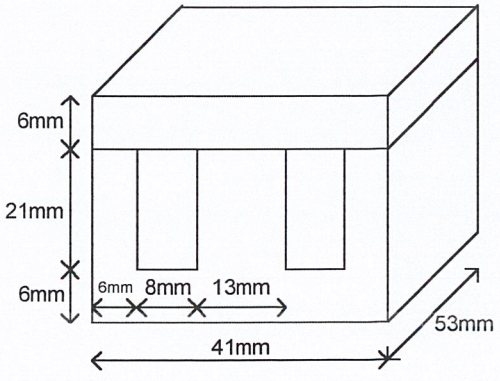
11. นำค่าที่คำนวณได้ทั้งหมดนำมาใส่ตารางผลการทดลองที่2 และ ทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง
12. จากนั้นทำการทดลองสร้างบัลลาสต์ชนิดแม่เหล็กต้นแบบชุดที่หนึ่ง โดยอาศัยวิธีการคำนวณดังบทที่ 2 ทฤษฎีการออกแบบบัลลาสต์ชนิดแม่เหล็ก และข้อมูลที่ได้ในตารางผลการทดลองที่ 6.3 และ 6.4
13. จากการทดลองสร้างบัลลาสต์ต้นแบบชุดที่หนึ่ง พบว่าแนวทางการสร้างบัลลาสต์ต้นแบบ แนวทางที่3 มีความถูกต้องและเหมาะสม จึงทำใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาบัลลาสต์ชนิดแม่เหล็กชุดที่สองโดยนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณด้วย

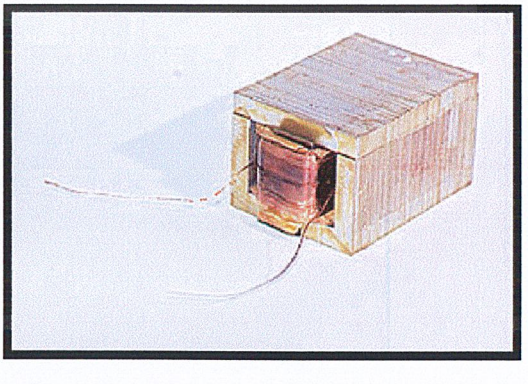
6.3 ผลการทดลองสร้างบัลลาสต์ชนิดแม่เหล็กชุดที่แรก

1. บัลลาสต์ ต้นแบบ 1/1

หลักการออกแบบ Ballast ต้นแบบ 1/1

นำบัลลาสต์ทั่วไปมาวิเคราะห์โครงสร้างทางกายภาพ และออกแบบโดยใช้ขนาดแกนเหล็กและความหนา ให้ใกล้เคียงกับบัลลาสต์ทั่วไป





รูปที่ 6.13 บัลลาสต์ต้นแบบ 1/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของบัลลาสต์ต้นแบบที่ 1/1

- ขนาดแกนเหล็ก ดังรูปที่ 6.13
- ขดลวดทองแดงเบอร์(34) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.26 mm
- จำนวน600รอบ
- แกนเหล็กชนิด S-23 แบบแกน EI 41
- ไม่มีช่องอากาศ

2. บัลลาสต์ต้นแบบ 1/2

หลักการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 1/2

จากต้นแบบที่ 1/1 เราเลือกขนาดแกนเหล็ก และ ความหนา ให้มีขนาดมากกว่าเดิม และ เพิ่มจำนวนรอบของขดลวด เพื่อไม่ให้แกนเหล็กอิ่มตัว รวมไปถึงเป็นการจำกัดค่ากระแสไม่ให้สูงจนเกินไป เราสามารถควบคุมกระแสได้โดยการใช้ขนาดช่องอากาศเป็นตัวควบคุม

โดยค่า ความเหนี่ยวนำที่นำมาใช้ในการออกแบบเท่ากับ 1.5 เฮนรี่ และ ถือว่าค่าความต้านทานทางแม่เหล็กไฟฟ้าของแกนเหล็กน้อยมากเมื่อเทียบกับอากาศ ดังนั้นในการคำนวณจึงนำมาคิดแต่เฉพาะช่องอากาศ ไม่พิจารณาที่แกนเหล็ก ขนาดของช่องอากาศคำนวณได้ ดังนี้ จากสมการ (3.8) โดย L= 1.5 H, N=1,000 turn, A=16 x75 x10^{-6}, $\mu_0=4\pi$ x10^{-7} A-turn/m

จะได้

$$g=\frac{\mu_0 N^2 A}{2L}$$

$$g=\frac{4\pi\times10^{-7}\times(16\times75\times10^{-6})\times(10^3)^2}{2\times1.5}$$

$$g=0.53 \quad mm.$$

ค่าความต้านทานภายในบัลลาสต์สามารถหาได้จาก สมการที่ 4.7

$$R=\rho_L NMLT$$

โดย $R_{ballast}$ คือความต้านทานภายในบัลลาสต์(โอห์ม)

ρ_L คือค่าความต้านทานเชิงความยาวของขดลวดทองแดงจาก ตารางที่ 4.1

MLT คือความยาวเฉลี่ยต่อรอบของขดลวดที่พันรอบแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางได้ $\rho = 3402.2 \times 10^{-6}\ \Omega/m,\quad l_m = 15\ \ cm,\quad N = 1000$ รอบ

แทนค่าในสมการ

$$R = \rho_L NMLT$$

$$R_{ballast} = 3402.2 \times 10^{-6} \times 15 \times 1000\ \ \Omega$$

$$R_{ballast} = 50\ \ \Omega$$

จากสมการ $$V = I(R + jX_L) \qquad (6.9)$$

$$220 = I((230 + 50) + j(2\pi \times 50 \times 1.5)$$

$$I = \frac{220}{280 + j471.24}$$

$$I = 0.4 \angle -59.08 \quad A$$

จากสมการ (6.1) $$NI = Hl$$

$$H = \frac{NI}{l}$$

$$H = \frac{1000 \times 0.4}{0.503 \times 10^{-3}}$$

$$H = 795.228 \quad A/T$$

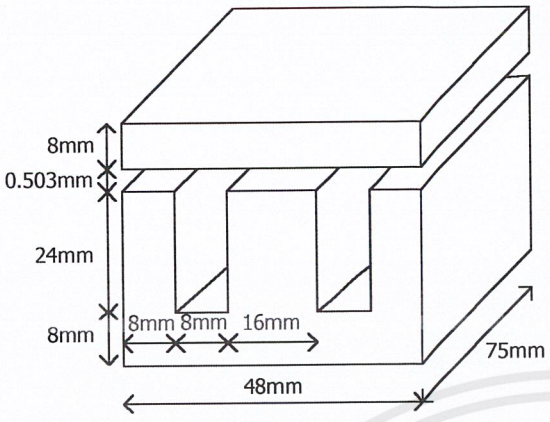
จาก $$B = \mu_o H \qquad (6.10)$$

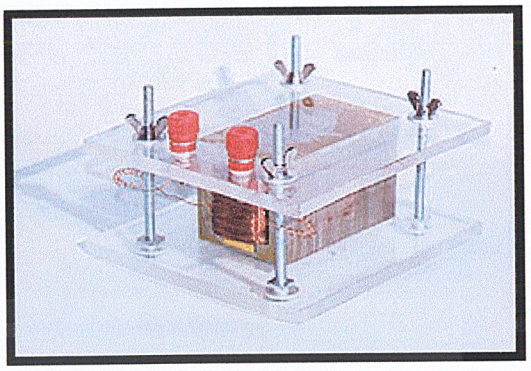
$$B = 4\pi \times 10^{-7} \times 795.228 \times 10^{3}$$

$$B = 1 \quad \text{Tesla}$$

จากกราฟ B-H Curve ของแกนเหล็ก EI S-23 จะเห็นได้ว่าที่ B= 1 Tesla ยังไม่ทำให้แกนเหล็กอิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 6.14 บัลลาสต์ต้นแบบ 1/2

ส่วนประกอบของบัลลาสต์ต้นแบบ1/ 2

- ขนาดแกนเหล็ก ดังรูปที่ 6.14
- จำนวนรอบของขดลวด 1,000 รอบ ลวดเบอร์ 30 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.35 mm
- ขนาดช่องอากาศ 0.504 mm

3. บัลลาสต์ต้นแบบ 1/3

หลักการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 1/3

จากการเก็บผลของบัลลาสต์ทั่วไปจะได้ค่าตัวแปรต่างๆ ดังนี้ ในการทดสอบกับหลอด 36 วัตต์

$I \cong 0.5$ A, $L \cong 1$ H, $B \cong 1$ Tesla

นำค่าที่กำหนดเหล่านี้มาออกแบบดังนี้

จากสมการที่3.1

$$V = 2\pi fLI$$

$$V = 2\pi \times 50 \times 1 \times 0.5$$

$$V = 157.08 \quad \text{Volt}$$

หาขนาดพื้นที่แกนเหล็กจากสมการที่ 3-2

$$A = \frac{\sqrt{(VA/2}}{5.58}$$

$$A = \frac{\sqrt{(157.08 \times 0.5)/2}}{5.58}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A = 1.123 \qquad \text{inch}^2$$

$$A = 7.245 \qquad \text{cm}^2$$

เลือกใช้แกนขนาด 13 มม.จะต้องใช้แกนหนา

$$D = \frac{7.245}{1.3}$$

$$D = 5.57 \qquad \text{cm}$$

ใช้ค่าประมาณความหนา 6 cm

$$A = 6 \text{ X} 1.3$$

$$A = 7.8 \qquad \text{cm}^2$$

จากสมการที่ (3.3)

$$N = \frac{V}{4.44 f B A}$$

$$N = \frac{157.08}{4.44 \times 50 \times 1 \times 7.8 \times 10^{-4}}$$

$$N = 907.14 \qquad \text{turn}$$

ใช้ค่าประมาณ $N \cong$ 1000 รอบ

**หมายเหตุ การใช้ค่าประมาณในการออกแบบเพื่อความสะดวกในการปรับค่าความเหนี่ยวนำสามารถทำได้โดยการปรับค่าความกว้างของช่องอากาศ

คำนวณหาค่าความกว้างของช่องอากาศ โดยถือว่าค่า$\Re$ของแกนเหล็กต่ำกว่าค่า$\Re$ของอากาศจึงคิดเฉพาะแกนอากาศ จากสมการ 3.8

$$g = \frac{\mu_0 N^2 A}{2L}$$

$$g = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 7.8 \times 10^{-4}}{2 \times 1}$$

$$g = 0.490 \qquad \text{mm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ลวดเบอร์ 34 ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.26 มม.

พื้นที่ขดลวดทั้งหมด $= 2\pi rN$

$= 2\pi \times 0.26 \times 1000$

$= 53.1 \quad mm^2$

เผื่อ Winding Factor 50%

$\therefore$ พื้นที่ที่ต้องใช้พันขดลวด

$$Awire = \frac{53.1}{0.5}$$

$$Awire = 106.2 \quad mm^2$$

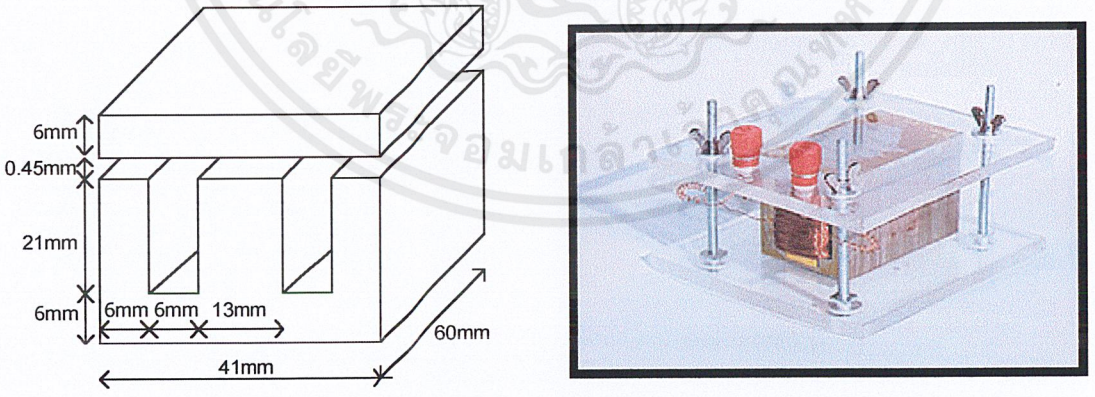
พื้นที่หน้าต่าง(Window Area)

$$Awindow = 21 \times 8$$

$$Awindow = 168 \quad mm^2$$

เห็นได้ว่า พื้นที่ที่ใช้พันขดลวด $<$ พื้นที่หน้าต่าง

$\therefore$ สามารถพันได้จริงโดยไม่มีปัญหาพันขดลวดไม่ลง



รูปที่ 6.15 บัลลาสต์ต้นแบบ 1/3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของบัลลาสต์ต้นแบบ 3

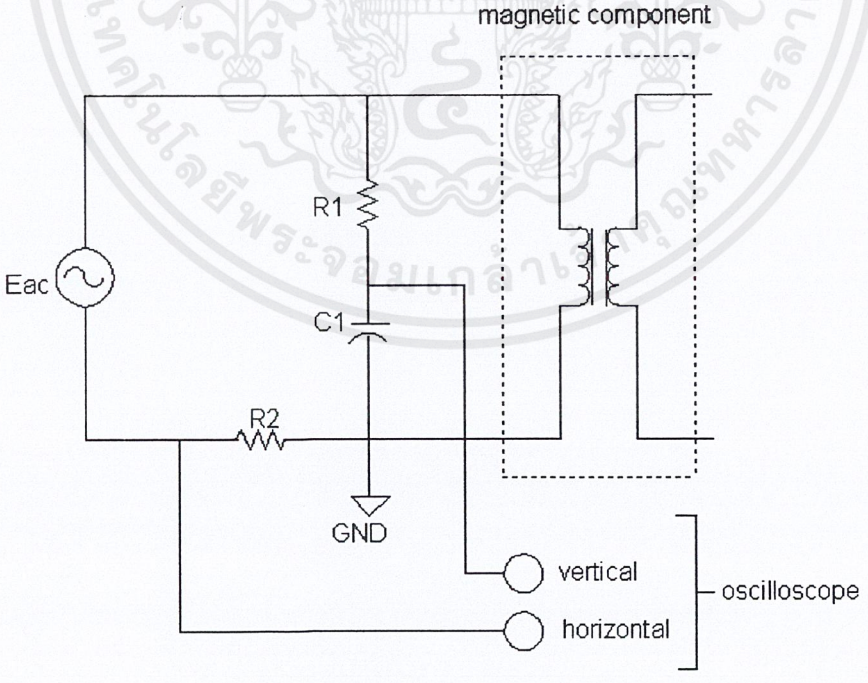
- ขนาดแกนเหล็กดังรูปที่ 6.15
- จำนวนรอบ 1,000 รอบ ลวดเบอร์ 34 เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.52mm
- ขนาดช่องอากาศ 0.45 mm

6.4 การทดสอบหาวงฮิสเทอริซิสแบบไดนามิก (Testing the dynamic hysteresis)

วงฮิสเทอริซิสแบบไดนามิก หรือ วงความสัมพันธ์ของค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก กับ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (Dynamic hysteresis or B-H Loop) เป็นส่วนข้อมูลที่มีความสำคัญกับองค์ประกอบทางแม่เหล็ก

พื้นที่ภายใต้วงความสัมพันธ์ของค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก กับ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กมีความสัมพันธ์ กับ ค่ากำลังสูญเสีย และ แอมปลิจูดสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่น ฟลักซ์แม่เหล็ก

วงจรที่ใช้ในการหาวงความสัมพันธ์ของค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก กับ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กมีความสัมพันธ์สามารถหาได้ด้วยการต่อออสซิลโลสโคปปรับที่โหมด X-Y หรือใช้สโตเรจสโคปเก็บค่าแล้วนำมาสร้างความสัมพันธ์วงจรแสดงดังรูปที่ 6.16



รูปที่ 6.16 วงจรทดสอบวงความสัมพันธ์ของค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก กับ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรทดสอบเก็บข้อมูลแรงดันคร่อม C1 (Vc) และ แรงดันคร่อม R2 (V2) นำไปหาค่า B -H ได้ดังนี้

หาค่าความเข้มสนามแม่เหล็กจากสมการที่ (6-1)

$$H = \frac{NI_m}{I_m}$$

$$H = \frac{NV_2}{2gR_2}$$

หาค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กจากสมการที่ (3-3)

$$B = \frac{100V_c}{4.44NfA_c}$$

แล้วนำค่า ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก กับ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ที่ได้มาสร้างกราฟโดยให้ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กเป็นแกนตั้ง และ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กเป็นแกนนอน

ค่าของตัวแปรเป็นดังนี้

แรงดันแหล่งจ่าย (Eac)	=	220	โวลท์

ข้อมูลสำหรับบัลลาสต์ที่ใช้ทดสอบใช้บัลลาสต์ต้นแบบ 2-4 ซึ่งออกแบบให้ทำงานที่ค่าสนามแม่เหล็กอิ่มตัว

จำนวนรอบ (N)	=	500	รอบ
ความกว้างช่องอากาศ (g)	=	0.11	มิลลิเมตร
พื้นที่แกนกลาง (Ac)	=	6.52	ตารางเซนติเมตร

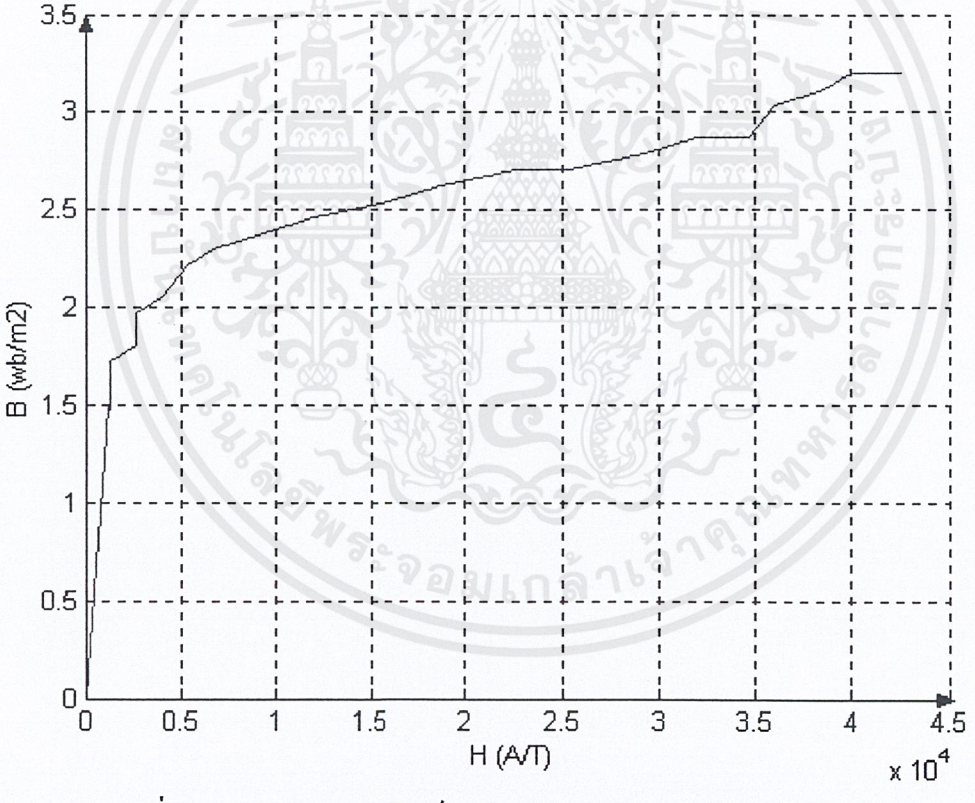
อุปกรณ์ในวงจร

R1	=	30	กิโลโอห์ม
R2	=	2	โอห์ม
C1	=	10	ไมโครฟารัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

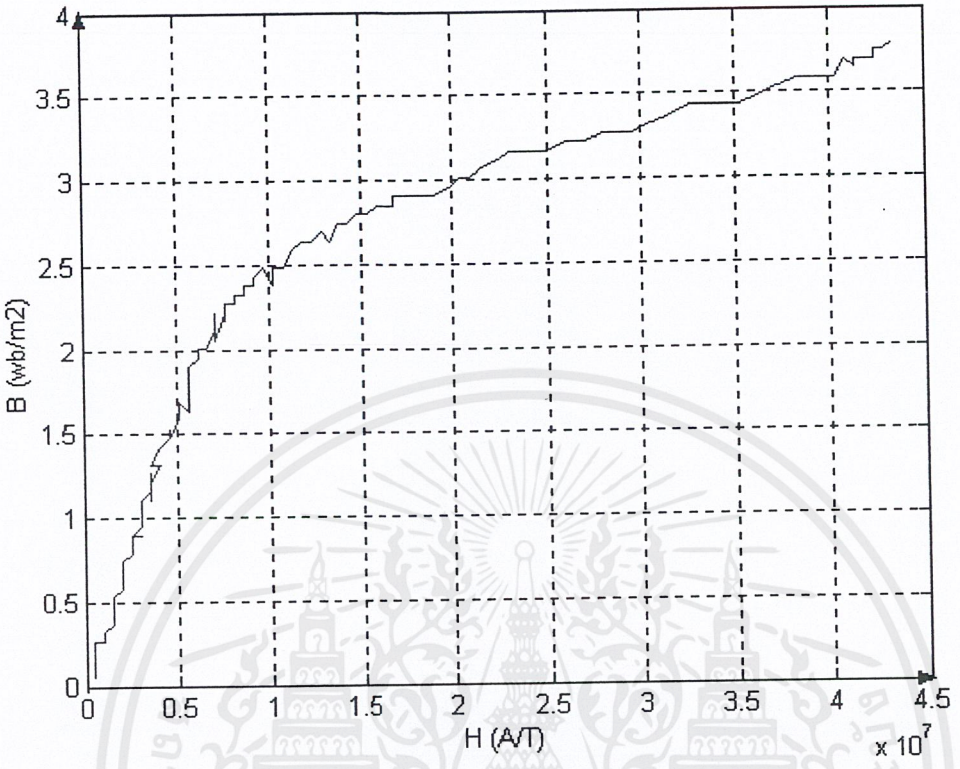
การออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวด (magnetic ballast) ในช่วงแรกได้ทำการออกแบบแกนเหล็กเป็นแบบปิด (closed gap core design) แต่ได้เกิดปัญหาไม่สามารถรักษาระดับกระแสได้ในระดับที่ใช้ในการทำงานของบัลลาสต์ซึ่งเป็นผลจากการทำงานในช่วงแกนเหล็กอิ่มตัว (saturation region) เกิดเสียงดัง เกิดความเพี้ยนในรูปคลื่นกระแสสูง (current distortion) เกิดความร้อน เสียงดัง และ ความสูญเสีย

ต่อมาได้มีการพัฒนาโดยใช้ช่องอากาศ (design core with gap) แก้ปัญหานี้โดยทำให้สามารถรักษาระดับกระแสได้ตามที่ต้องการทำการเก็บผลแสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่าความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก กับ ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กของการออกแบบทั้งสองดังรูปที่ 6.17 และ รูปที่ 6.18



รูปที่ 6.17 กราฟความสัมพันธ์ B-H curve การออกแบบแกนแบบปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

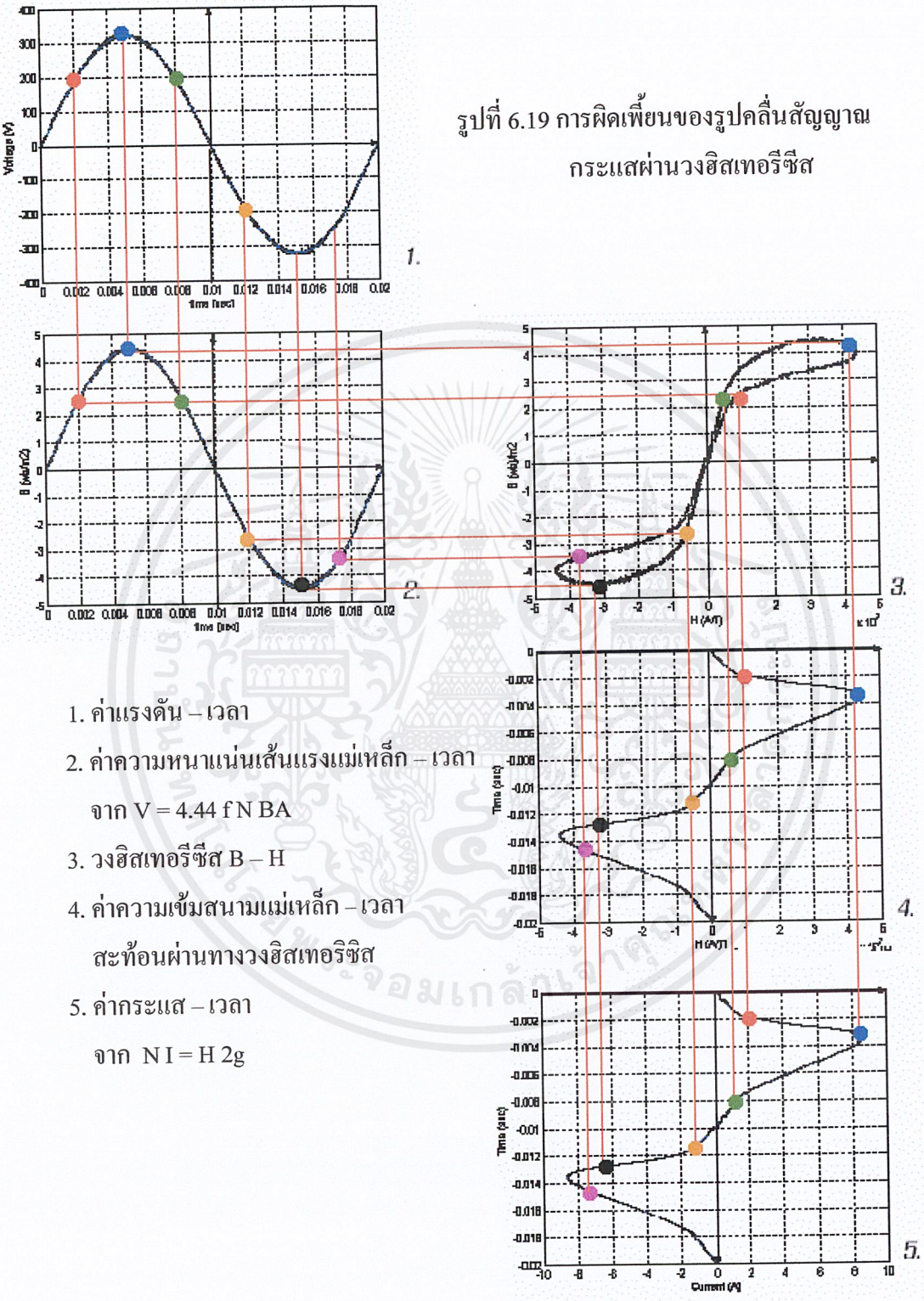


รูปที่ 6.18 ความสัมพันธ์ B-H curve ในการออกแบบแกนแบบมีช่องอากาศ

จากการทดสอบสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อออกแบบด้วยการเพิ่มช่องว่างอากาศเข้าไปทำให้ขอบเขตของค่าความหนาแน่นสนามแม่เหล็กมีช่วงเชิงเส้นกว้างขึ้น (จากในช่วง 10^4 เป็น 10^7) จึงทำให้สามารถใช้ในกระแสที่ต้องการสำหรับบัลลาสต์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 การเพี้ยนของรูปคลื่นสัญญาณกระแส (Current waveform distortion)



รูปที่ 6.19 การผิดเพี้ยนของรูปคลื่นสัญญาณกระแสผ่านวงฮิสเทอรีซีส

1. ค่าแรงดัน – เวลา
2. ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก – เวลา
   จาก V = 4.44 f N BA
3. วงฮิสเทอรีซีส B – H
4. ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก – เวลา
   สะท้อนผ่านทางวงฮิสเทอริซิส
5. ค่ากระแส – เวลา
   จาก N I = H 2g

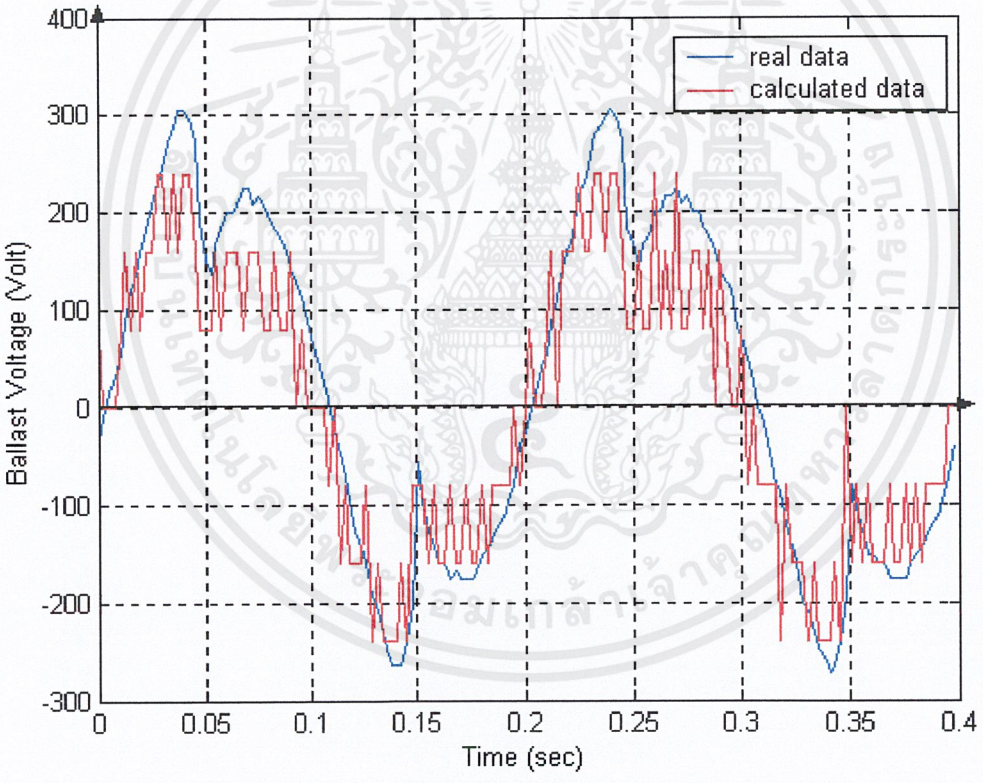
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเราพบว่าสาเหตุการเพี้ยน (distortion) ของสัญญาณมีสาเหตุโดยตรงจากการทำงานโดยวงฮิสเทอรีซีส (Hysteresis Loop) ดังรูป 5.19 ข้างต้น

ซึ่งการผิดเพี้ยนของรูปคลื่นสัญญาณกระแสจะมีผลโดยตรงกับการผิดเพี้ยนในรูปคลื่นแรงดัน คร่อมบัลลาสต์เองตามกฎของฟาราเดย์

$$V = L\frac{di}{dt} \qquad (6.11)$$

ใช้ MATLAB ทำ differentiate รูปคลื่นกระแสด้วย finite different จะได้ค่าแรงดันคร่อมบัลลาสต์เปรียบเทียบกับผลที่เก็บได้จริงดังรูปที่ 5.20 ซึ่งเมื่อค่ากระแสอยู่ในช่วงที่คงที่แล้วทำให้ค่าแรงดันคร่อมบัลลาสต์มีค่าคงที่ด้วยนั่นเอง



รูปที่ 6.20 กราฟแรงดันคร่อมบัลลาสต์

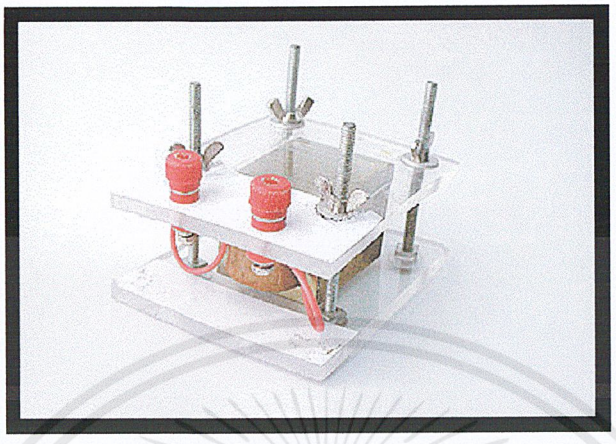
---------- จากการวัดเก็บผลด้วยสโคป

---------- จากการคำนวณตามกฎของฟาราเดย์ด้วย finite differential

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 ผลการทดลองสร้างบัลลาสต์ชนิดแม่เหล็กชุดที่สอง

1. บัลลาสต์ต้นแบบ 2/1



รูปที่ 6.21 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/1

ค่าการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/1

คุณสมบัติทั่วไป

กระแส = 0.450 แอมแปร์, แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ 141.37 โวลต์, ค่าความเหนี่ยวนำ = 1.000 เฮนรี่ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก = 1.1 เทสลา, ค่าความหนาแน่นกระแส = 662.869 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร

คุณสมบัติของแกนเหล็ก

แกนเหล็กเบอร์ = 41, ความกว้างแกนกลาง = 13 มิลลิเมตร, ขนาดพื้นที่แกนเหล็ก = 6.52 ตารางเซนติเมตร, ความหนาแกนเหล็ก = 5.016 เซนติเมตร, จำนวนแผ่นลามิเนตของแกนเหล็ก = 100 แผ่น, ความยาวต่อรอบ = 15.23 เซนติเมตร ,ขนาดช่องอากาศ = 0.323 มิลลิเมตร

คุณสมบัติของขดลวด

ขดลวดเบอร์ = 30, เส้นผ่าศูนย์กลาง = 0.294 มิลลิเมตร, จำนวนรอบ = 888 รอบ,
ความยาวรวม = 13524.24 เซนติเมตร, ความต้านทาน = 46.01 โอห์ม

คุณสมบัติด้านราคา

ราคารวม = 25.3 บาท, ราคาแกนเหล็ก = 16.5 บาท, ราคาขดลวด = 8.9 บาท

คุณสมบัติด้านน้ำหนัก

น้ำหนักรวม = 465.11 กรัม, น้ำหนักแกนเหล็ก = 401.28 กรัม, น้ำหนักขดลวด = 63.83 กรัม

คุณสมบัติด้านกำลังสูญเสีย

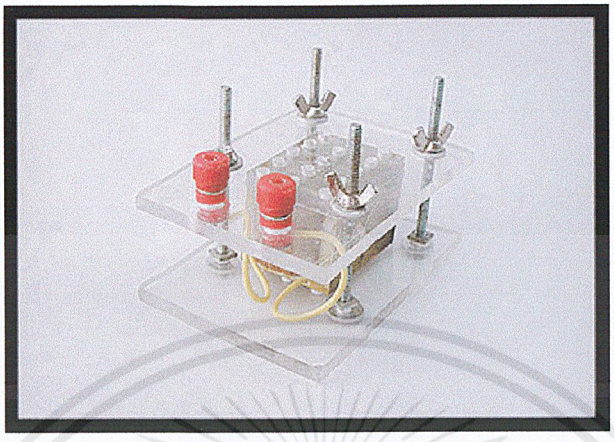
กำลังสูญเสียรวม = 7.47 วัตต์, กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 1.36 วัตต์, กำลังสูญเสียในขดลวด = 5.32 วัตต์, กำลังสูญเสียในช่องอากาศ = 0.79 วัตต์

คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ = 84.67 % , ประสิทธิภาพต่อราคา = 3.534 % / บาท

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.บัลลาสต์ต้นแบบ 2/2



รูปที่ 6.22 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/2

ค่าการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/2

คุณสมบัติทั่วไป

กระแส = 0.450 แอมแปร์, แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ 141.37 โวลต์, ค่าความเหนี่ยวนำ = 1.000 เฮนรี่ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก = 1.3 เทสลา, ค่าความหนาแน่นกระแส = 662.869 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร

คุณสมบัติของแกนเหล็ก

แกนเหล็กเบอร์ = 41, ความกว้างแกนกลาง = 13 มิลลิเมตร, ขนาดพื้นที่แกนเหล็ก = 6.52 ตารางเซนติเมตร, ความหนาแกนเหล็ก = 5.016 เซนติเมตร, จำนวนแผ่นลามิเนตของแกนเหล็ก = 100 แผ่น, ความยาวต่อรอบ = 15.23 เซนติเมตร ,ขนาดช่องอากาศ = 0.231 มิลลิเมตร

คุณสมบัติของขดลวด

ขดลวดเบอร์ = 30, เส้นผ่าศูนย์กลาง = 0.294 มิลลิเมตร, จำนวนรอบ = 751 รอบ,
ความยาวรวม = 11437.73 เซนติเมตร, ความต้านทาน = 38.93 โอห์ม

คุณสมบัติด้านราคา

ราคารวม = 24.0 บาท, ราคาแกนเหล็ก = 16.5 บาท, ราคาขดลวด = 7.5 บาท

คุณสมบัติด้านน้ำหนัก

น้ำหนักรวม = 455.29 กรัม, น้ำหนักแกนเหล็ก = 401.28 กรัม, น้ำหนักขดลวด = 54.01 กรัม

คุณสมบัติด้านกำลังสูญเสีย

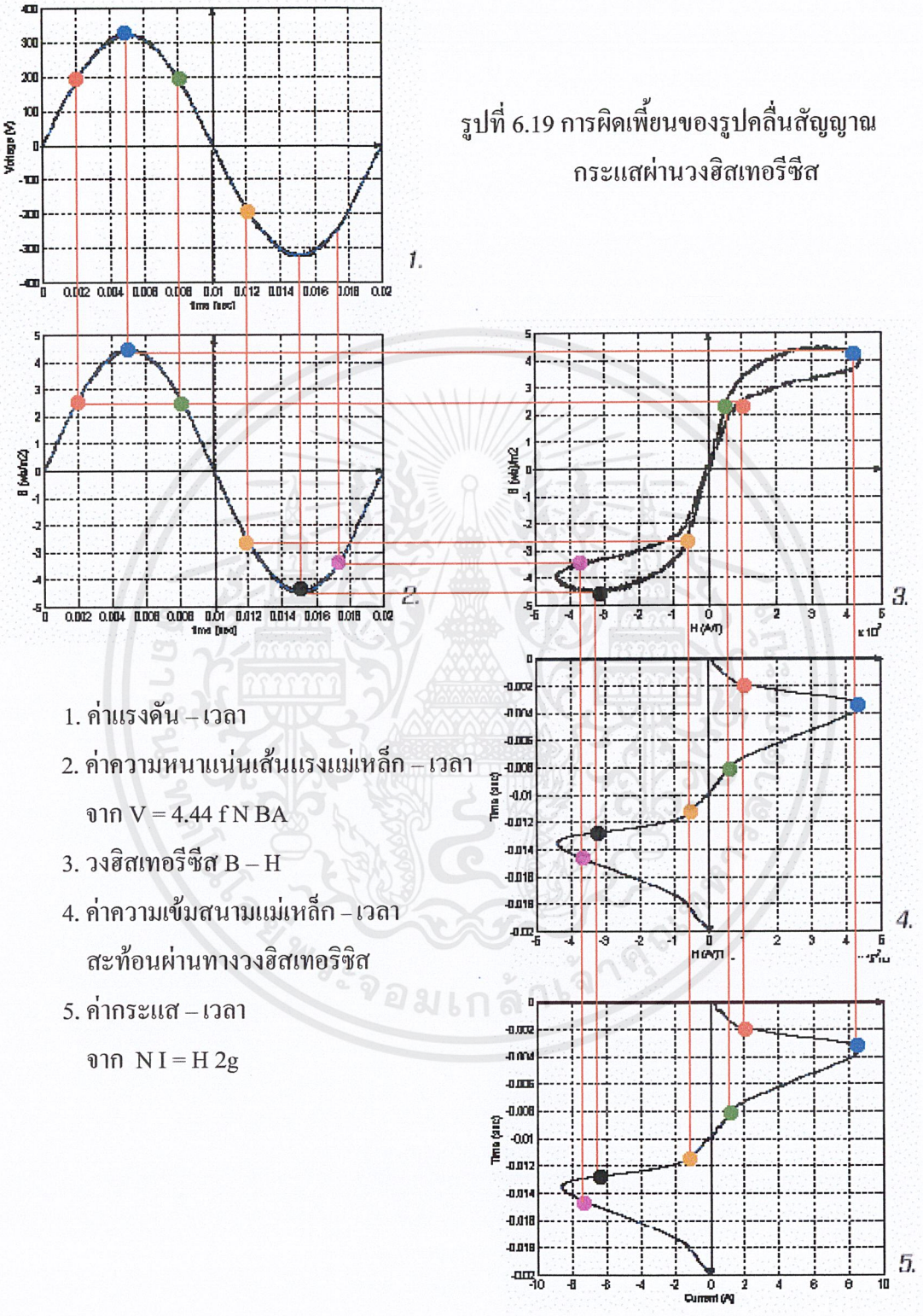
กำลังสูญเสียรวม = 6.52 วัตต์, กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 1.85 วัตต์, กำลังสูญเสียในขดลวด = 3.88 วัตต์, กำลังสูญเสียในช่องอากาศ = 0.79 วัตต์

คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ = 82.82 % , ประสิทธิภาพต่อราคา = 3.270 % / บาท

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ ห้ามมิให้ลบข้อความนี้ออกจากเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 การเพี้ยนของรูปคลื่นสัญญาณกระแส (Current waveform distortion)



รูปที่ 6.19 การผิดเพี้ยนของรูปคลื่นสัญญาณกระแสผ่านวงฮิสเทอรีซีส

1. ค่าแรงดัน – เวลา
2. ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก – เวลา
   จาก $V = 4.44\ f\ N\ BA$
3. วงฮิสเทอรีซีส B – H
4. ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก – เวลา
   สะท้อนผ่านทางวงฮิสเทอริซิส
5. ค่ากระแส – เวลา
   จาก $N\ I = H\ 2g$

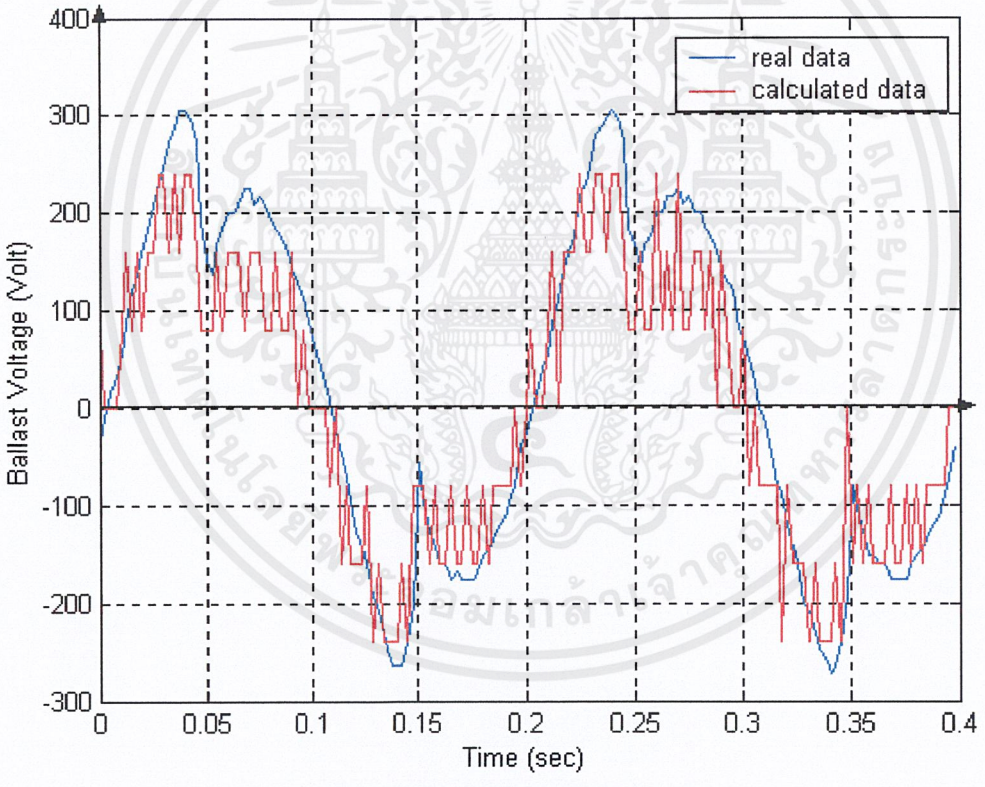
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเราพบว่าสาเหตุการเพี้ยน (distortion) ของสัญญาณมีสาเหตุโดยตรงจากการทำงานโดยวงฮิสเทอรีซีส (Hysteresis Loop) ดังรูป 5.19 ข้างต้น

ซึ่งการผิดเพี้ยนของรูปคลื่นสัญญาณกระแสจะมีผลโดยตรงกับการผิดเพี้ยนในรูปคลื่นแรงดัน คร่อมบัลลาสต์เองตามกฎของฟาราเดย์

$$V = L\frac{di}{dt} \tag{6.11}$$

ใช้ MATLAB ทำ differentiate รูปคลื่นกระแสด้วย finite different จะได้ค่าแรงดันคร่อมบัลลาสต์เปรียบเทียบกับผลที่เก็บได้จริงดังรูปที่ 5.20 ซึ่งเมื่อค่ากระแสอยู่ในช่วงที่คงที่แล้วทำให้ค่าแรงดันคร่อมบัลลาสต์มีค่าคงที่ด้วยนั่นเอง



รูปที่ 6.20 กราฟแรงดันคร่อมบัลลาสต์

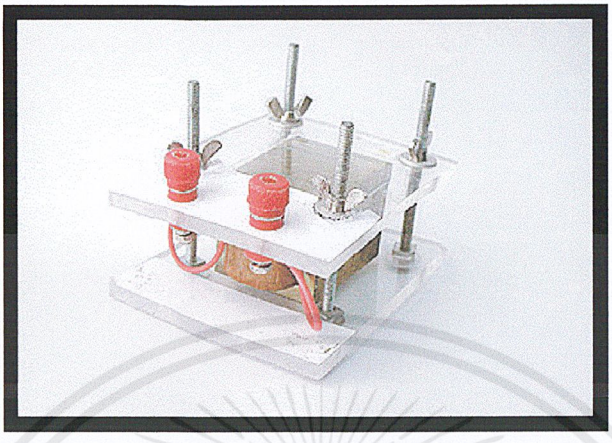
---------- จากการวัดเก็บผลด้วยสโคป

---------- จากการคำนวณตามกฎของฟาราเดย์ด้วย finite differential

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 ผลการทดลองสร้างบัลลาสต์ชนิดแม่เหล็กชุดที่สอง

1. บัลลาสต์ต้นแบบ 2/1



รูปที่ 6.21 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/1

ค่าการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/1

คุณสมบัติทั่วไป

กระแส = 0.450 แอมแปร์, แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ 141.37 โวลต์, ค่าความเหนี่ยวนำ = 1.000 เฮนรี่ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก = 1.1 เทสลา, ค่าความหนาแน่นกระแส = 662.869 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร

คุณสมบัติของแกนเหล็ก

แกนเหล็กเบอร์ = 41, ความกว้างแกนกลาง = 13 มิลลิเมตร, ขนาดพื้นที่แกนเหล็ก = 6.52 ตารางเซนติเมตร, ความหนาแกนเหล็ก = 5.016 เซนติเมตร, จำนวนแผ่นลามิเนตของแกนเหล็ก = 100 แผ่น, ความยาวต่อรอบ = 15.23 เซนติเมตร ,ขนาดช่องอากาศ = 0.323 มิลลิเมตร

คุณสมบัติของขดลวด

ขดลวดเบอร์ = 30, เส้นผ่าศูนย์กลาง = 0.294 มิลลิเมตร, จำนวนรอบ = 888 รอบ,
ความยาวรวม = 13524.24 เซนติเมตร, ความต้านทาน = 46.01 โอห์ม

คุณสมบัติด้านราคา

ราคารวม = 25.3 บาท, ราคาแกนเหล็ก = 16.5 บาท, ราคาขดลวด = 8.9 บาท

คุณสมบัติด้านน้ำหนัก

น้ำหนักรวม = 465.11 กรัม, น้ำหนักแกนเหล็ก = 401.28 กรัม, น้ำหนักขดลวด = 63.83 กรัม

คุณสมบัติด้านกำลังสูญเสีย

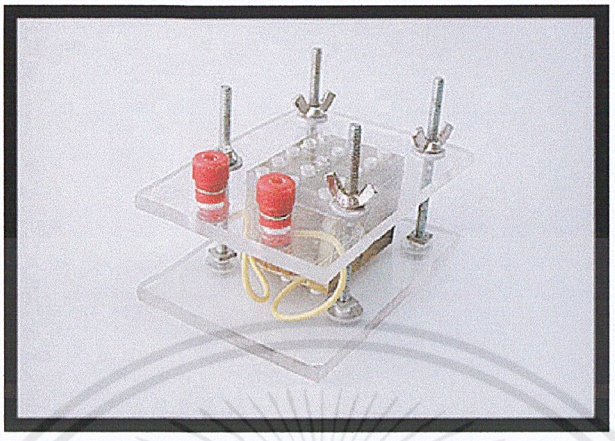
กำลังสูญเสียรวม = 7.47 วัตต์, กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 1.36 วัตต์, กำลังสูญเสียในขดลวด = 5.32 วัตต์, กำลังสูญเสียในช่องอากาศ = 0.79 วัตต์

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ = 84.67 % , ประสิทธิภาพต่อราคา = 3.534 % / บาท

2.บัลลาสต์ต้นแบบ 2/2



รูปที่ 6.22 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/2

ค่าการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/2

คุณสมบัติทั่วไป

กระแส = 0.450 แอมแปร์, แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ 141.37 โวลต์, ค่าความเหนี่ยวนำ = 1.000 เฮนรี่ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก = 1.3 เทสลา, ค่าความหนาแน่นกระแส = 662.869 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร

คุณสมบัติของแกนเหล็ก

แกนเหล็กเบอร์ = 41, ความกว้างแกนกลาง = 13 มิลลิเมตร, ขนาดพื้นที่แกนเหล็ก = 6.52 ตารางเซนติเมตร, ความหนาแกนเหล็ก = 5.016 เซนติเมตร, จำนวนแผ่นลามิเนตของแกนเหล็ก = 100 แผ่น, ความยาวต่อรอบ = 15.23 เซนติเมตร ,ขนาดช่องอากาศ = 0.231 มิลลิเมตร

คุณสมบัติของขดลวด

ขดลวดเบอร์ = 30, เส้นผ่าศูนย์กลาง = 0.294 มิลลิเมตร, จำนวนรอบ = 751 รอบ,

ความยาวรวม = 11437.73 เซนติเมตร, ความต้านทาน = 38.93 โอห์ม

คุณสมบัติด้านราคา

ราคารวม = 24.0 บาท, ราคาแกนเหล็ก = 16.5 บาท, ราคาขดลวด = 7.5 บาท

คุณสมบัติด้านน้ำหนัก

น้ำหนักรวม = 455.29 กรัม, น้ำหนักแกนเหล็ก = 401.28 กรัม, น้ำหนักขดลวด = 54.01 กรัม

คุณสมบัติด้านกำลังสูญเสีย

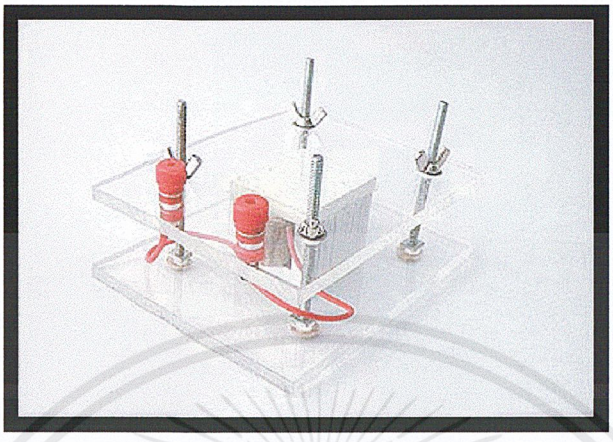
กำลังสูญเสียรวม = 6.52 วัตต์, กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 1.85 วัตต์, กำลังสูญเสียในขดลวด = 3.88 วัตต์, กำลังสูญเสียในช่องอากาศ = 0.79 วัตต์

คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ = 82.82 % , ประสิทธิภาพต่อราคา = 3.270 % / บาท

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บัลลาสต์ต้นแบบ 2/3



รูปที่ 6.23 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/3

ค่าการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/3

คุณสมบัติทั่วไป

กระแส = 0.450 แอมแปร์, แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ 141.37 โวลต์, ค่าความเหนี่ยวนำ = 1.0 เฮนรี่ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก = 2.0 เทสลา, ค่าความหนาแน่นกระแส = 662.869 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร

คุณสมบัติของแกนเหล็ก

แกนเหล็กเบอร์ = 41, ความกว้างแกนกลาง = 13 มิลลิเมตร, ขนาดพื้นที่แกนเหล็ก = 6.52 ตารางเซนติเมตร, ความหนาแกนเหล็ก = 5.016 เซนติเมตร, จำนวนแผ่นลามิเนตของแกนเหล็ก = 100 แผ่น, ความยาวต่อรอบ = 15.23 เซนติเมตร ,ขนาดช่องอากาศ = 0.098 มิลลิเมตร

คุณสมบัติของขดลวด

ขดลวดเบอร์ = 30, เส้นผ่าศูนย์กลาง = 0.294 มิลลิเมตร, จำนวนรอบ = 488 รอบ, ความยาวรวม = 7432.24 เซนติเมตร, ความต้านทาน = 25.30 โอห์ม

คุณสมบัติด้านราคา

ราคารวม = 21.3 บาท, ราคาแกนเหล็ก = 16.5 บาท, ราคาขดลวด = 4.9 บาท

คุณสมบัติด้านน้ำหนัก

น้ำหนักรวม = 436.39 กรัม, น้ำหนักแกนเหล็ก = 401.28 กรัม, น้ำหนักขดลวด = 35.11 กรัม

คุณสมบัติด้านกำลังสูญเสีย

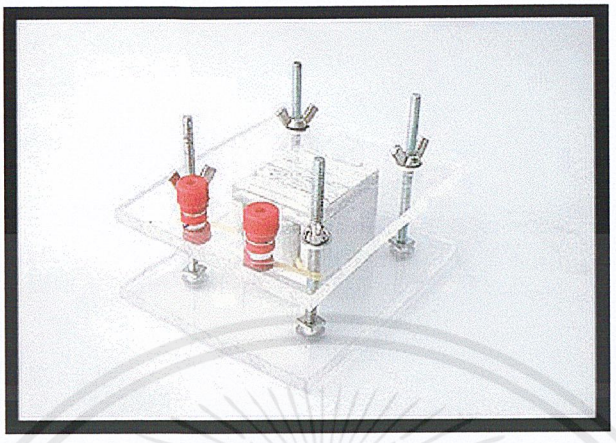
กำลังสูญเสียรวม = 6.33 วัตต์, กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 4.41 วัตต์, กำลังสูญเสียในขดลวด = 1.12 วัตต์, กำลังสูญเสียในช่องอากาศ = 0.79 วัตต์

คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ = 85.06 % , ประสิทธิภาพต่อราคา = 3.987 % / บาท

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.บัลลาสต์ต้นแบบ 2/4



รูปที่ 6.24 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/4

ค่าการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/4

คุณสมบัติทั่วไป

กระแส = 0.450 แอมแปร์, แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ 141.37 โวลต์, ค่าความเหนี่ยวนำ = 1.0 เฮนรี่ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก = 1.7 เทสลา, ค่าความหนาแน่นกระแส = 662.869 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร

คุณสมบัติของแกนเหล็ก

แกนเหล็กเบอร์ = 41, ความกว้างแกนกลาง = 13 มิลลิเมตร, ขนาดพื้นที่แกนเหล็ก = 6.52 ตารางเซนติเมตร, ความหนาแกนเหล็ก = 5.016 เซนติเมตร, จำนวนแผ่นลามิเนตของแกนเหล็ก = 100 แผ่น, ความยาวต่อรอบ = 15.23 เซนติเมตร ,ขนาดช่องอากาศ = 0.135 มิลลิเมตร

คุณสมบัติของขดลวด

ขดลวดเบอร์ = 30, เส้นผ่าศูนย์กลาง = 0.294 มิลลิเมตร, จำนวนรอบ = 574 รอบ,
ความยาวรวม = 8742.02 เซนติเมตร, ความต้านทาน = 29.77 โอห์ม

คุณสมบัติด้านราคา

ราคารวม = 22.2 บาท, ราคาแกนเหล็ก = 16.5 บาท, ราคาขดลวด = 5.7 บาท

คุณสมบัติด้านน้ำหนัก

น้ำหนักรวม = 442.59 กรัม, น้ำหนักแกนเหล็ก = 401.28 กรัม, น้ำหนักขดลวด = 41.03 กรัม

คุณสมบัติด้านกำลังสูญเสีย

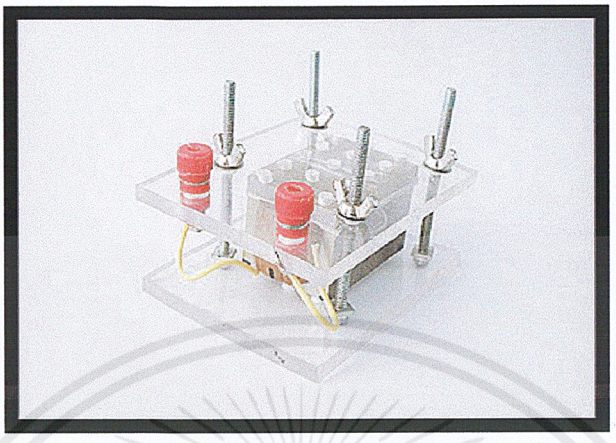
กำลังสูญเสียรวม = 6.03 วัตต์, กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 3.21 วัตต์, กำลังสูญเสียในขดลวด = 2.03 วัตต์, กำลังสูญเสียในช่องอากาศ = 0.79 วัตต์

คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ = 85.66 % , ประสิทธิภาพต่อราคา = 3.860 % / บาท

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.บัลลาสต์ต้นแบบ 2/5



รูปที่ 6.25 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/5

ค่าการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/5

คุณสมบัติทั่วไป

กระแส = 0.450 แอมแปร์, แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ 183.78 โวลต์, ค่าความเหนี่ยวนำ = 1.3 เฮนรี่ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก = 1.1 เทสลา, ค่าความหนาแน่นกระแส = 662.869 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร

คุณสมบัติของแกนเหล็ก

แกนเหล็กเบอร์ = 41, ความกว้างแกนกลาง = 13 มิลลิเมตร, ขนาดพื้นที่แกนเหล็ก = 7.43 ตารางเซนติเมตร, ความหนาแกนเหล็ก = 5.719 เซนติเมตร, จำนวนแผ่นลามิเนตของแกนเหล็ก = 114 แผ่น, ความยาวต่อรอบ = 16.64 เซนติเมตร ,ขนาดช่องอากาศ = 0.368 มิลลิเมตร

คุณสมบัติของขดลวด

ขดลวดเบอร์ = 30, เส้นผ่าศูนย์กลาง = 0.294 มิลลิเมตร, จำนวนรอบ = 1012 รอบ, ความยาวรวม = 16839.68 เซนติเมตร, ความต้านทาน = 57.30 โอห์ม

คุณสมบัติด้านราคา

ราคารวม = 29.8 บาท, ราคาแกนเหล็ก = 18.8 บาท, ราคาขดลวด = 11.0 บาท

คุณสมบัติด้านน้ำหนัก

น้ำหนักรวม = 537.03 กรัม, น้ำหนักแกนเหล็ก = 457.53 กรัม, น้ำหนักขดลวด = 79.49 กรัม

คุณสมบัติด้านกำลังสูญเสีย

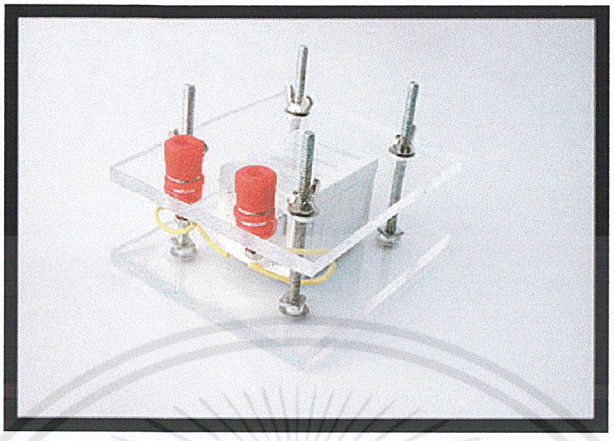
กำลังสูญเสียรวม = 10.06 วัตต์, กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 1.56 วัตต์, กำลังสูญเสียในขดลวด = 7.6 วัตต์, กำลังสูญเสียในช่องอากาศ = 0.9 วัตต์

คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ = 78.17 % , ประสิทธิภาพต่อราคา = 2.622 % / บาท

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.บัลลาสต์ต้นแบบ 2/6



รูปที่ 6.26 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/6

ค่าการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/6

คุณสมบัติทั่วไป

กระแส = 0.430 แอมแปร์, แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ 180.0 โวลต์, ค่าความเหนี่ยวนำ = 1.33 เฮนรี่ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก = 1.3 เทสลา, ค่าความหนาแน่นกระแส = 633.28 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร

คุณสมบัติของแกนเหล็ก

แกนเหล็กเบอร์ = 41, ความกว้างแกนกลาง = 13 มิลลิเมตร, ขนาดพื้นที่แกนเหล็ก = 7.19 ตารางเซนติเมตร, ความหนาแกนเหล็ก = 5.53 เซนติเมตร, จำนวนแผ่นลามิเนตของแกนเหล็ก = 111 แผ่น, ความยาวต่อรอบ = 16.27 เซนติเมตร ,ขนาดช่องอากาศ = 0.255 มิลลิเมตร

คุณสมบัติของขดลวด

ขดลวดเบอร์ = 30, เส้นผ่าศูนย์กลาง = 0.294 มิลลิเมตร, จำนวนรอบ = 488 รอบ, ความยาวรวม = 7432.24 เซนติเมตร, ความต้านทาน = 47.98 โอห์ม

คุณสมบัติด้านราคา

ราคารวม = 27.40 บาท, ราคาแกนเหล็ก = 18.15 บาท, ราคาขดลวด = 9.25 บาท

คุณสมบัติด้านน้ำหนัก

น้ำหนักรวม = 509.2 กรัม, น้ำหนักแกนเหล็ก = 442.62 กรัม, น้ำหนักขดลวด = 66.57 กรัม

คุณสมบัติด้านกำลังสูญเสีย

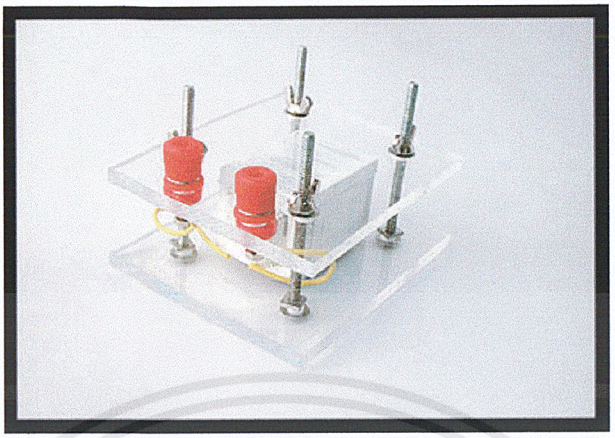
กำลังสูญเสียรวม = 7.78 วัตต์, กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 2.04 วัตต์, กำลังสูญเสียในขดลวด = 4.87 วัตต์, กำลังสูญเสียในช่องอากาศ = 0.79 วัตต์

คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ = 82.24% , ประสิทธิภาพต่อราคา = 3.001 % / บาท

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. บัลลาสต์ต้นแบบ 2/7



รูปที่ 6.27 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/7

ค่าการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/7

คุณสมบัติทั่วไป

กระแส = 0.430 แอมแปร์, แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ 180.0 โวลต์, ค่าความเหนี่ยวนำ = 1.33 เฮนรี่ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก = 1.8 เทสลา, ค่าความหนาแน่นกระแส = 633.28 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร

คุณสมบัติของแกนเหล็ก

แกนเหล็กเบอร์ = 41, ความกว้างแกนกลาง = 13 มิลลิเมตร, ขนาดพื้นที่แกนเหล็ก = 7.19 ตารางเซนติเมตร, ความหนาแกนเหล็ก = 5.53 เซนติเมตร, จำนวนแผ่นลามิเนตของแกนเหล็ก = 111 แผ่น, ความยาวต่อรอบ = 16.27 เซนติเมตร ,ขนาดช่องอากาศ = 0.133 มิลลิเมตร

คุณสมบัติของขดลวด

ขดลวดเบอร์ = 30, เส้นผ่าศูนย์กลาง = 0.294 มิลลิเมตร, จำนวนรอบ = 626 รอบ, ความยาวรวม = 10186.5 เซนติเมตร, ความต้านทาน = 34.65 โอห์ม

คุณสมบัติด้านราคา

ราคารวม = 24.83 บาท, ราคาแกนเหล็ก = 18.15 บาท, ราคาขดลวด = 6.68 บาท

คุณสมบัติด้านน้ำหนัก

น้ำหนักรวม = 490.71 กรัม, น้ำหนักแกนเหล็ก = 442.62 กรัม, น้ำหนักขดลวด = 48.08 กรัม

คุณสมบัติด้านกำลังสูญเสีย

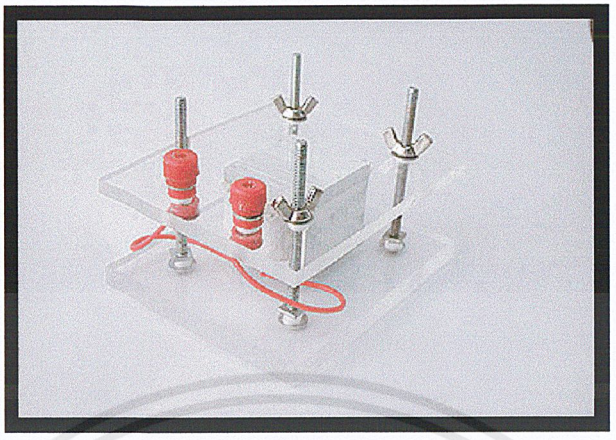
กำลังสูญเสียรวม = 7.26 วัตต์, กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 3.98 วัตต์, กำลังสูญเสียในขดลวด = 2.41 วัตต์, กำลังสูญเสียในช่องอากาศ = 0.87 วัตต์

คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ = 83.22% , ประสิทธิภาพต่อราคา = 3.351 % / บาท

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.บัลลาสต์ต้นแบบ2/8



รูปที่ 6.28 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/8

ค่าการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/8

คุณสมบัติทั่วไป

กระแส = 0.430 แอมแปร์, แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ 180.0 โวลต์, ค่าความเหนี่ยวนำ = 1.33 เฮนรี่ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก = 1.5 เทสลา, ค่าความหนาแน่นกระแส = 663.409 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร

คุณสมบัติของแกนเหล็ก

แกนเหล็กเบอร์ = 41, ความกว้างแกนกลาง = 13 มิลลิเมตร, ขนาดพื้นที่แกนเหล็ก = 6.00 ตารางเซนติเมตร, ความหนาแกนเหล็ก = 4.615 เซนติเมตร, จำนวนแผ่นลามิเนตของแกนเหล็ก = 92 แผ่น, ความยาวต่อรอบ = 14.43 เซนติเมตร ,ขนาดช่องอากาศ = 0.276 มิลลิเมตร

คุณสมบัติของขดลวด

ขดลวดเบอร์ = 30, เส้นผ่าศูนย์กลาง = 0.294 มิลลิเมตร, จำนวนรอบ = 901 รอบ, ความยาวรวม = 13000.69 เซนติเมตร, ความต้านทาน = 44.23 โอห์ม

คุณสมบัติด้านราคา

ราคารวม = 23.7 บาท, ราคาแกนเหล็ก = 15.1 บาท, ราคาขดลวด = 8.5 บาท

คุณสมบัติด้านน้ำหนัก

น้ำหนักรวม = 430.59 กรัม, น้ำหนักแกนเหล็ก = 369.23 กรัม, น้ำหนักขดลวด = 61.36 กรัม

คุณสมบัติด้านกำลังสูญเสีย

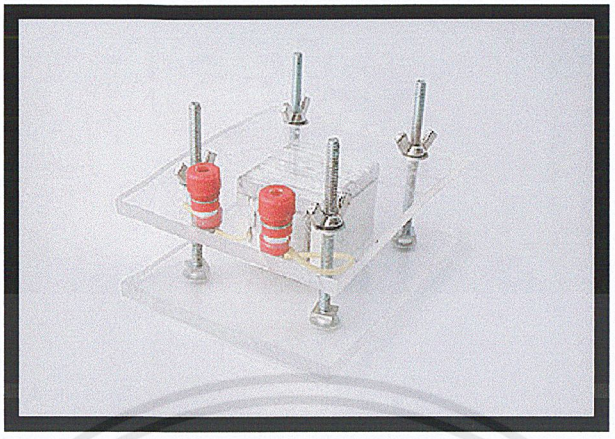
กำลังสูญเสียรวม = 8.74 วัตต์, กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 3.31 วัตต์, กำลังสูญเสียในขดลวด = 4.18 วัตต์, กำลังสูญเสียในช่องอากาศ = 1.25 วัตต์

คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ = 80.46 % , ประสิทธิภาพต่อราคา = 3.400 % / บาท

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.บัลลาสต์ต้นแบบ 2/9



รูปที่ 6.29 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/9

ค่าการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/9

คุณสมบัติทั่วไป

กระแส = 0.430 แอมแปร์, แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ 180.0 โวลต์, ค่าความเหนี่ยวนำ = 1.33 เฮนรี่ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก = 1.8 เทสลา, ค่าความหนาแน่นกระแส = 633.409 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร

คุณสมบัติของแกนเหล็ก

แกนเหล็กเบอร์ = 41, ความกว้างแกนกลาง = 13 มิลลิเมตร, ขนาดพื้นที่แกนเหล็ก = 5.90 ตารางเซนติเมตร, ความหนาแกนเหล็ก = 4.538 เซนติเมตร, จำนวนแผ่นลามิเนตของแกนเหล็ก = 91 แผ่น, ความยาวต่อรอบ = 14.28 เซนติเมตร ,ขนาดช่องอากาศ = 0.195 มิลลิเมตร

คุณสมบัติของขดลวด

ขดลวดเบอร์ = 30, เส้นผ่าศูนย์กลาง = 0.294 มิลลิเมตร, จำนวนรอบ = 763 รอบ, ความยาวรวม = 10900.08 เซนติเมตร, ความต้านทาน = 37.08 โอห์ม

คุณสมบัติด้านราคา

ราคารวม = 22.0 บาท, ราคาแกนเหล็ก = 14.9 บาท, ราคาขดลวด = 7.2 บาท

คุณสมบัติด้านน้ำหนัก

น้ำหนักรวม = 414.53 กรัม, น้ำหนักแกนเหล็ก = 363.08 กรัม, น้ำหนักขดลวด = 51.45 กรัม

คุณสมบัติด้านกำลังสูญเสีย

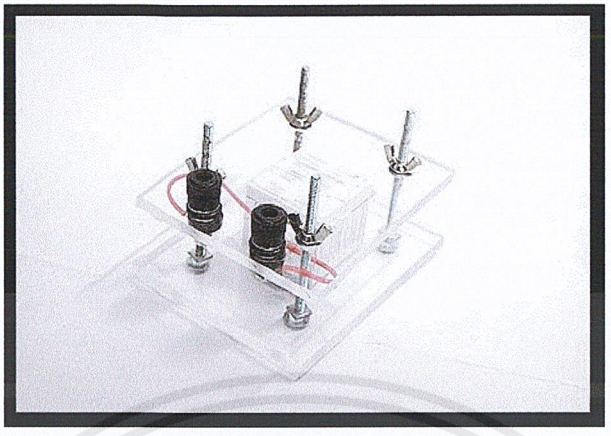
กำลังสูญเสียรวม = 8.58 วัตต์, กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 4.46 วัตต์, กำลังสูญเสียในขดลวด = 2.86 วัตต์, กำลังสูญเสียในช่องอากาศ = 1.27 วัตต์

คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ = 80.75 % , ประสิทธิภาพต่อราคา = 3.664 % / บาท

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. บัลลาสต์ต้นแบบ 2/10



รูปที่ 6.30 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/10

ค่าการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/10

คุณสมบัติทั่วไป

กระแส = 0.430 แอมแปร์, แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ 180.0 โวลต์, ค่าความเหนี่ยวนำ = 1.33 เฮนรี่ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก = 1.5 เทสลา, ค่าความหนาแน่นกระแส = 633.409 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร

คุณสมบัติของแกนเหล็ก

แกนเหล็กเบอร์ = 41, ความกว้างแกนกลาง = 13 มิลลิเมตร, ขนาดพื้นที่แกนเหล็ก = 5.4 ตารางเซนติเมตร, ความหนาแกนเหล็ก = 4.154 เซนติเมตร, จำนวนแผ่นลามิเนตของแกนเหล็ก = 83 แผ่น, ความยาวต่อรอบ = 13.51 เซนติเมตร ,ขนาดช่องอากาศ = 0.306 มิลลิเมตร

คุณสมบัติของขดลวด

ขดลวดเบอร์ = 30, เส้นผ่าศูนย์กลาง = 0.294 มิลลิเมตร, จำนวนรอบ = 1001 รอบ, ความยาวรวม = 13521.21 เซนติเมตร, ความต้านทาน = 46.00 โอห์ม

คุณสมบัติด้านราคา

ราคารวม = 22.5 บาท, ราคาแกนเหล็ก = 13.6 บาท, ราคาขดลวด = 8.9 บาท

คุณสมบัติด้านน้ำหนัก

น้ำหนักรวม = 396.13 กรัม, น้ำหนักแกนเหล็ก = 332.31 กรัม, น้ำหนักขดลวด = 63.82 กรัม

คุณสมบัติด้านกำลังสูญเสีย

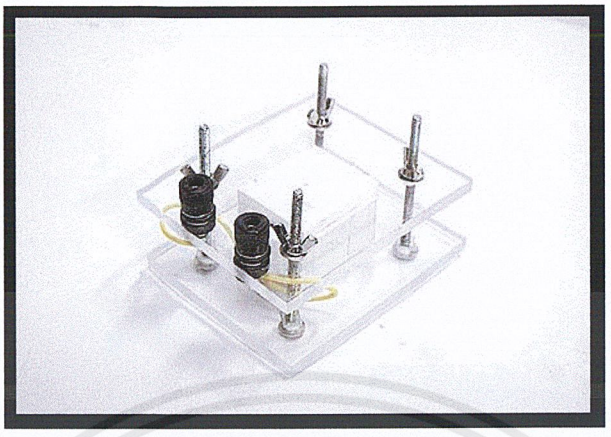
กำลังสูญเสียรวม = 8.88 วัตต์, กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 2.98 วัตต์, กำลังสูญเสียในขดลวด = 4.51 วัตต์, กำลังสูญเสียในช่องอากาศ = 1.39 วัตต์

คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ = 80.22% , ประสิทธิภาพต่อราคา = 3.566 % / บาท

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. บัลลาสต์ต้นแบบ 2/11



รูปที่ 6.31 บัลลาสต์ต้นแบบ 2/11

ค่าการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/11

คุณสมบัติทั่วไป

กระแส = 0.370 แอมแปร์, แรงดันตกคร่อมบัลลาสต์ 205.0 โวลต์, ค่าความเหนี่ยวนำ = 1.764 เฮนรี่ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก = 1.5 เทสลา, ค่าความหนาแน่นกระแส = 544.918 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร

คุณสมบัติของแกนเหล็ก

แกนเหล็กเบอร์ = 41, ความกว้างแกนกลาง = 13 มิลลิเมตร, ขนาดพื้นที่แกนเหล็ก = 6.3 ตารางเซนติเมตร, ความหนาแกนเหล็ก = 4.846 เซนติเมตร, จำนวนแผ่นลามิเนตของแกนเหล็ก = 97 แผ่น, ความยาวต่อรอบ = 14.89 เซนติเมตร ,ขนาดช่องอากาศ = 0.214 มิลลิเมตร

คุณสมบัติของขดลวด

ขดลวดเบอร์ = 30, เส้นผ่าศูนย์กลาง = 0.294 มิลลิเมตร, จำนวนรอบ = 977 รอบ, ความยาวรวม = 14552.28 เซนติเมตร, ความต้านทาน = 49.51 โอห์ม

คุณสมบัติด้านราคา

ราคารวม = 25.4 บาท, ราคาแกนเหล็ก = 15.9 บาท, ราคาขดลวด = 9.5 บาท

คุณสมบัติด้านน้ำหนัก

น้ำหนักรวม = 456.38 กรัม, น้ำหนักแกนเหล็ก = 387.69 กรัม, น้ำหนักขดลวด = 68.69 กรัม

คุณสมบัติด้านกำลังสูญเสีย

กำลังสูญเสียรวม = 6.15 วัตต์, กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก = 2.4 วัตต์, กำลังสูญเสียในขดลวด = 2.78 วัตต์, กำลังสูญเสียในช่องอากาศ = 0.97 วัตต์

คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ = 74.53% , ประสิทธิภาพต่อราคา = 2.929 % / บาท

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบรายละเอียดทั้งหมดในการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบตัวต่างๆ สามารถดูได้จากตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 รายละเอียดของบัลลาสต์ต้นแบบที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม

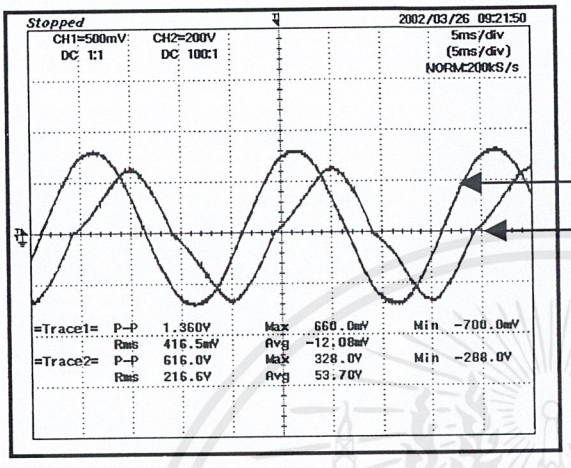
บัลลาสต์	พิกัดกำลัง (วัตต์)	จำนวนรอบ (รอบ)	พื้นที่แกนเหล็ก (ตร.ซม.)	ความหนา (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	กระแส (แอมแปร์)	แรงดันคร่อมบัลลาสต์ (โวลต์)	ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (เทสลา)	ราคา (บาท)	ประสิทธิภาพ (%)	ประสิทธิภาพ/ราคา (%/บาท)
ต้นแบบ 2/1	36	888	6.52	5.02	465	0.45	141.37	1.1	25.3	82.82	0.305
ต้นแบบ 2/2	36	751	6.52	5.02	455	0.45	141.37	1.3	24	84.67	0.283
ต้นแบบ **2/3	36	488	6.52	5.02	436	0.45	141.37	2	21.3	85.06	0.250
ต้นแบบ **2/4	36	574	6.52	5.02	443	0.45	141.37	1.7	22.2	85.66	0.259
ต้นแบบ 2/5	36	1012	7.43	5.72	537	0.45	183.78	1.1	29.8	78.17	0.381
ต้นแบบ 2/6	36	867	7.19	5.53	509	0.43	180	1.3	27.4	82.24	0.333
ต้นแบบ **2/7	36	626	7.19	5.53	491	0.43	180	1.8	29.8	83.22	0.358
ต้นแบบ 2/8	36	901	6	4.62	431	0.43	180	1.5	23.7	80.84	0.293
ต้นแบบ **2/9	36	764	5.9	4.54	414	0.43	180	1.8	22.0	80.75	0.272
ต้นแบบ 2/10	36	1001	5.4	4.15	396	0.43	180	1.5	22.5	80.22	0.280
ต้นแบบ 2/11	18	977	6.3	4.85	456	0.37	205	1.5	25.4	74.53	0.341

หมายเหตุ เครื่องหมาย ** ในตาราง หมายถึง บัลลาสต์ต้นแบบตัวนั้นๆ ไม่สามารถนำมาใช้งานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.5 ผลการเก็บค่าคุณสมบัติต่างๆของบัลลาสต์ทั่วไปและบัลลาสต์ต้นแบบ

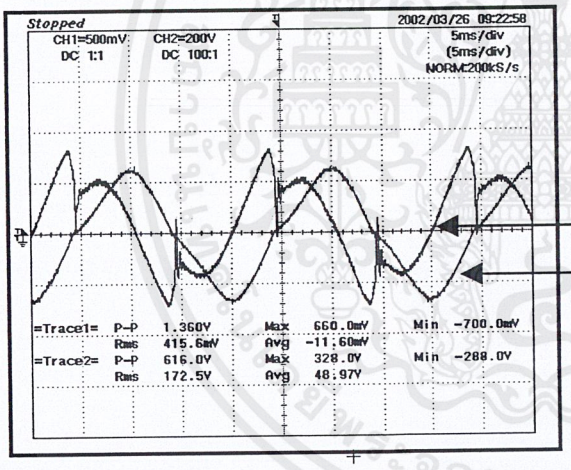
วิธีการอ่านกราฟการทดลอง



สัญญาณตกคร่อมระบบ

CH1. สัญญาณแรงดันไฟฟ้า

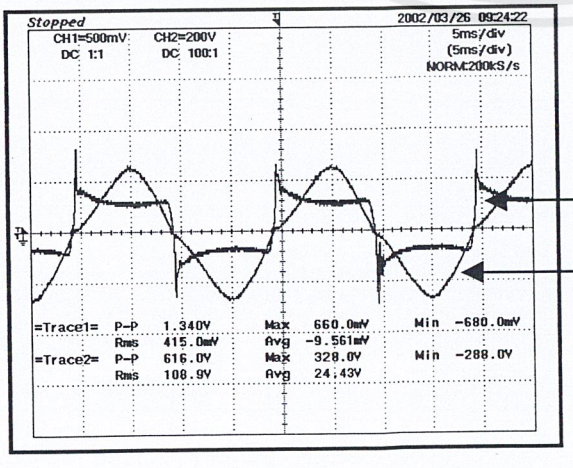
CH2. สัญญาณกระแสไฟฟ้า



สัญญาณตกคร่อมบัลลาสต์

CH1. สัญญาณแรงดันไฟฟ้า

CH2. สัญญาณกระแสไฟฟ้า



สัญญาณตกคร่อมหลอดไฟ

CH1. สัญญาณแรงดันไฟฟ้า

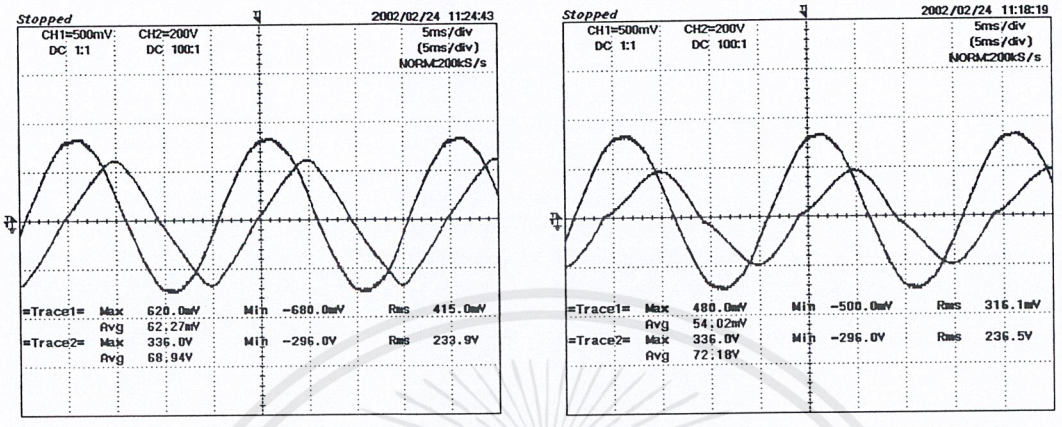
CH2. สัญญาณกระแสไฟฟ้า

รูปที่ 6.32 รายละเอียดของกราฟผลการทดลอง

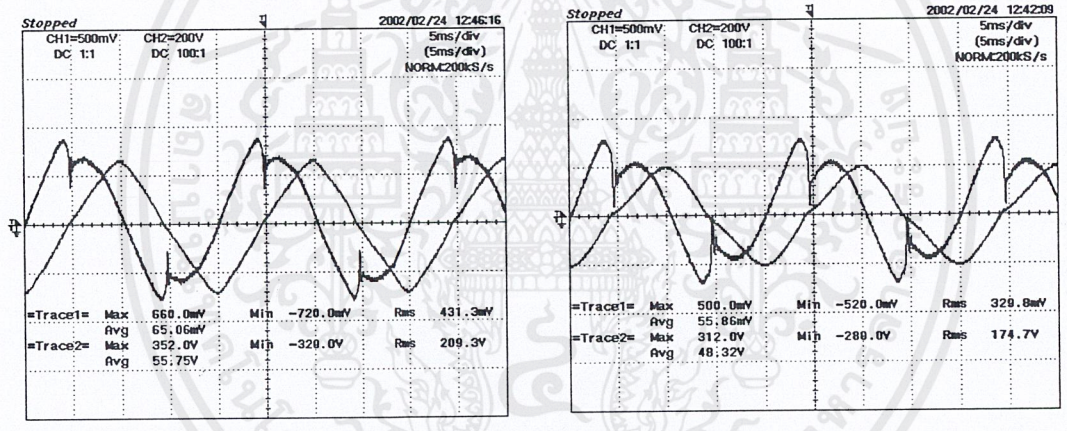
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ตัวอย่าง ขนาด18W ยี่ห้อ 1

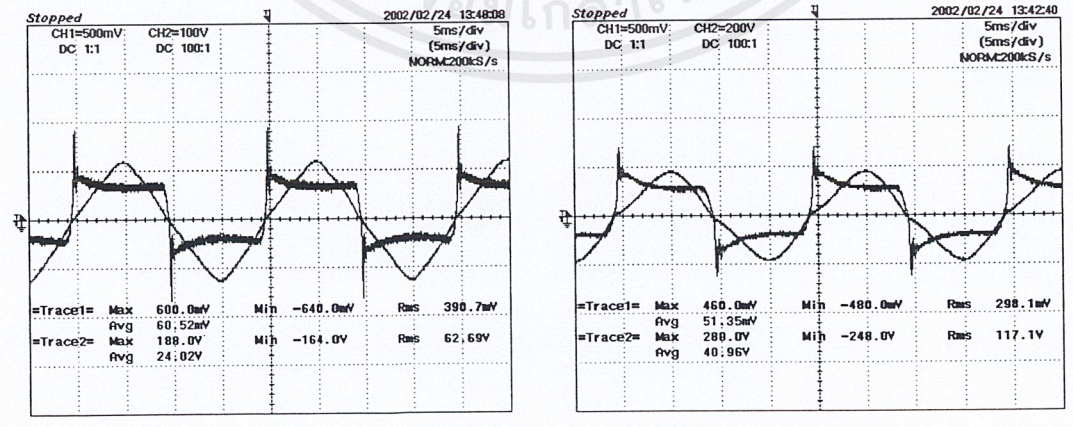
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18W *ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36W*



รูปที่ 6.33 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ



รูปที่ 6.34 กระแสและแรงดันคร่อมบัลลาสต์

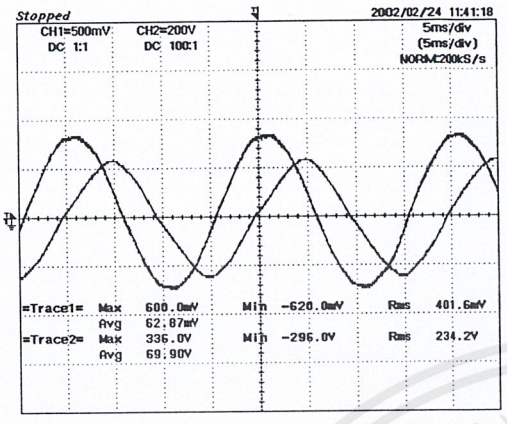


รูปที่ 6.35 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

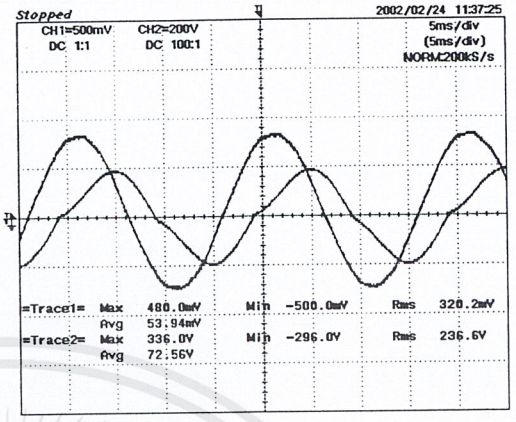
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ตัวอย่างขนาด 18W ยี่ห้อ2

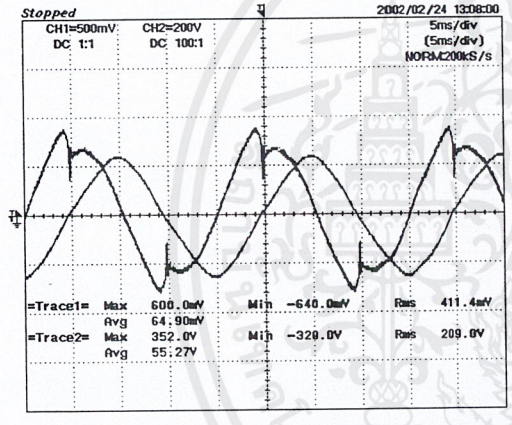
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18W

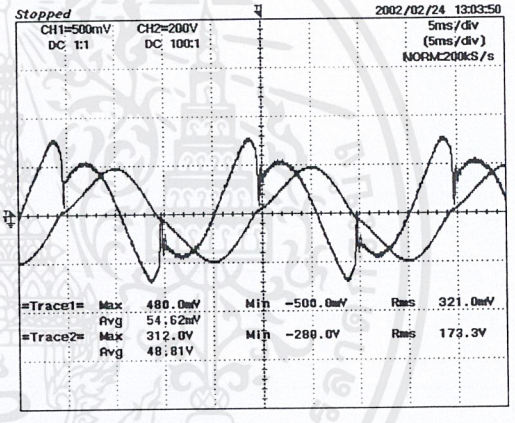


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36W

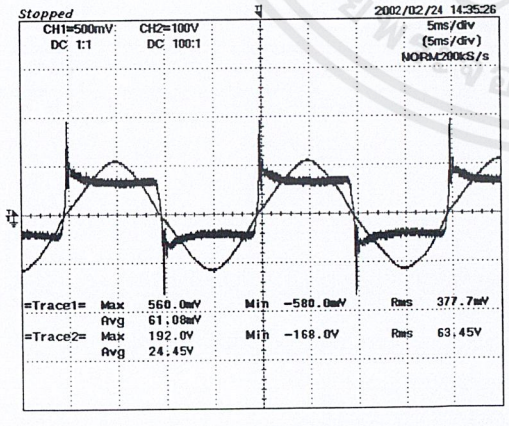


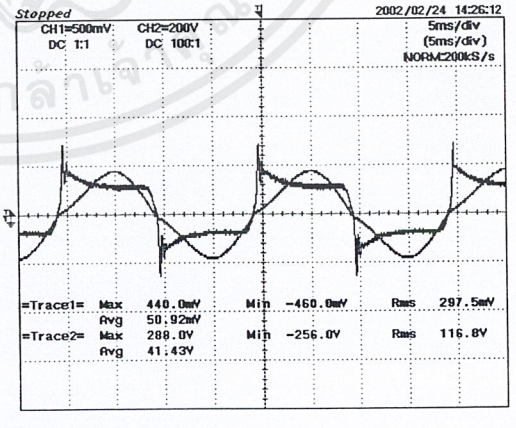
รูปที่ 6.36 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.37 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



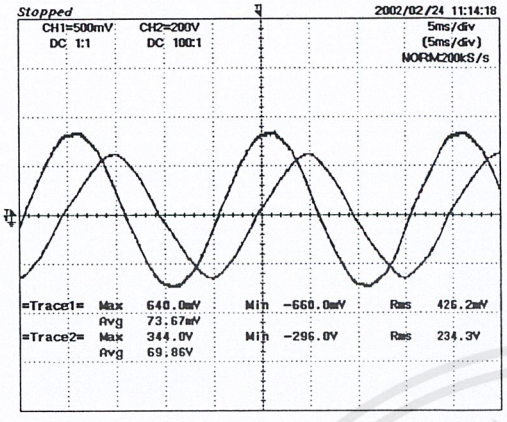


รูปที่ 6.38 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

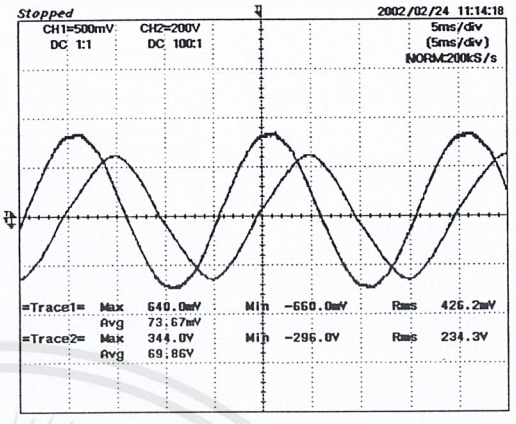
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ตัวอย่างขนาด 18W ยี่ห้อ3

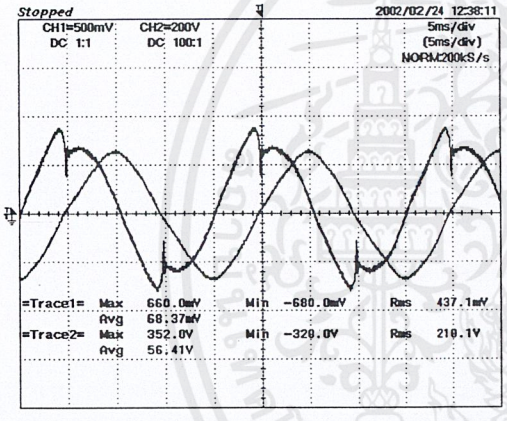
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18W

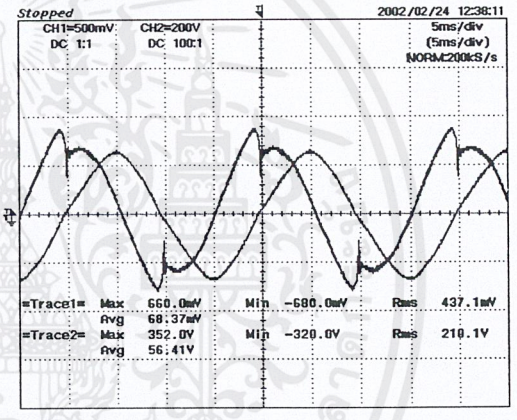


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36W

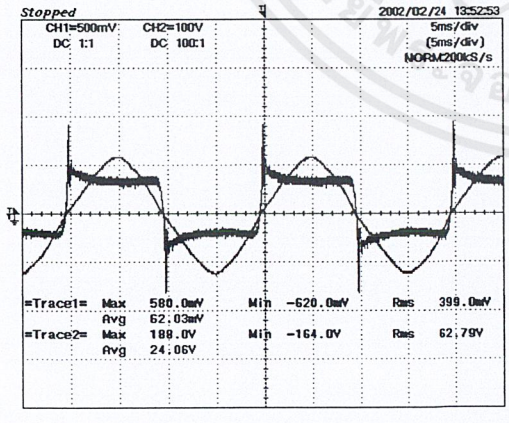


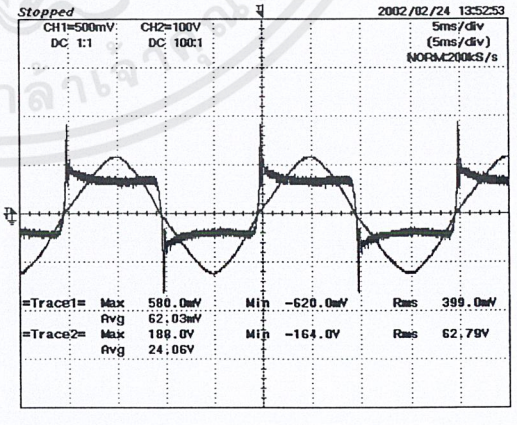
รูปที่ 6.39 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.40 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



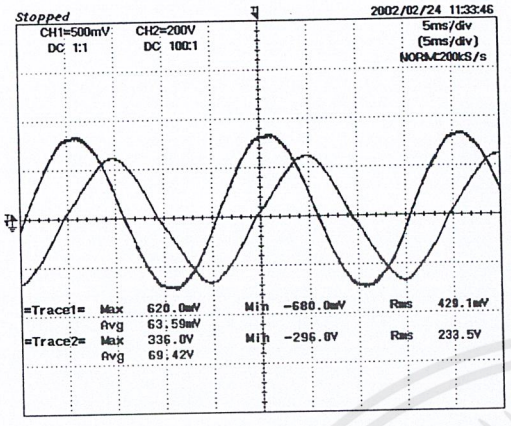


รูปที่ 6.41 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

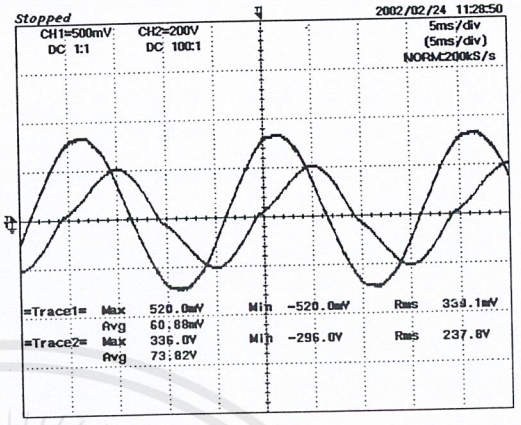
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ตัวอย่างขนาด 18W ยี่ห้อ4

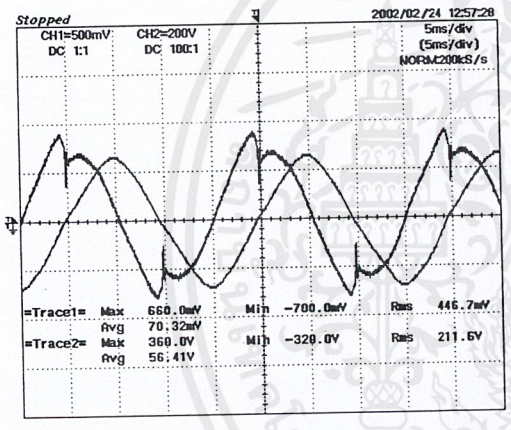
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18W

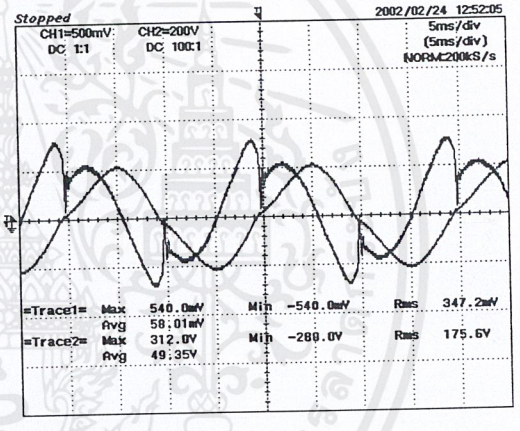


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36W

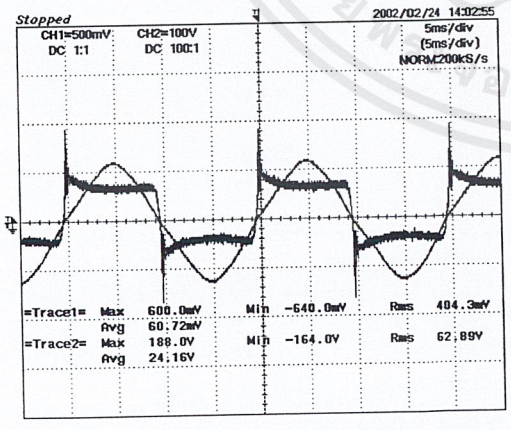


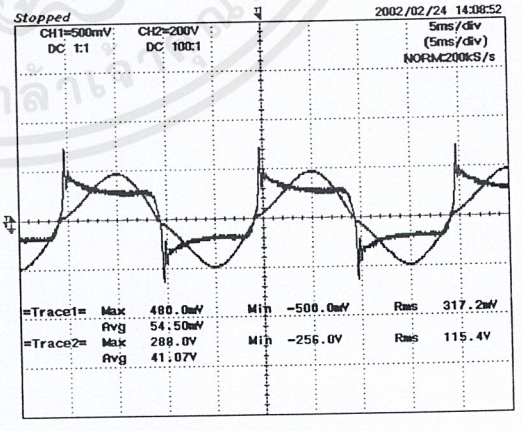
รูปที่ 6.42 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.43 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



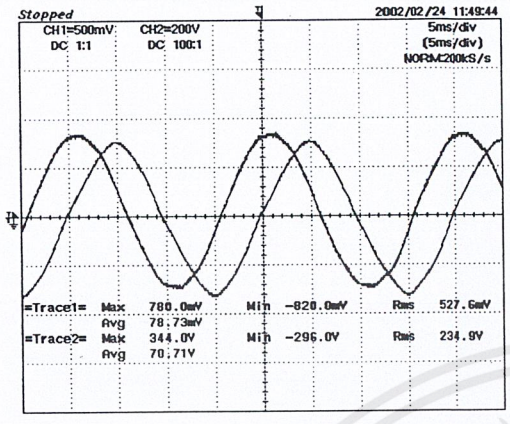


รูปที่ 6.44 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

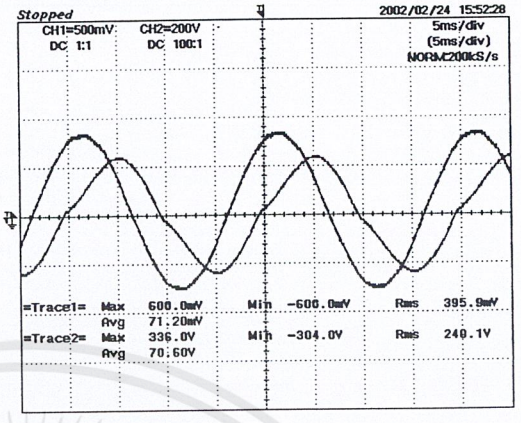
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ตัวอย่างขนาด 32W ยี่ห้อ5

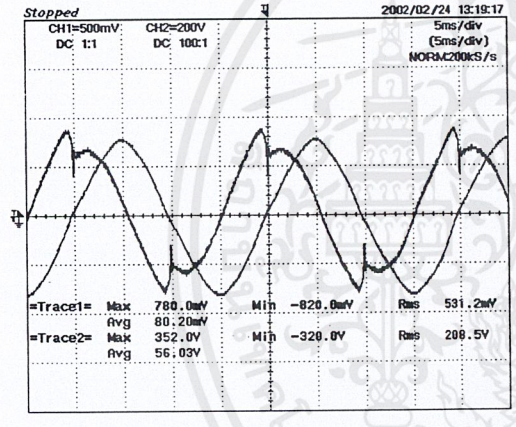
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18W

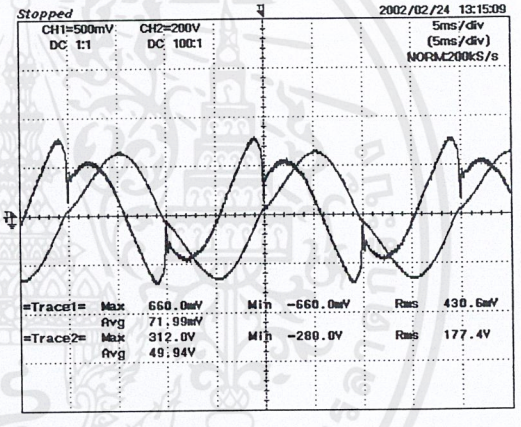


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36W

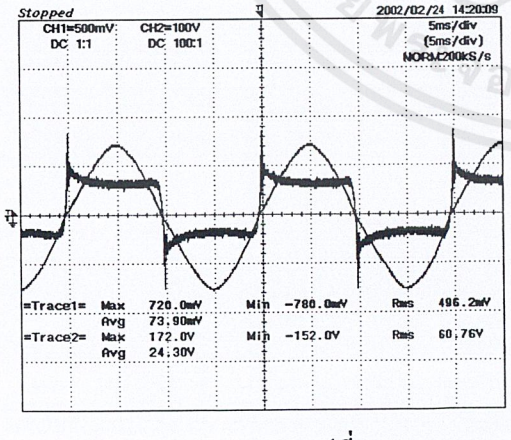


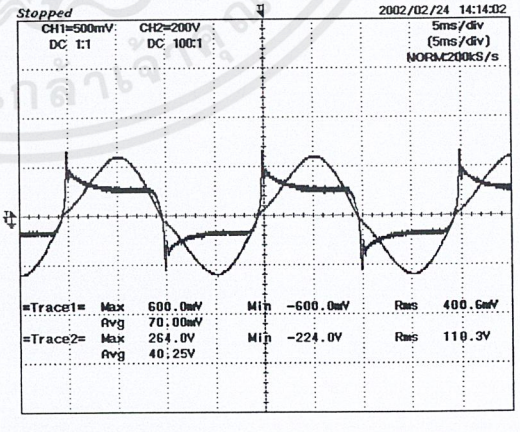
รูปที่ 6.45 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.46 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



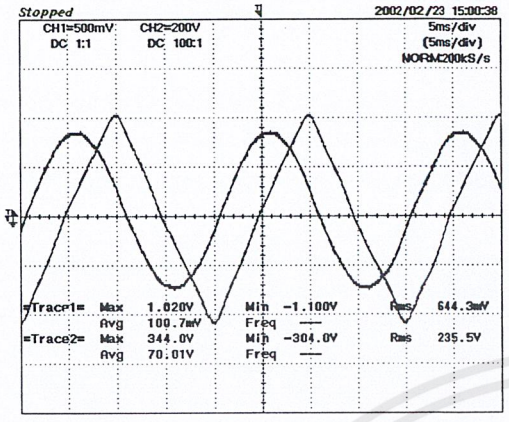


รูปที่ 6.47 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

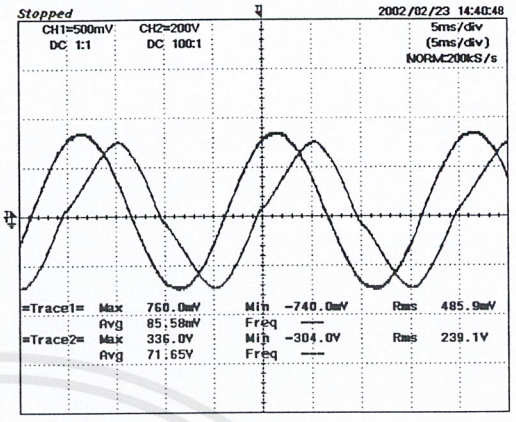
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ตัวอย่างขนาด 36W ยี่ห้อ6

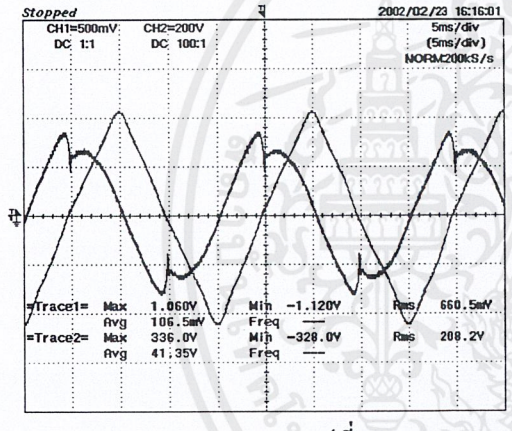
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด18 W

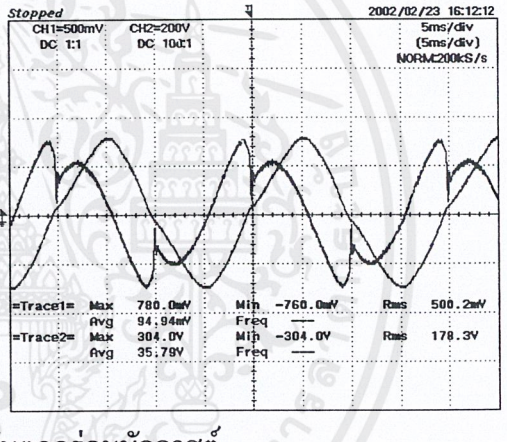


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด36 W

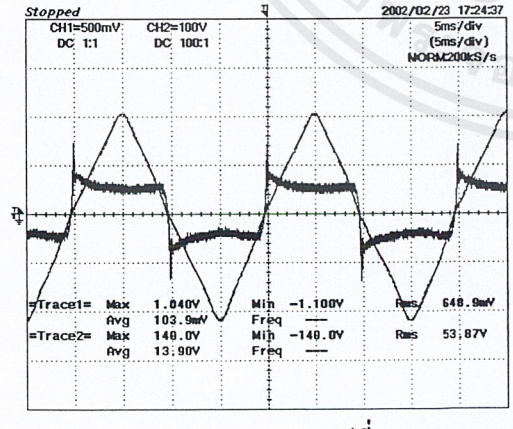


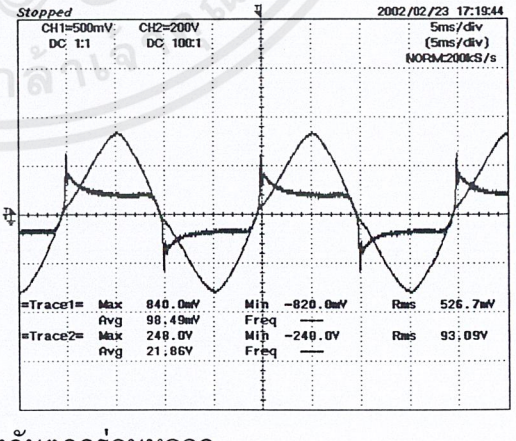
รูปที่ 6.48 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.49 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



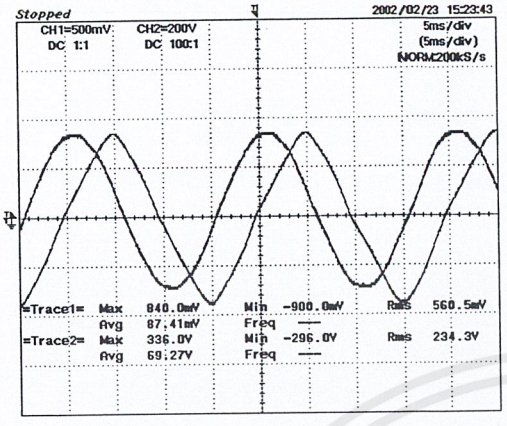


รูปที่ 6.50 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

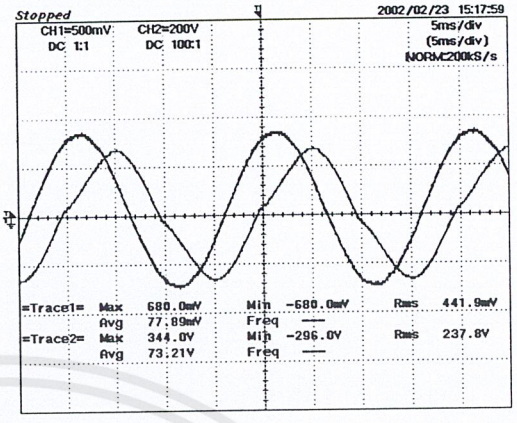
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ตัวอย่างขนาด 40W ยี่ห้อ7

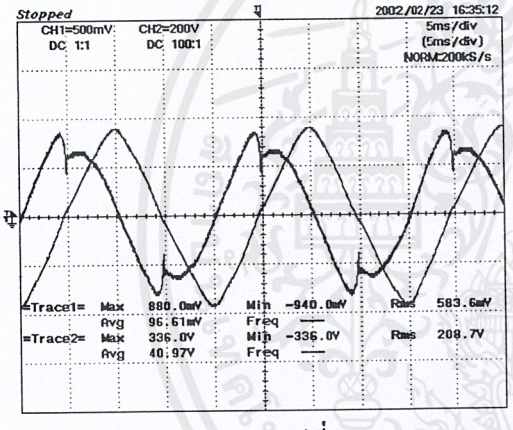
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด18 W

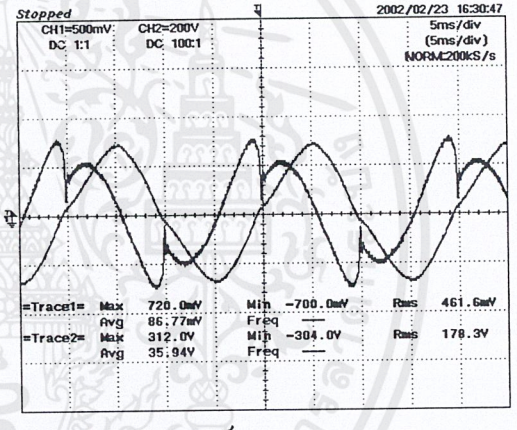


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด36W

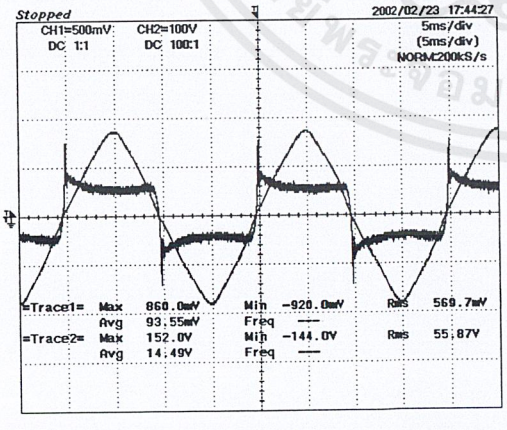


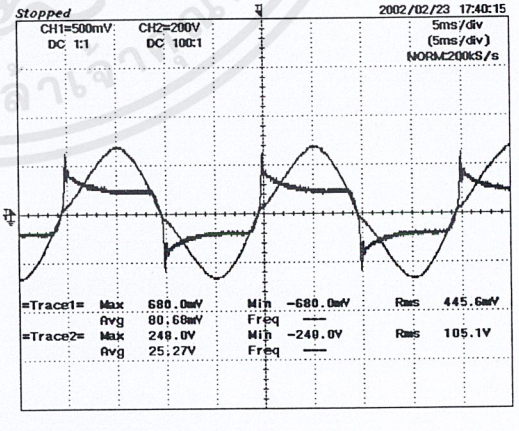
รูปที่ 6.51 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.52 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์





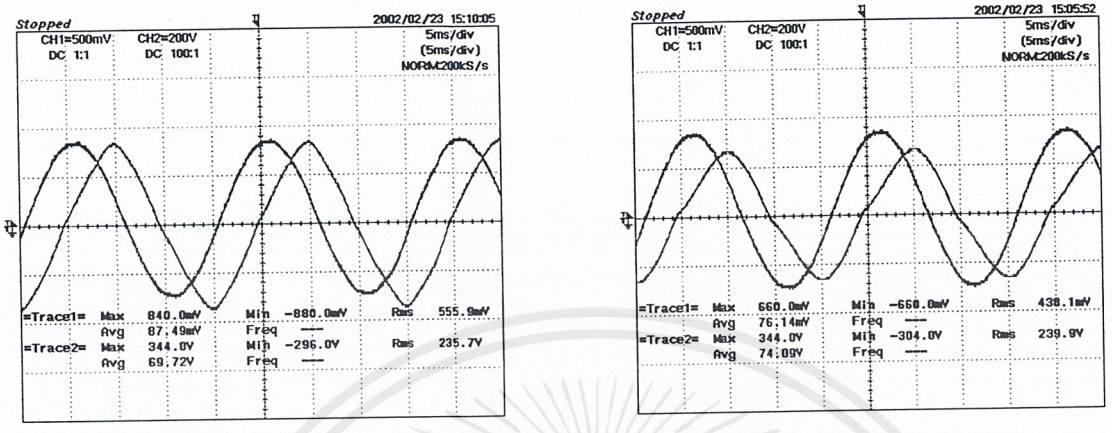
รูปที่ 6.53 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

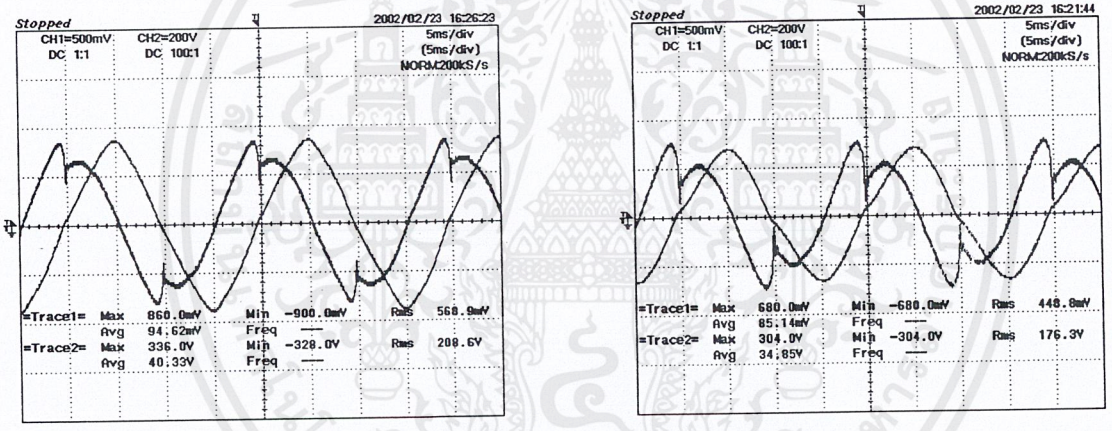
บัลลาสต์ตัวอย่างขนาด 40W ยี่ห้อ8

ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด18 W

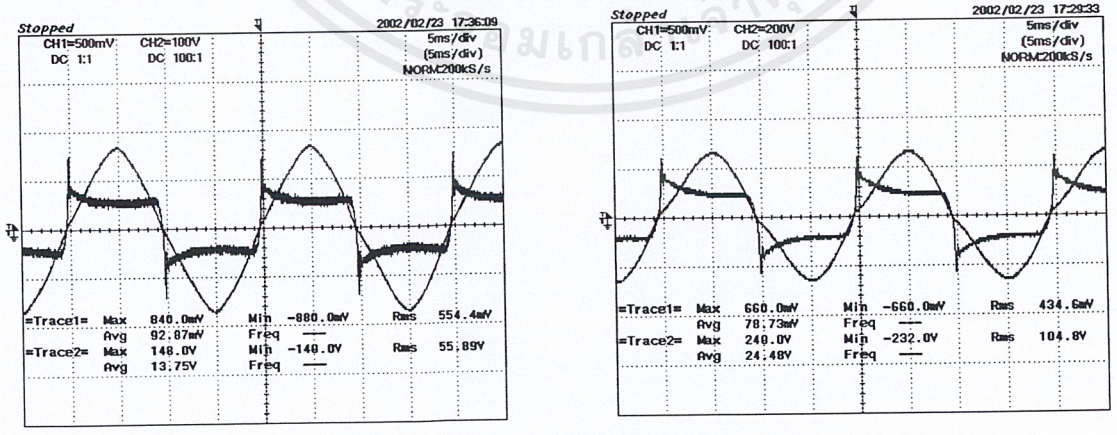
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด36W



รูปที่ 6.54 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ



รูปที่ 6.55 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์

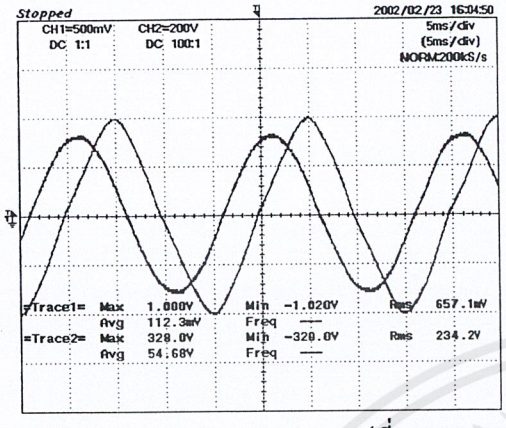


รูปที่ 6.56 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

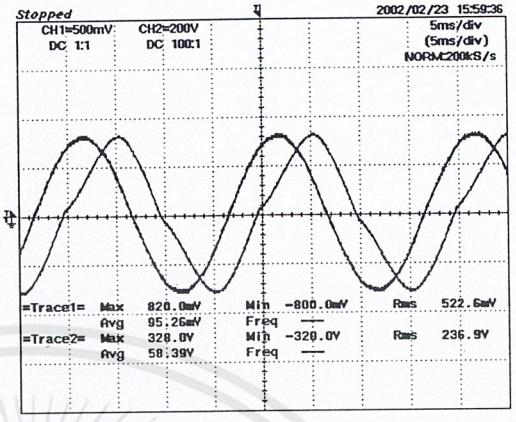
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ตัวอย่างขนาด 40W ยี่ห้อ9

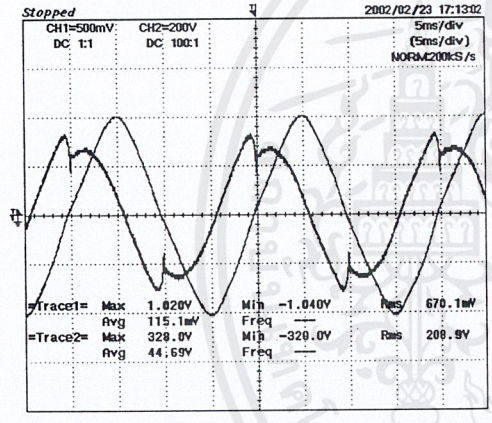
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด18 W

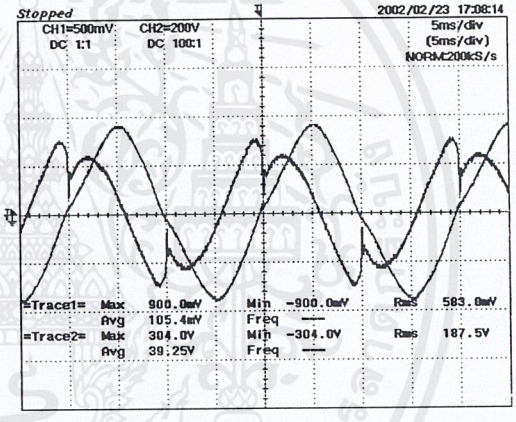


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด36 W

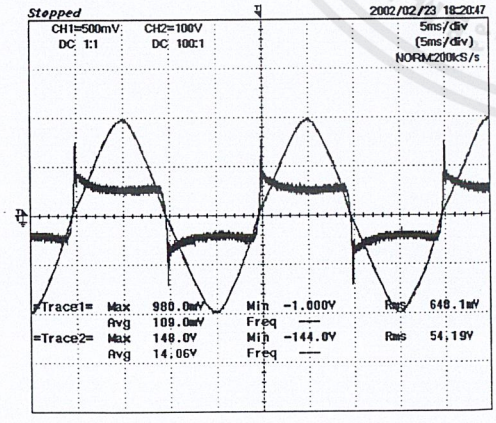


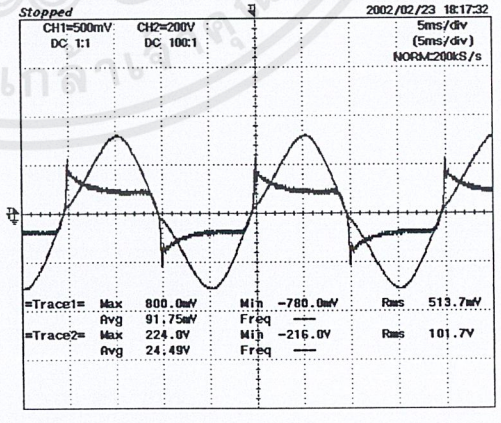
รูปที่ 6.57 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.58 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



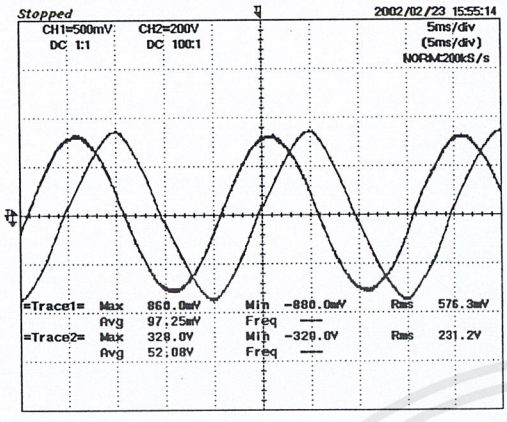


รูปที่ 6.59 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

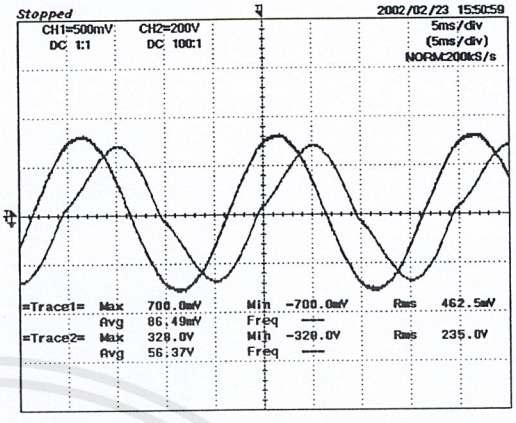
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ตัวอย่างขนาด 40W ยี่ห้อ10

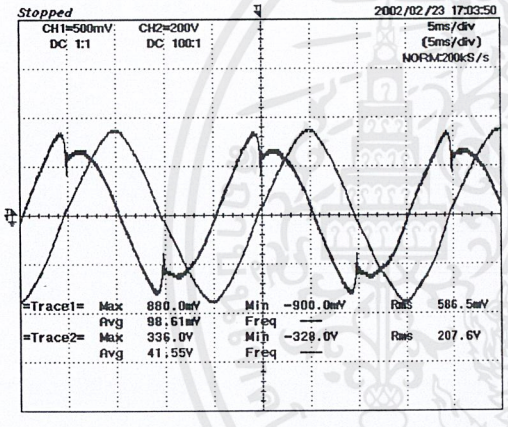
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด18 W

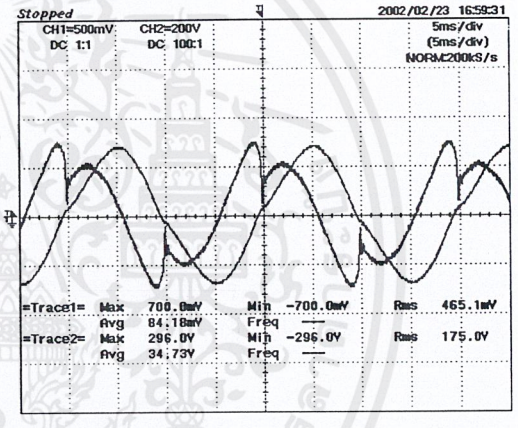


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด36 W

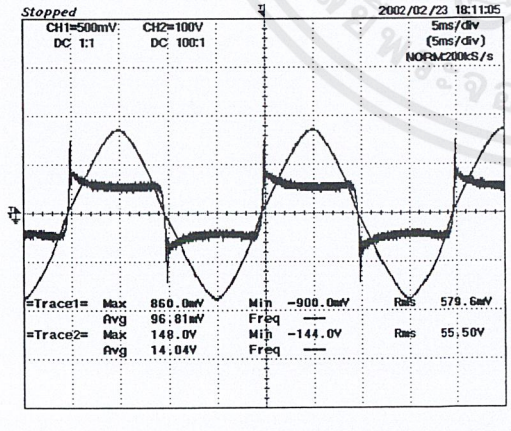


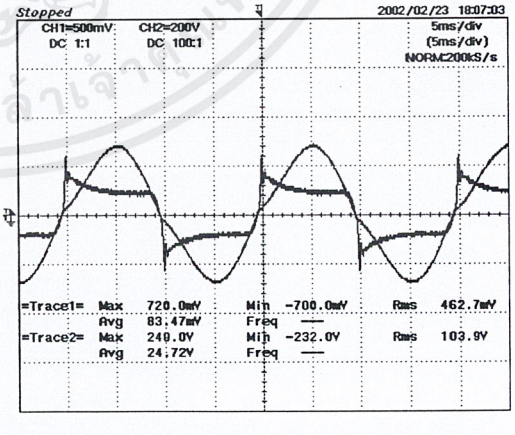
รูปที่ 6.60 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.61 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



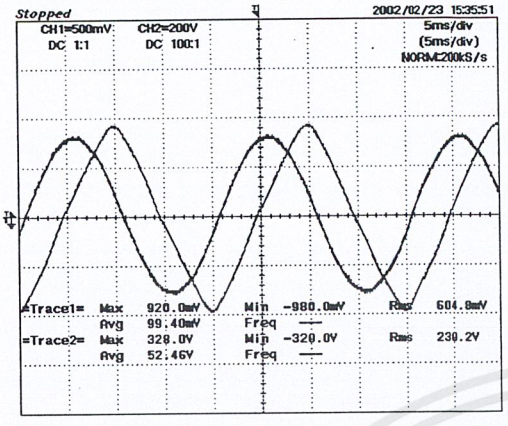


รูปที่ 6.62 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

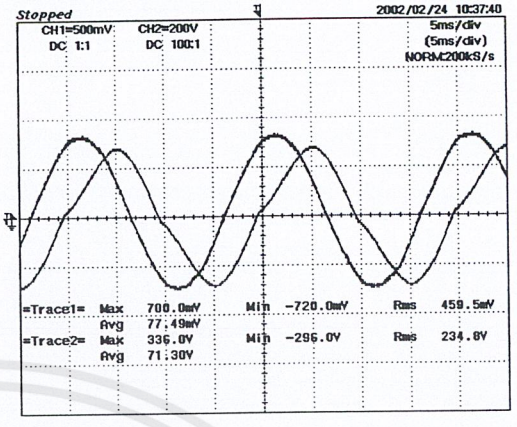
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ตัวอย่างขนาด 40W ยี่ห้อ11

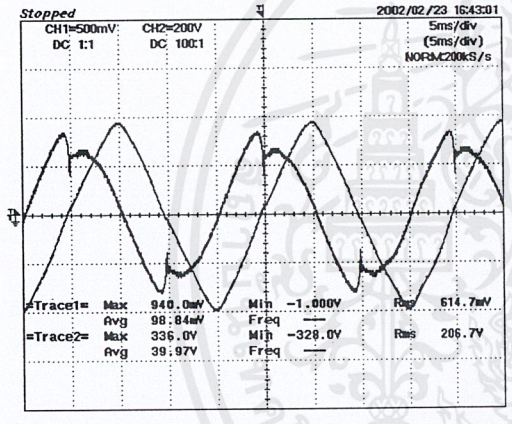
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด18 W

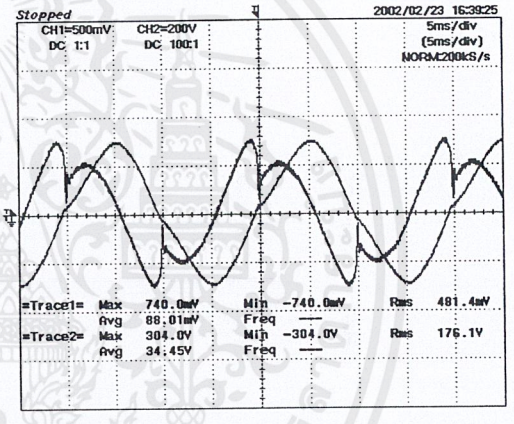


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด36 W

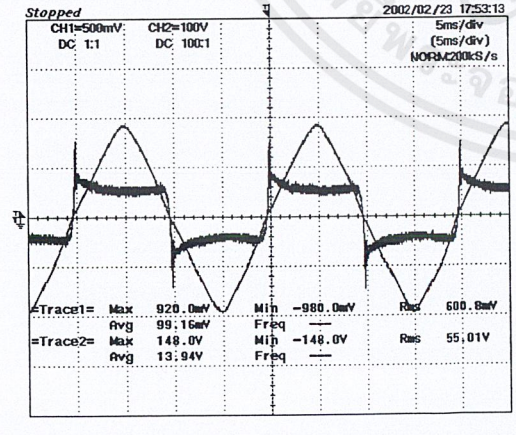


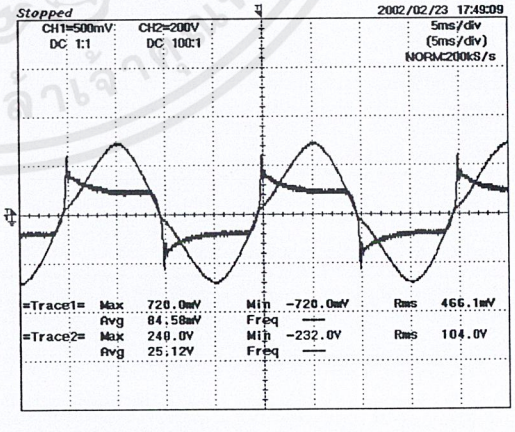
รูปที่ 6.63 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.64 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



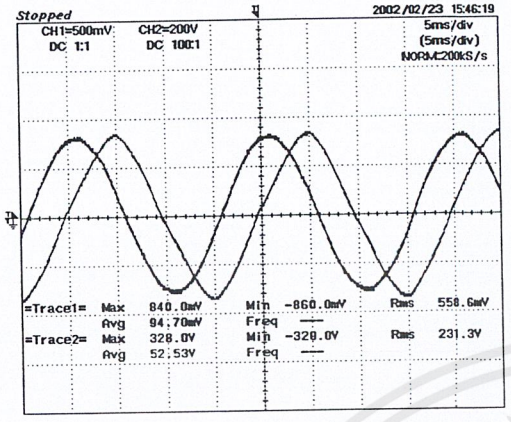


รูปที่ 6.65 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

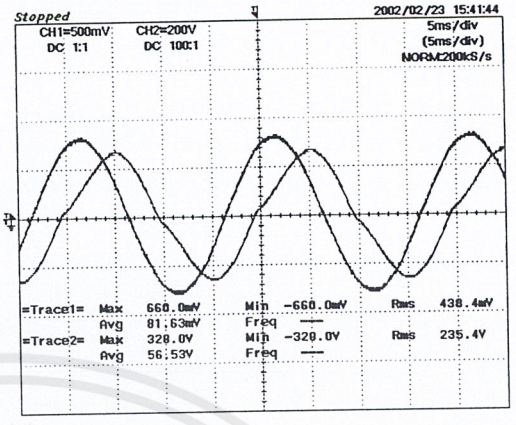
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ตัวอย่างขนาด 40W ยี่ห้อ12

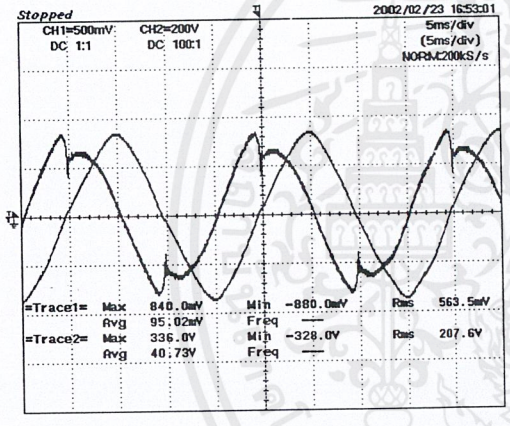
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด18 W

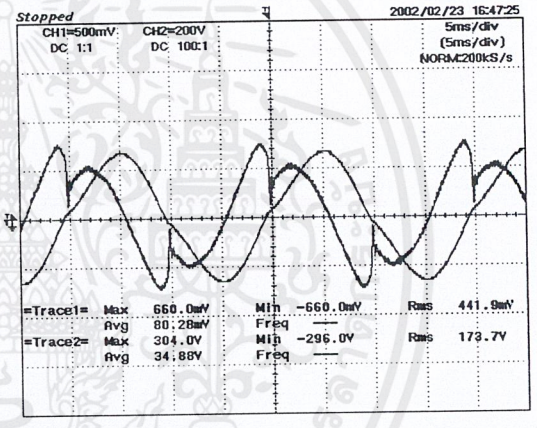


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด36W

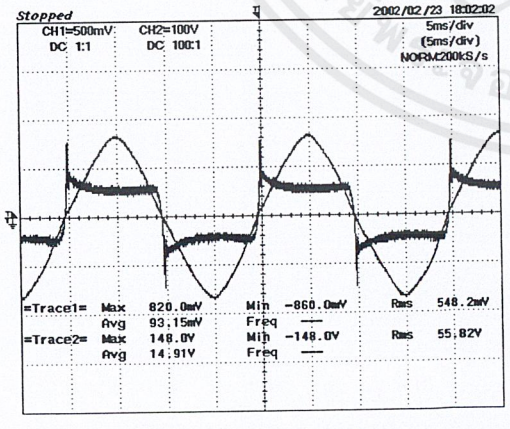


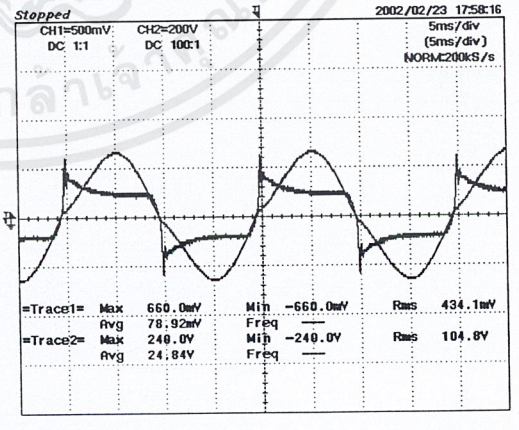
รูปที่ 6.66 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.67 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



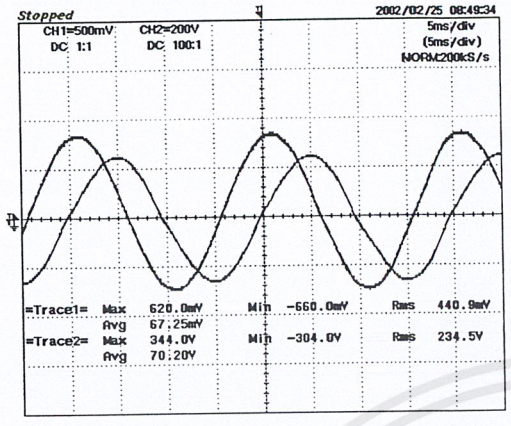


รูปที่ 6.68 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

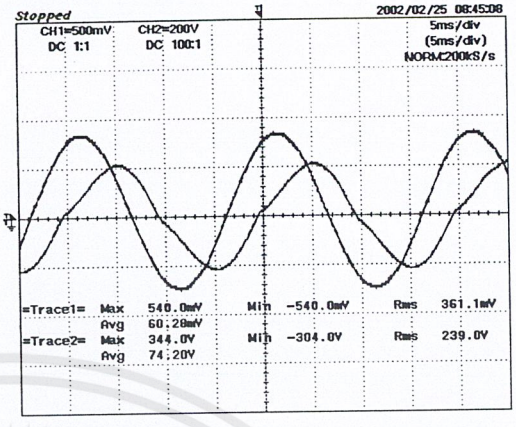
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ต้นแบบ 1/2

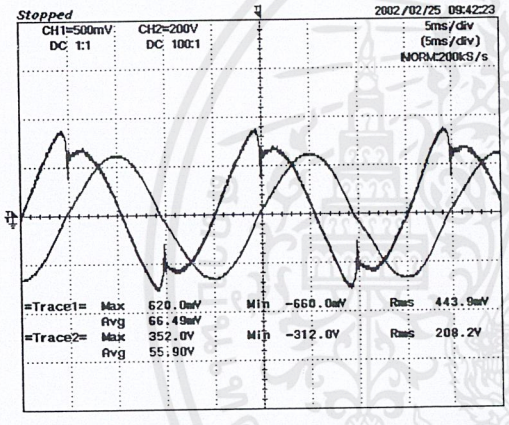
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18W

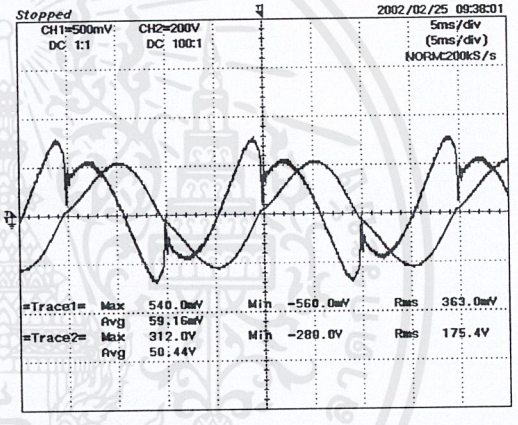


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36W

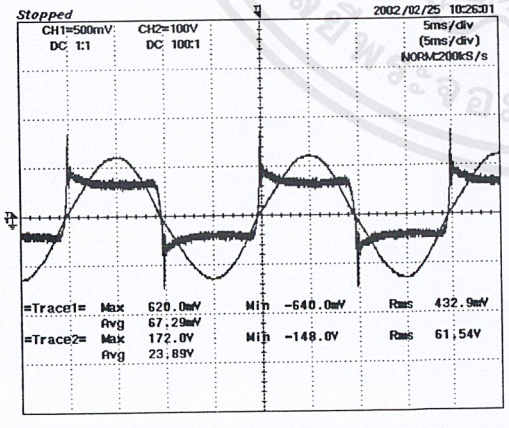


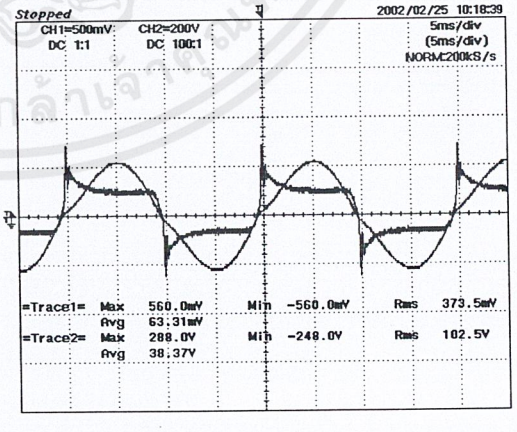
รูปที่ 6.69 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.70 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



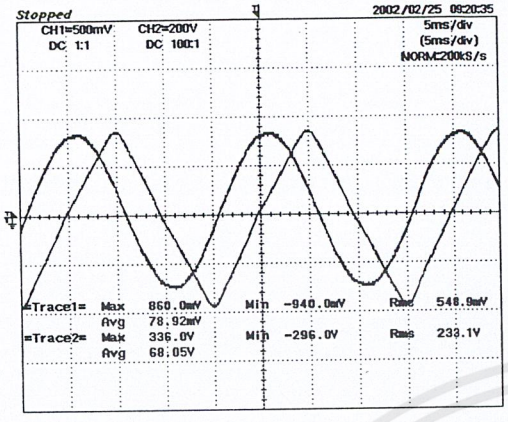


รูปที่ 6.71 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

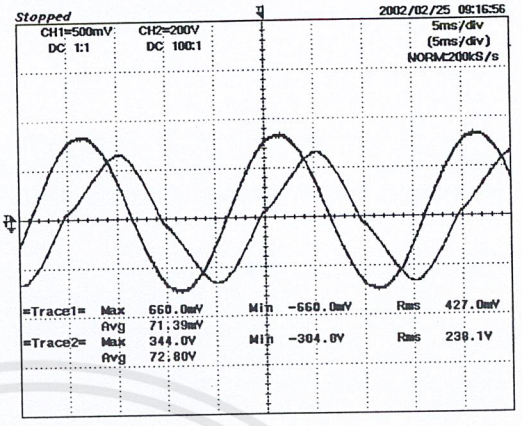
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ต้นแบบ 2/1

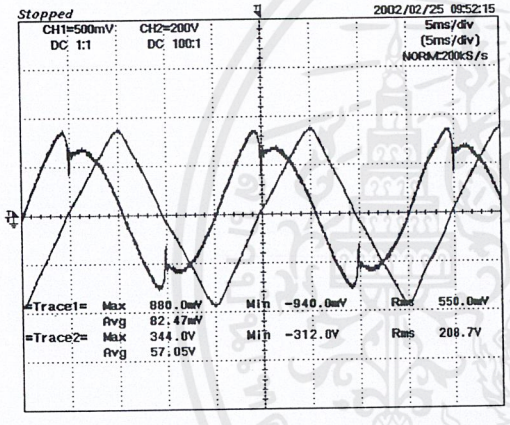
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18W

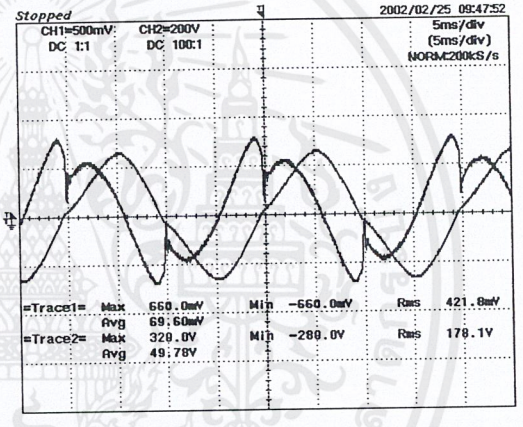


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36W

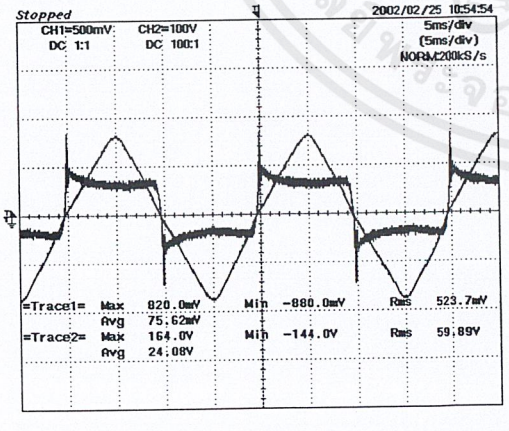


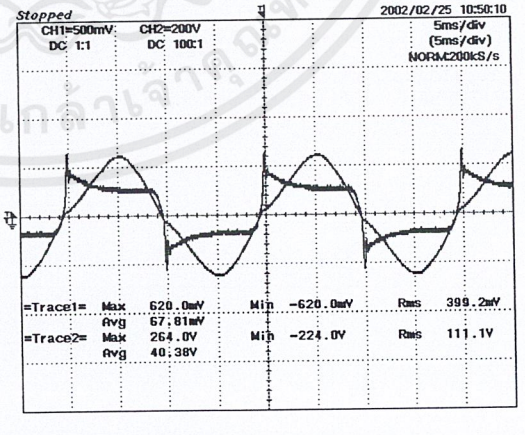
รูปที่ 6.72 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.73 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



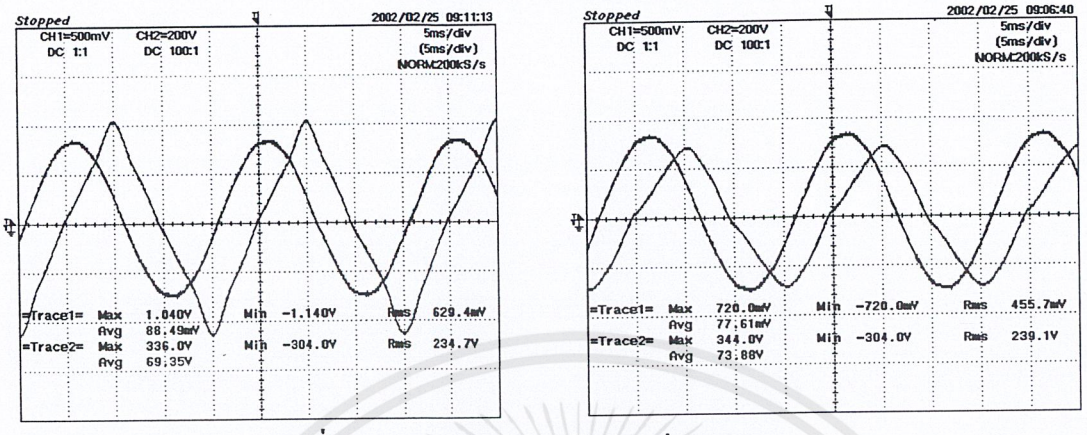


รูปที่ 6.74 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

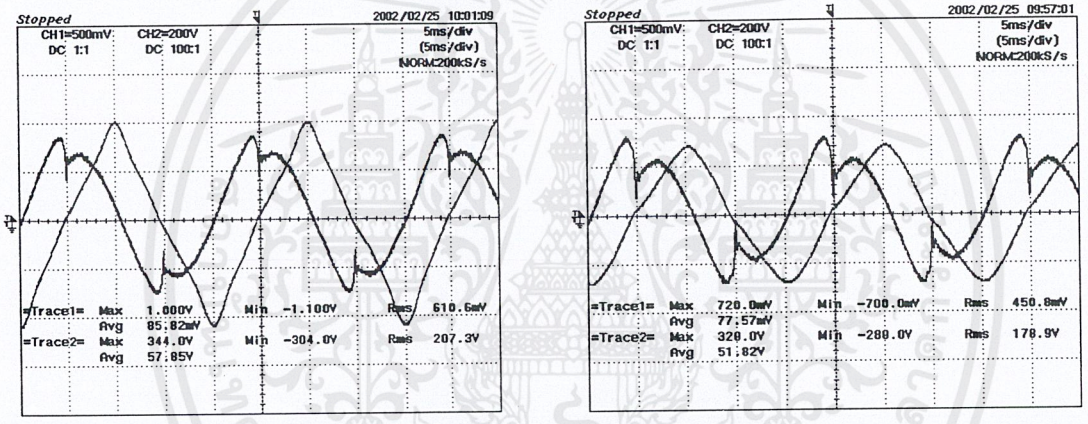
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ต้นแบบ 2/2

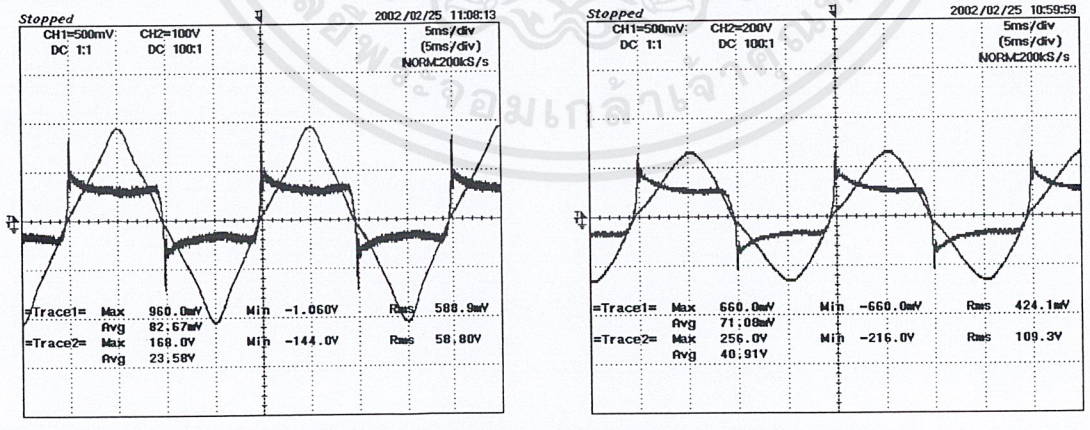
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18W *ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36W*



รูปที่ 6.75 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ



รูปที่ 6.76 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์

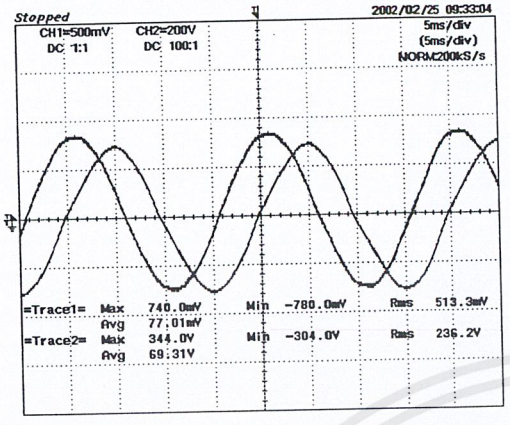


รูปที่ 6.77 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

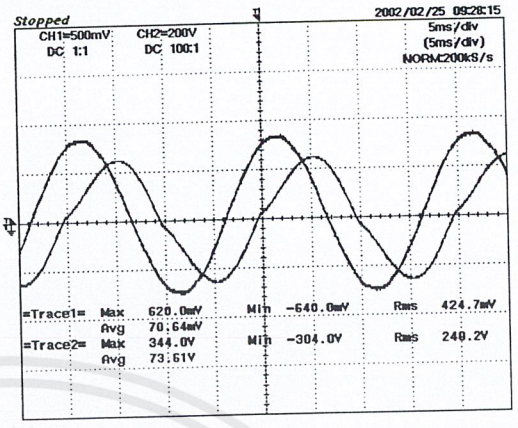
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ต้นแบบ 2/5

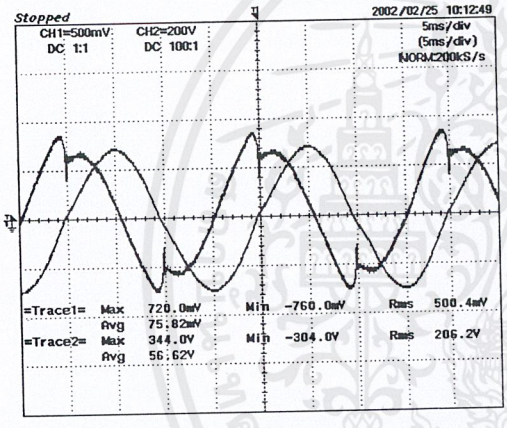
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18W

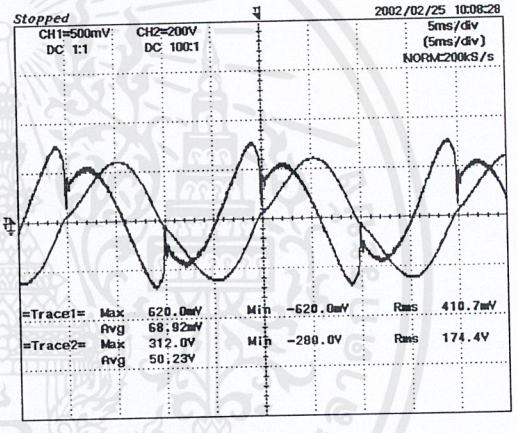


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36W

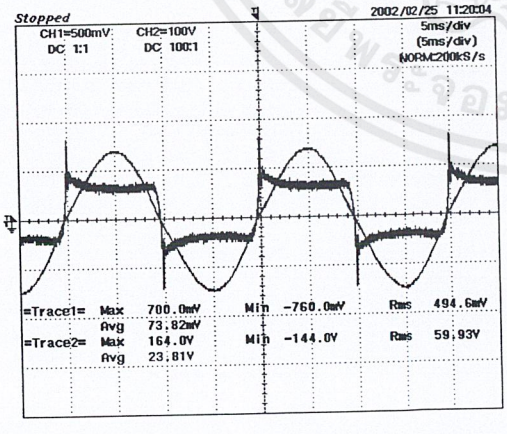


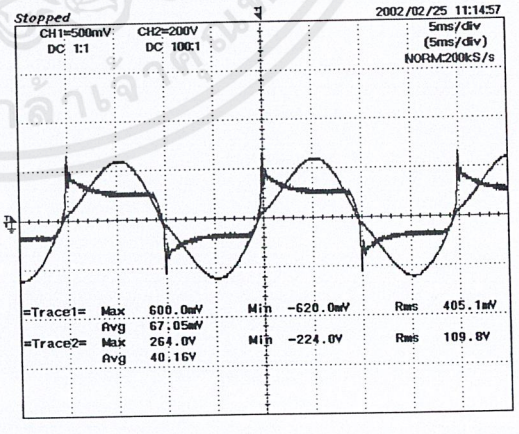
รูปที่ 6.78 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.79 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



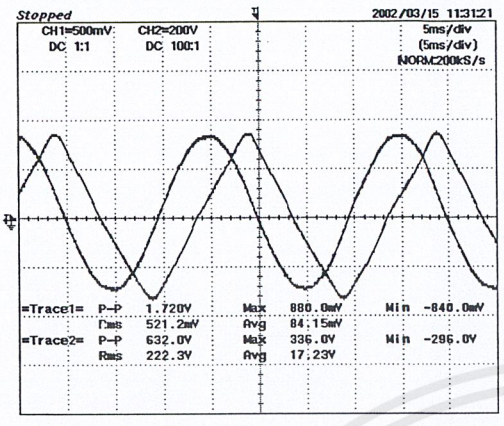


รูปที่ 6.80 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

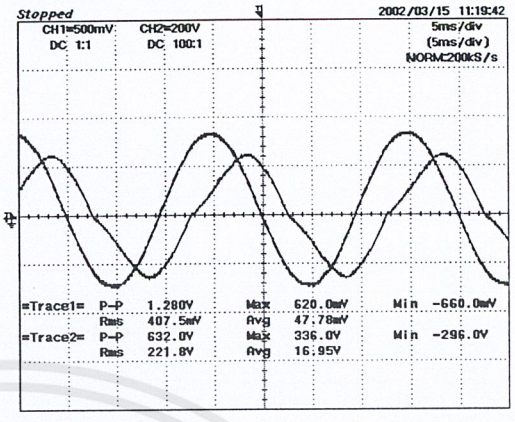
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ต้นแบบ 2/6

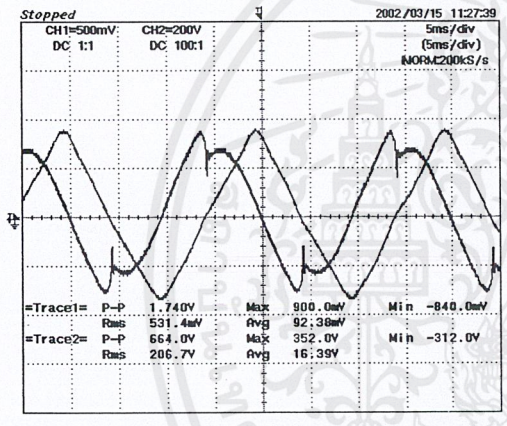
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18W

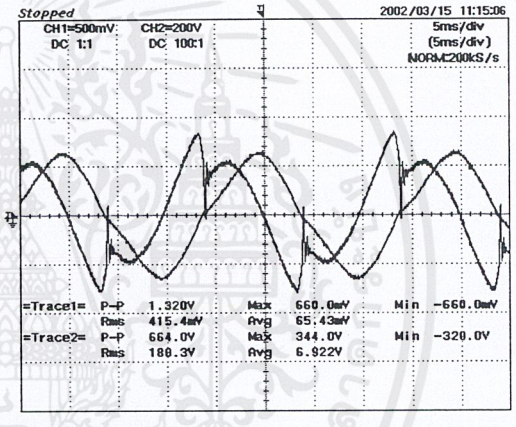


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36W

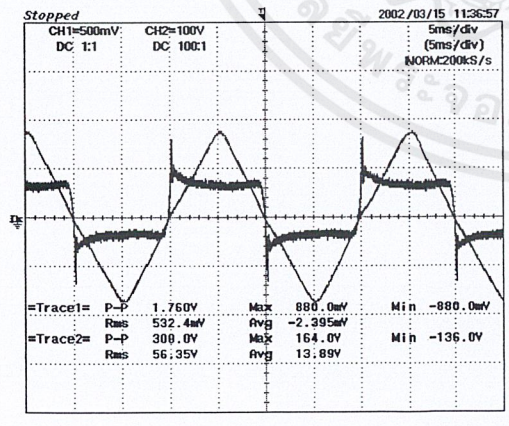


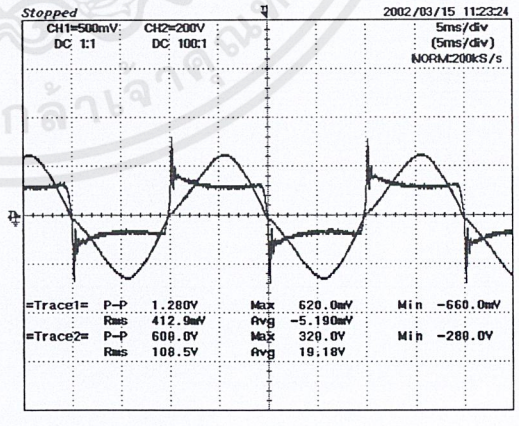
รูปที่ 6.81 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.82 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



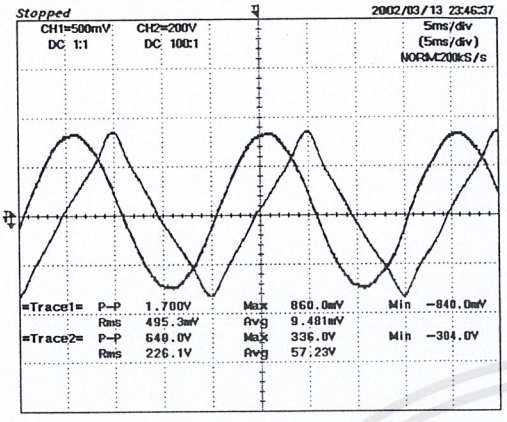


รูปที่ 6.83 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

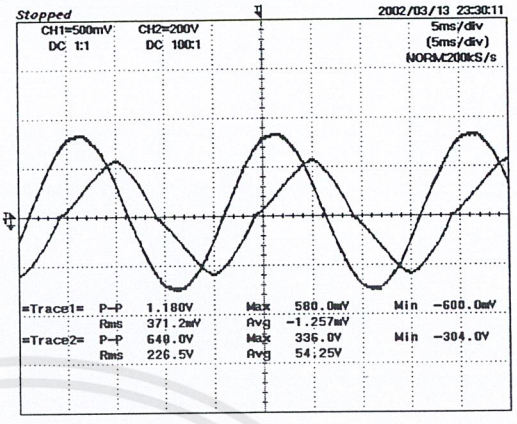
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ต้นแบบ 2/8

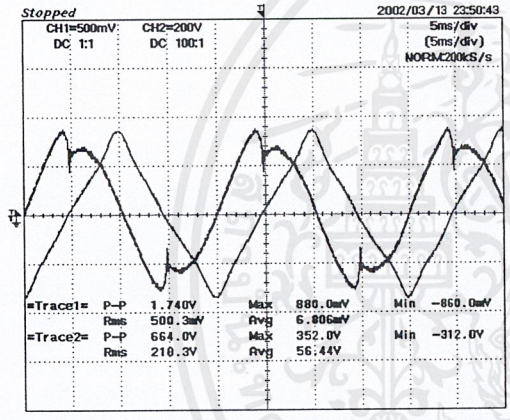
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18W

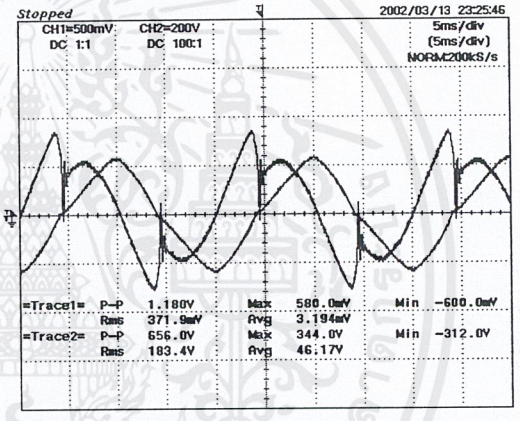


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36W

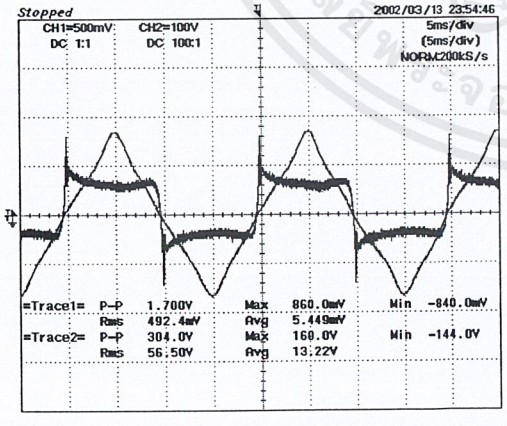


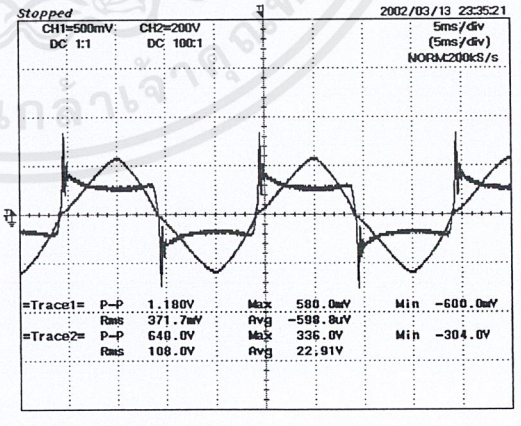
รูปที่ 6.84 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.85 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



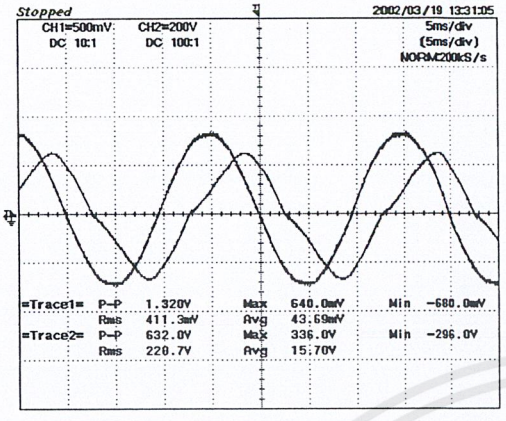


รูปที่ 6.86 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

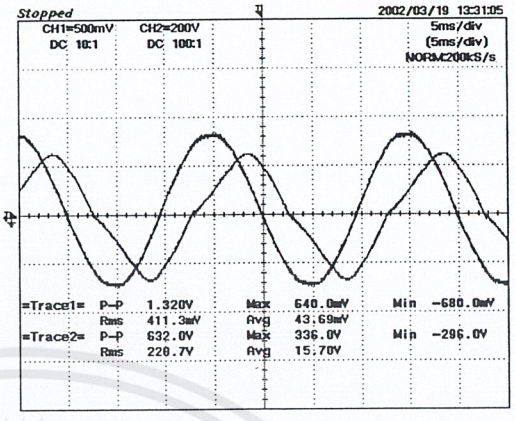
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ต้นแบบ 2/10

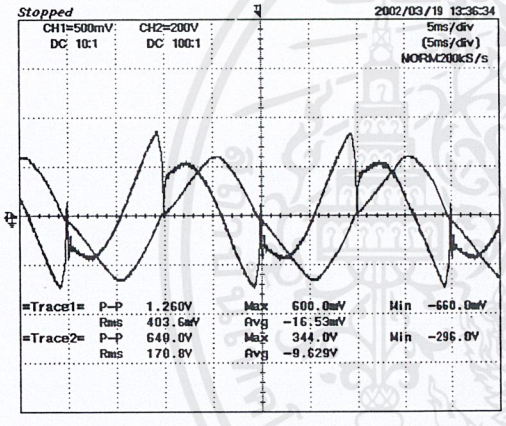
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18W

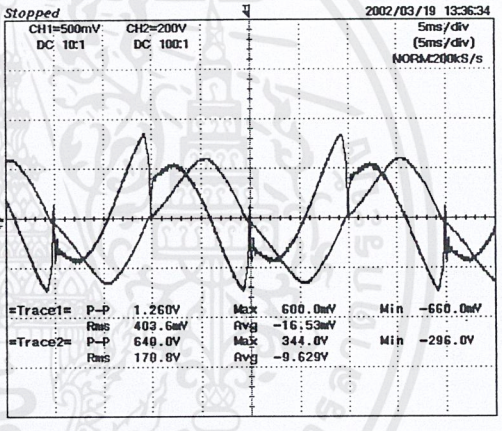


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36W

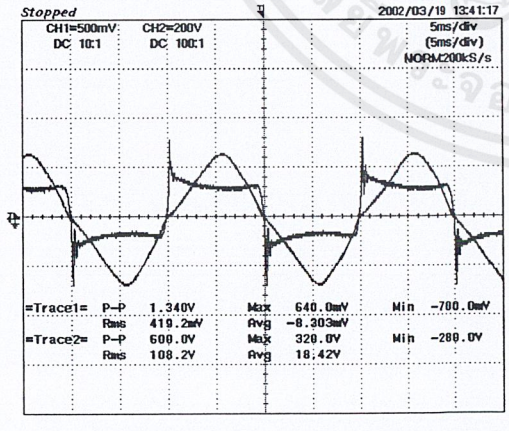


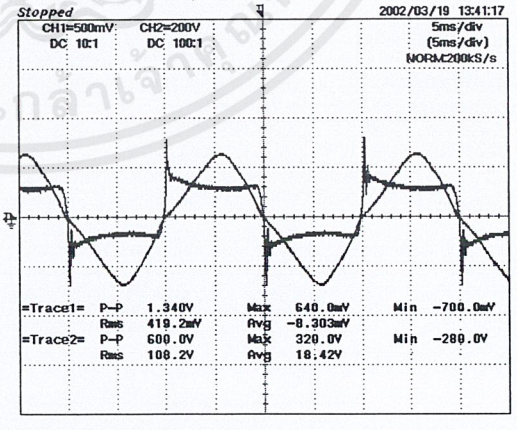
รูปที่ 6.87 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.88 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



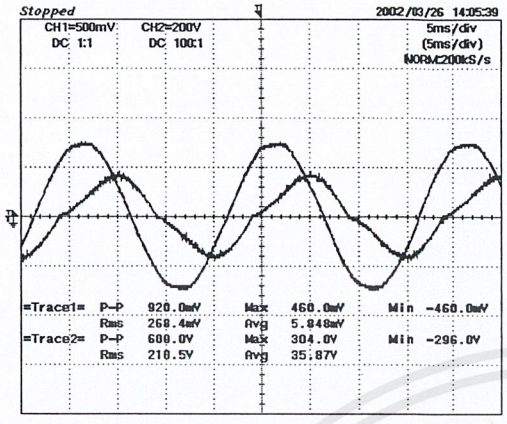


รูปที่ 6.89 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

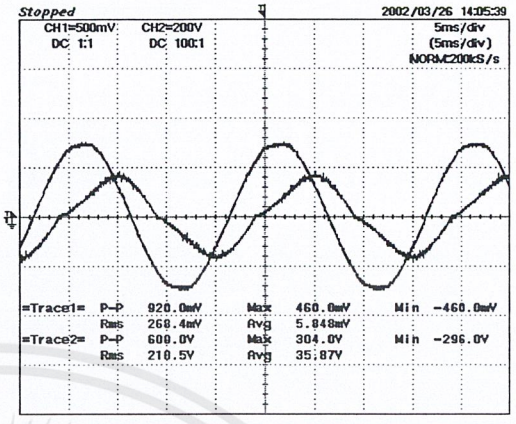
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ต้นแบบ 2/11

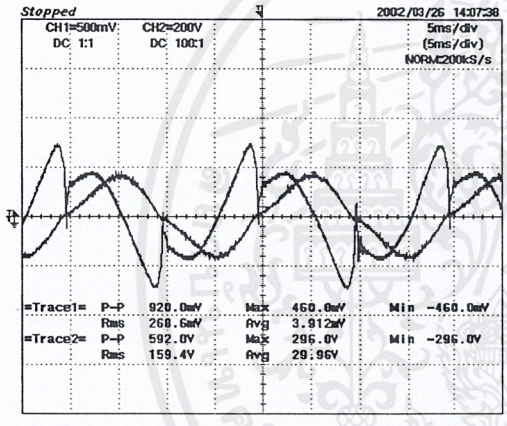
ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18W

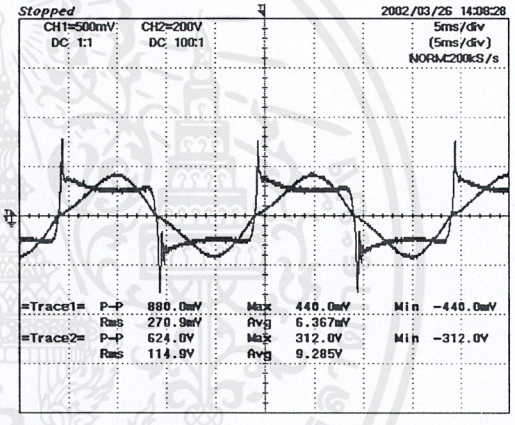


ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36W

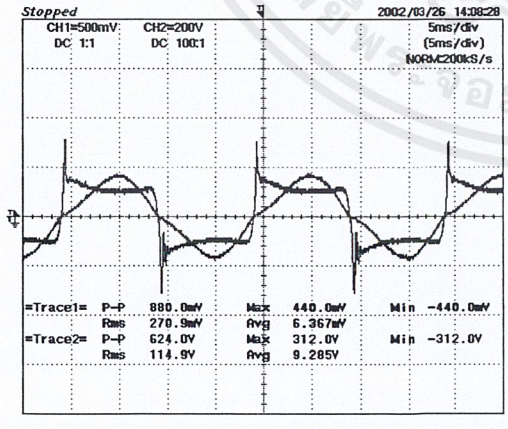


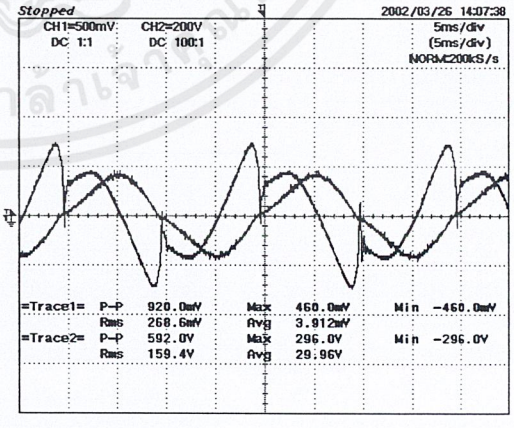
รูปที่ 6.90 กระแสและแรงดันตกคร่อมระบบ





รูปที่ 6.91 กระแสและแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์



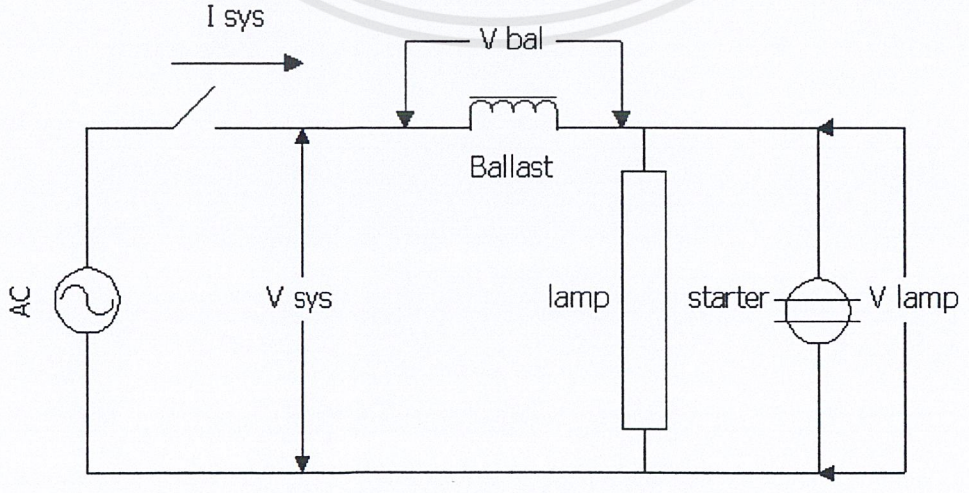


รูปที่ 6.92 กระแสและแรงดันตกคร่อมหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในตารางผลการทดลองที่ 6.2 และ 6.3

Wrate	คือ	พิกัดกำลังงานของบัลลาสต์	(วัตต์)
Irate	คือ	พิกัดกระแสไฟฟ้าของบัลลาสต์	(แอมแปร์)
Pf. Rate	คือ	พิกัดค่าตัวประกอบกำลังของบัลลาสต์	
Isys	คือ	กระแสของระบบ (ดังแสดงในรูปที่ 6.93)	(แอมแปร์)
Vsys	คือ	แรงดันไฟฟ้าของระบบ (ดังแสดงในรูปที่ 6.93)	(โวลต์)
Vbal	คือ	แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมบัลลาสต์ (ดังแสดงในรูปที่ 6.93)	(โวลต์)
Vlamp	คือ	แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมหลอดไฟ (ดังแสดงในรูปที่ 6.93)	(โวลต์)
Psys	คือ	กำลังงานปรากฏของระบบ	(วัตต์)
Ssys	คือ	กำลังงานจริงของระบบ	(วัตต์)
Pbal	คือ	กำลังงานปรากฏของบัลลาสต์	(วัตต์)
Sbal	คือ	กำลังงานจริงของบัลลาสต์	(วัตต์)
Plamp	คือ	กำลังงานปรากฏของหลอดไฟ	(วัตต์)
Slamp	คือ	กำลังงานจริงของหลอดไฟ	(วัตต์)
PF	คือ	ค่าตัวประกอบกำลังของระบบ	
Lux	คือ	ค่าความเข้มแสง	(ลักซ์)
Lumen	คือ	ฟลักซ์ความส่องสว่าง	(ลูเมน)
Eff(lm/w)	คือ	ประสิทธิผลความส่องสว่าง	(ลูเมน/วัตต์)
Eff(%)	คือ	ประสิทธิภาพรวมของระบบ	(%)
L	คือ	ค่าความเหนี่ยวนำของบัลลาสต์	(เฮนรี่)
Rb	คือ	ความต้านทานภายในของบัลลาสต์	(โอห์ม)



รูปที่ 6.93 สัญลักษณ์ที่ใช้ในตารางผลการทดลองที่ 6.2 และ 6.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 ผลการทดสอบบัลลาสต์ทั่วไป และบัลลาสต์ต้นแบบเมื่อใช้กับหลอด 18 วัตต์ พร้อมคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่เกียวข้อง

ข้อมูลหลอดที่ใช้ : Osram L18 watt 1100 lumen 61 lumen/watt (ประเภท Daylight)

เครื่องวัดที่ใช้ :YOKOGAWA Digital Oscilloscope , model :DL 1520

ชื่อ	W rate	I rate	p.f.rate	I sys	V sys	V bal	V lamp	P sys	S sys	P ballast	S ballast	P lamp	S lamp	PF	lux	lumen	eff(lm/w)	eff(%)	cost	eff/cost	L	Rb	%THD
1	20	0.37	0.37	0.412	233.90	209.30	62.69	28.75	96.4	10.04	86.2	17.02	25.83	0.298	1890.00	1162.35	68.293	59.20	-	-	1.606	59.45	12.23
2	20	0.37	0.38	0.397	234.30	209.00	63.45	25.74	93.0	8.47	83.0	17.10	25.19	0.277	1870.00	1150.05	67.254	66.43	-	-	1.667	54.02	9.57
3	20	0.37	0.38	0.409	234.30	207.20	62.79	27.51	95.8	9.32	84.7	16.94	25.68	0.287	1880.00	1156.20	68.253	61.58	-	-	1.603	56.03	6.94
4	20	0.37	0.37	0.427	233.50	211.60	62.89	27.40	99.7	9.09	90.4	17.12	26.85	0.275	1900.00	1168.50	68.254	62.48	-	-	1.569	50.16	10.91
5	32	0.45	0.44	0.519	234.90	208.50	60.76	34.41	121.9	12.16	108.2	21.46	31.53	0.282	2120.00	1303.80	60.755	62.37	-	-	1.271	45.41	9.41
6	36	0.43	0.53	0.655	235.50	208.20	53.87	41.69	154.3	16.75	136.4	23.61	35.28	0.270	2420.00	1488.30	63.037	56.63	-	-	1.004	39.23	13.26
7	40	0.43	0.52	0.571	234.30	208.70	55.87	37.60	133.8	13.36	119.2	23.03	31.90	0.281	2310.00	1420.65	61.687	61.25	-	-	1.156	41.19	10.29
8	40	0.42	0.51	0.560	235.70	208.60	55.89	36.40	132.0	14.41	116.8	21.11	31.30	0.276	2250.00	1383.75	65.550	57.99	-	-	1.177	46.17	9.51
9	40	0.43	0.62	0.658	234.20	208.90	54.19	53.52	154.1	27.13	137.5	25.34	35.66	0.347	2410.00	1482.15	58.491	47.35	-	-	0.991	62.81	7.59
10	40	0.43	0.54	0.582	231.20	207.60	55.50	38.12	134.6	14.92	120.8	23.25	32.30	0.283	2200.00	1353.00	58.194	60.99	-	-	1.127	44.27	7.30
11	40	0.43	0.53	0.606	230.20	206.70	55.01	37.54	139.5	14.63	125.3	23.29	33.34	0.269	2210.00	1359.15	58.358	62.04	-	-	1.078	40.03	9.25
12	40	0.43	0.50	0.557	231.30	207.60	55.82	38.10	128.8	15.38	115.6	22.45	31.09	0.296	2270.00	1396.05	62.185	58.92	-	-	1.176	49.81	7.69
prototype1/1	36	-	-	0.933	220.00	177.30	57.63	76.00	205.3	-	165.5	-	53.79	0.370	1600.00	984.00	-	-	-	-	-	-	-
prototype1/2	36	-	-	0.439	234.50	208.20	61.54	28.56	102.9	9.07	91.4	17.07	27.02	0.277	2040.00	1254.60	73.497	59.77	-	-	1.502	47.35	9.35
prototype1/3	36	-	-	0.463	220.00	199.27	57.50	51.33	101.9	22.70	92.3	28.63	26.64	0.504	2350.00	1445.25	50.480	55.77	-	-	1.327	105.93	-
prototype2/1	36	-	-	0.541	233.10	208.70	59.89	33.00	126.1	12.33	112.9	21.49	32.40	0.262	2310.00	1420.65	66.107	65.12	25.30	2.57	1.221	42.33	13.75
prototype 2/2	36	-	-	0.602	234.70	207.30	58.80	37.67	141.3	13.44	124.8	22.87	35.40	0.267	2340.00	1439.10	62.925	60.71	24.00	2.53	1.090	37.31	17.60
prototype2/5	36	-	-	0.503	236.20	206.20	59.93	30.99	118.8	9.61	103.7	19.90	30.14	0.261	2200.00	1353.00	67.990	64.21	29.80	2.15	1.299	38.22	8.69
prototype2/6	36	-	-	0.531	222.30	206.70	56.35	36.36	118.0	13.30	109.8	22.65	29.92	0.308	2260.00	1389.90	61.364	62.29	27.40	2.27	1.230	47.37	11.59
prototype2/8	36	-	-	0.567	220.70	204.50	52.63	38.90	125.1	14.68	116.0	23.90	29.84	0.311	2350.00	1445.25	60.471	61.44	23.70	2.59	1.139	45.89	10.49
prototype2/10	36	-	-	0.605	219.90	203.70	56.08	37.62	133.0	12.79	123.2	25.03	33.93	0.283	2310.00	1420.65	56.758	66.53	22.50	2.96	1.107	46.15	16.65
prototype2/11	18	-	-	0.367	220.60	197.90	62.24	22.73	81.0	4.70	72.6	17.34	22.84	0.281	1890.00	1162.35	67.033	76.29	25.40	3.00	1.7128	45.174	19.68
average				0.411	234.00	209.28	62.955	27.350	96.229	9.230	86.076	17.045	25.888	0.284	1885.00	1159.28	68.013	62.423	-	-	1.611	54.916	9.91

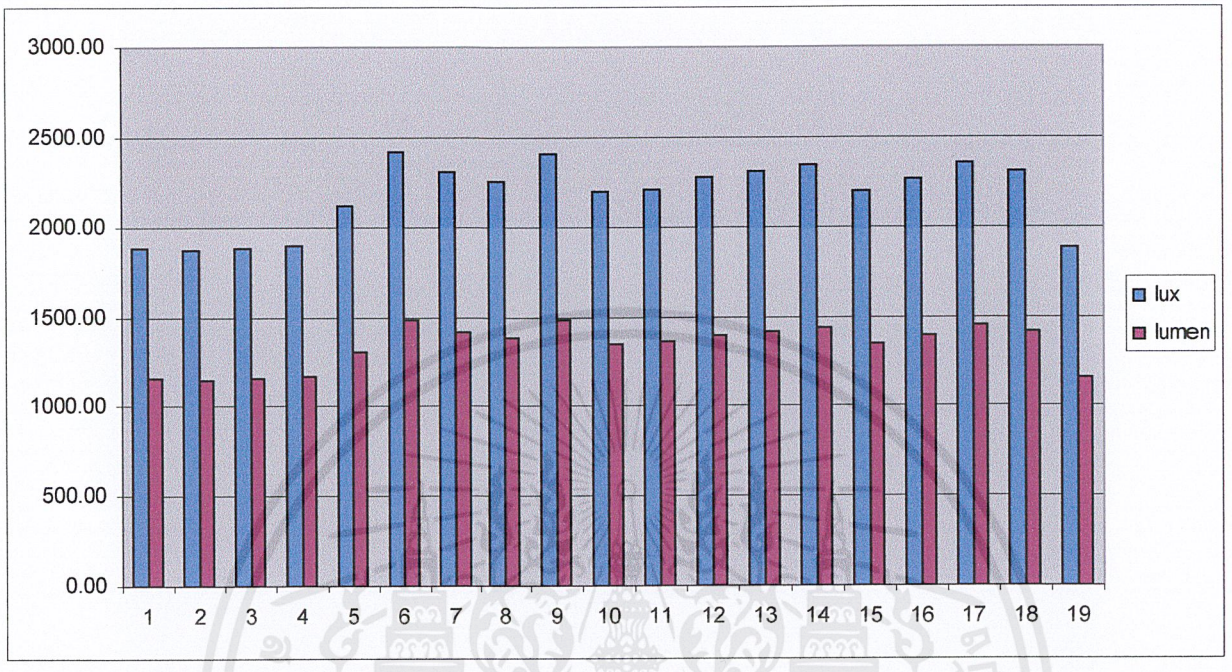
ตารางที่ 6.4 ผลการทดสอบบัลลาสต์ทั่วไป และบัลลาสต์ต้นแบบเมื่อใช้กับหลอด 36 วัตต์ พร้อมคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลหลอดที่ใช้ : Osram L36 watt 2600 lumen 72 lumen/watt (ประเภท Daylight)

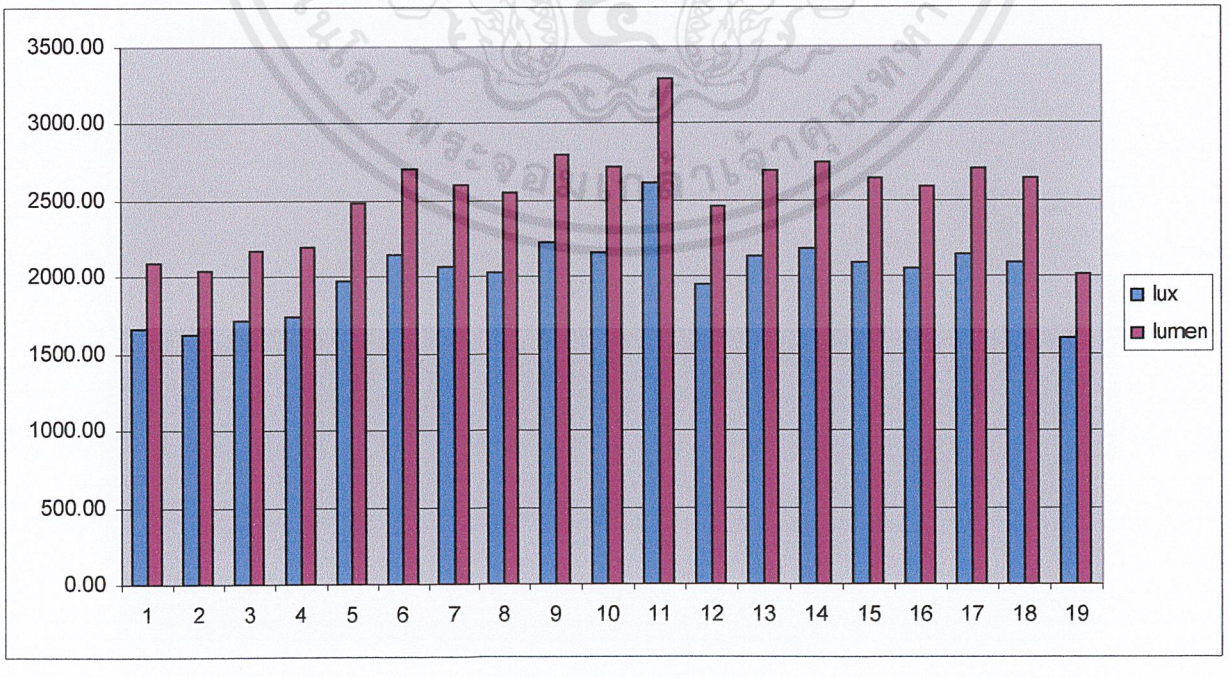
เครื่องวัดที่ใช้ :YOKOGAWA Digital Oscilloscope , model :DL 1520

ยี่ห้อ	W rate	I rate		I sys	V sys	V bal	V lamp	P sys	S sys	P ballast	S ballast	P lamp	S lamp	PF	lux	lumen	eff(lm/w)	eff(%)	cost	eff/cost	L	Rb	% THD
1	20	0.37	0.37	0.315	236.50	174.70	117.10	32.43	74.50	6.56	55.03	25.30	36.89	0.435	1660.00	2091.60	82.672	78.014	-	-	1.753	66.436	12.37
2	20	0.37	0.38	0.313	236.60	173.30	116.80	31.51	74.06	5.60	54.24	24.41	36.56	0.425	1620.00	2041.20	83.621	77.467	-	-	1.753	57.490	11.02
3	20	0.37	0.38	0.331	237.30	174.60	114.50	31.90	78.55	6.45	57.79	25.36	37.90	0.406	1720.00	2167.20	85.457	79.498	-	-	1.668	59.164	10.22
4	20	0.37	0.37	0.335	237.80	175.60	115.40	32.40	79.66	6.04	58.83	26.20	38.66	0.407	1740.00	2192.40	83.679	80.864	-	-	1.660	54.155	10.65
5	32	0.45	0.44	0.409	240.10	177.40	110.30	41.55	98.20	9.32	72.56	32.64	45.11	0.423	1975.00	2488.50	76.241	78.556	-	-	1.369	55.938	8.84
6	36	0.43	0.53	0.504	239.10	178.30	93.09	46.51	120.51	10.73	89.86	36.31	46.92	0.386	2150.00	2709.00	74.608	78.069	-	-	1.118	42.440	9.35
7	40	0.43	0.52	0.450	237.80	178.30	105.10	44.14	107.01	9.08	80.24	34.12	47.30	0.412	2070.00	2608.20	76.442	77.300	-	-	1.253	45.059	9.20
8	40	0.42	0.51	0.440	239.90	176.30	104.80	43.89	105.56	9.35	77.57	33.38	46.11	0.416	2025.00	2551.50	76.438	76.054	-	-	1.266	48.483	9.99
9	40	0.43	0.62	0.540	236.90	187.50	101.70	57.96	127.93	20.30	101.25	38.62	54.92	0.453	2220.00	2797.20	72.429	66.632	-	-	1.083	69.818	9.78
10	40	0.43	0.54	0.463	235.00	175.00	103.90	44.45	108.81	11.12	81.03	34.48	48.11	0.409	2160.00	2721.60	78.933	77.570	-	-	1.192	52.081	8.98
11	40	0.43	0.53	0.469	234.80	176.10	104.00	45.10	110.12	9.98	82.59	35.04	48.78	0.410	2610.00	3288.60	93.853	77.694	-	-	1.186	45.564	9.36
12	40	0.43	0.50	0.438	235.40	173.70	104.80	44.77	103.11	10.74	76.08	34.38	45.90	0.434	1950.00	2457.00	71.466	76.792	-	-	1.250	56.221	9.17
prototype1/1	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
prototype1/2	36	-	-	0.366	239.00	175.40	102.50	34.41	87.47	6.50	64.20	28.16	37.52	0.393	2160.00	2721.60	96.648	81.837	-	-	1.517	48.845	-
prototype1/3	36	-	-	0.503	220.00	178.53	88.60	54.33	110.73	17.73	89.86	36.60	44.60	0.491	2240.00	2822.40	77.115	67.362	-	-	1.107	70.169	9.11
prototype2/1	36	-	-	0.416	238.10	178.10	111.10	39.45	99.05	7.74	74.09	32.36	46.22	0.398	2140.00	2696.40	83.325	82.028	25.30	3.24	1.517	50.343	10.37
prototype 2/2	36	-	-	0.450	239.10	178.90	109.30	41.08	107.60	8.11	80.51	34.02	49.19	0.382	2180.00	2746.80	80.741	82.814	24.00	3.45	1.123	35.906	10.25
prototype2/5	36	-	-	0.412	240.20	174.40	109.80	37.09	98.96	7.23	71.85	31.45	45.24	0.375	2100.00	2646.00	84.134	84.794	29.80	2.85	1.356	43.339	8.48
prototype2/6	36	-	-	0.415	221.80	180.30	108.50	42.25	92.05	7.72	74.82	32.80	45.03	0.459	2050.00	2583.00	78.750	77.633	27.40	2.83	1.259	41.211	11.59
prototype2/8	36	-	-	0.445	222.40	177.00	104.90	45.74	98.97	8.06	78.77	36.27	46.68	0.462	2150.00	2709.00	74.690	79.296	23.70	3.35	1.340	43.586	10.72
prototype2/10	36			0.415	216.60	172.30	108.90	40.15	89.89	5.55	71.50	33.60	45.19	0.447	2100.00	2646.00	78.750	83.686	22.50	3.72	1.377	41.264	14.66
prototype2/11	18	-	-	0.268	220.50	159.40	114.90	28.34	59.09	3.18	42.72	23.80	30.79	0.480	1600.00	2016.00	84.706	83.980	25.40	3.31	1.471	38.756	12.22
average				0.464	237.38	177.83	103.46	46.046	110.15	11.327	82.647	34.871	47.892	0.418	2145.00	2702.70	77.551	76.083	-	-	1.215	51.950	9.33

จากผลการทดสอบนำมาเขียนเป็นกราฟแสดงผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของบัลลาสต์แต่ละตัว ได้ดังรูปที่ 6.94 ถึง 6.99

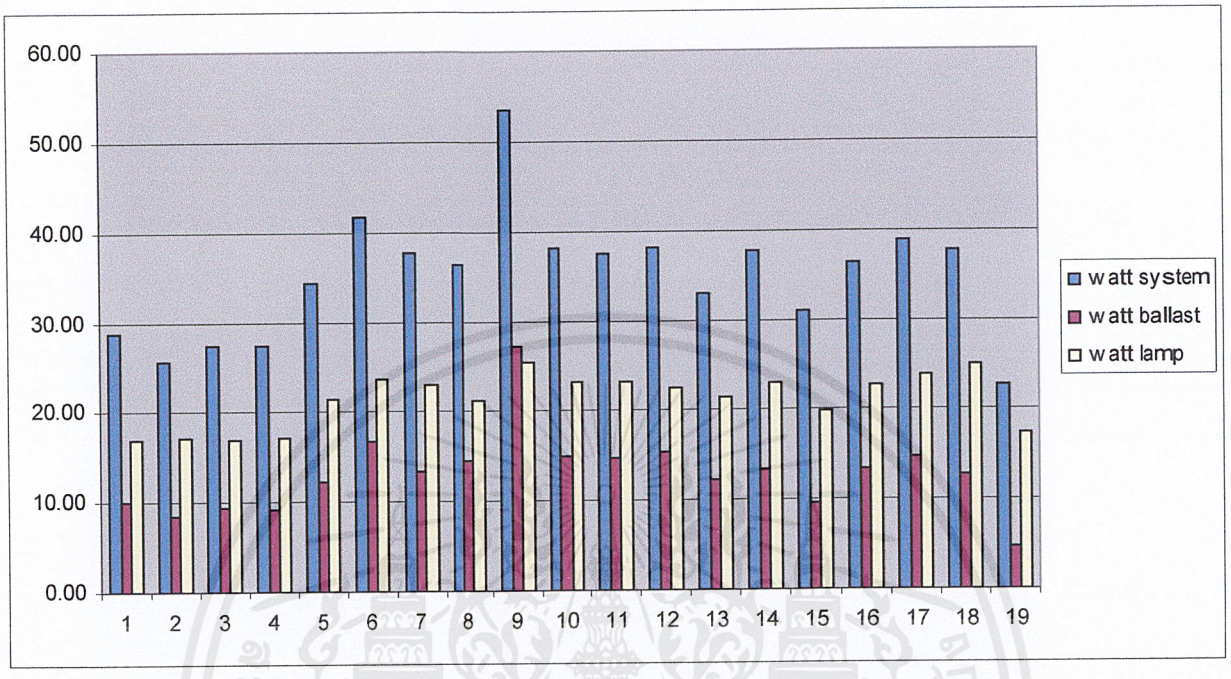


รูปที่ 6.94 เปรียบเทียบฟลักซ์ความส่องสว่างของหลอด 18 วัตต์ ของบัลลาสต์ทั่วไป และ บัลลาสต์ต้นแบบ

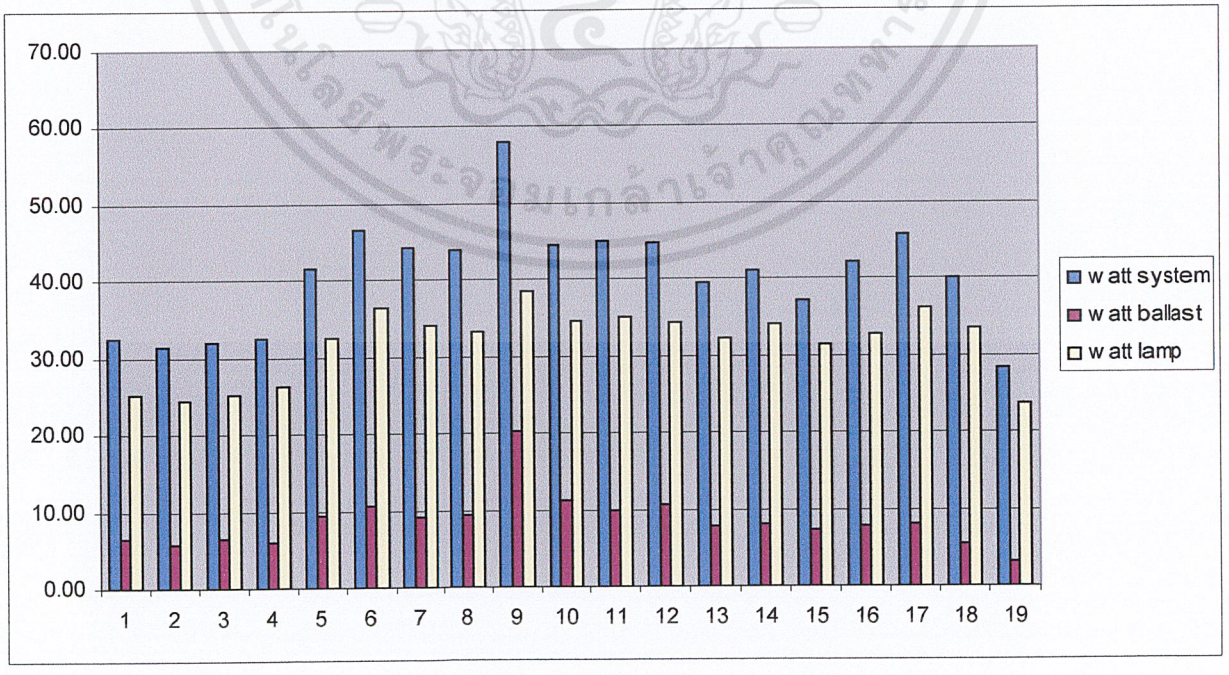


รูปที่ 6.95 เปรียบเทียบฟลักซ์ส่องสว่างของหลอด 36 วัตต์ ของบัลลาสต์ทั่วไป และ บัลลาสต์ต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

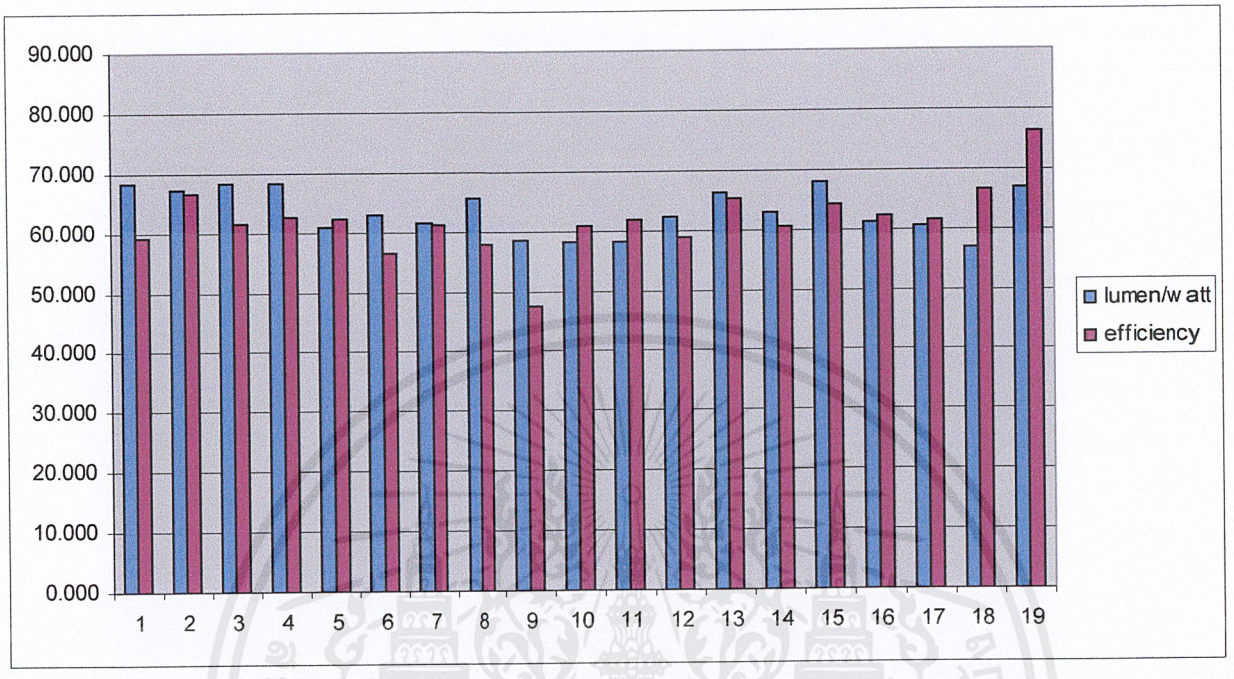


รูปที่ 6.96 เปรียบเทียบคุณสมบัติด้านกำลังเมื่อใช้กับหลอด 18 วัตต์ ของบัลลาสต์ทั่วไป และ บัลลาสต์ต้นแบบ

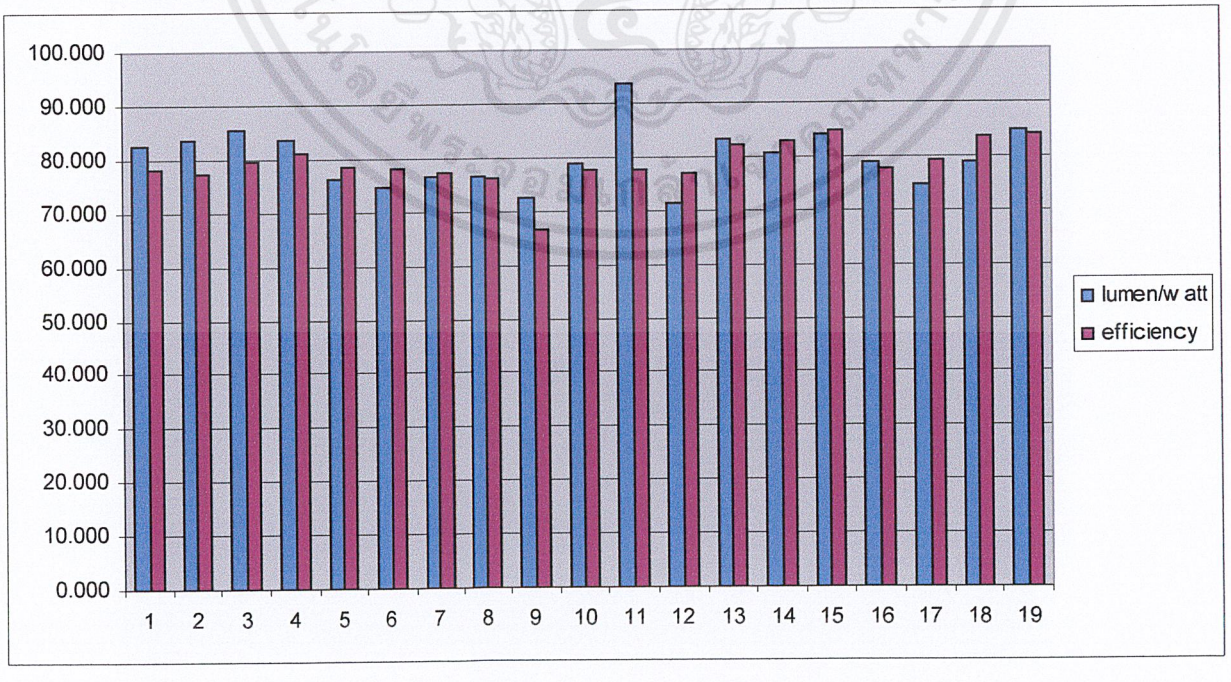


รูปที่ 6.97 เปรียบเทียบคุณสมบัติด้านกำลังเมื่อใช้กับหลอด 36 วัตต์ ของบัลลาสต์ทั่วไป และ บัลลาสต์ต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.98 เปรียบเทียบประสิทธิผลความส่องสว่าง และ ประสิทธิภาพ ของหลอด 18 วัตต์ ของบัลลาสต์ทั่วไป และ บัลลาสต์ต้นแบบ



รูปที่ 6.99 เปรียบเทียบประสิทธิผลความส่องสว่าง และ ประสิทธิภาพ ของหลอด 36 วัตต์ ของบัลลาสต์ทั่วไป และ บัลลาสต์ต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นการเผยแพร่เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ตัวเลขที่แสดงในแนวแกนนอนในรูปที่ 6.94 ถึง 6.99 หมายถึง บัลลาสต์แต่ละตัว มีรายละเอียดแสดงดังต่อไปนี้

1 = บัลลาสต์ขนาด 18 วัตต์ ยี่ห้อ 1
2 = บัลลาสต์ขนาด 18 วัตต์ ยี่ห้อ 2
3 = บัลลาสต์ขนาด 18 วัตต์ ยี่ห้อ 3
4 = บัลลาสต์ขนาด 18 วัตต์ ยี่ห้อ 4
5 = บัลลาสต์ขนาด 32 วัตต์ ยี่ห้อ 5
6 = บัลลาสต์ขนาด 36 วัตต์ ยี่ห้อ 6
7 = บัลลาสต์ขนาด 40 วัตต์ ยี่ห้อ 7
8 = บัลลาสต์ขนาด 40 วัตต์ ยี่ห้อ 8
9 = บัลลาสต์ขนาด 40 วัตต์ ยี่ห้อ 9
10 = บัลลาสต์ขนาด 40 วัตต์ ยี่ห้อ 10
11 = บัลลาสต์ขนาด 40 วัตต์ ยี่ห้อ 11
12 = บัลลาสต์ขนาด 40 วัตต์ ยี่ห้อ 12
13 = บัลลาสต์ต้นแบบ 2/1
14 = บัลลาสต์ต้นแบบ 2/2
15 = บัลลาสต์ต้นแบบ 2/5
16 = บัลลาสต์ต้นแบบ 2/6
17 = บัลลาสต์ต้นแบบ 2/8
18 = บัลลาสต์ต้นแบบ 2/10
19 = บัลลาสต์ต้นแบบ 2/11

จากผลการทดสอบสามารถสรุป และ วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้บัลลาสต์ขนาด 36 วัตต์ และ 18 วัตต์ กับหลอดขนาด 36 และ 18 วัตต์ ดังนี้คือ

บัลลาสต์ขนาด 18วัตต์ ออกแบบมาเพื่อให้รักษาระดับกระแสที่ 0.37 แอมแปร์เมื่อใช้งานกับหลอดขนาด 18 วัตต์ แต่หากนำบัลลาสต์ขนาด 18 วัตต์ไปใช้กับหลอดขนาด 36 วัตต์จะทำให้มีกระแสไหลผ่านหลอดต่ำเหลือเพียง 0.3 แอมแปร์ ซึ่งต่ำกว่าพิกัดทำให้ฟลักซ์ความส่องสว่างที่เปล่งออกจากหลอดไม่ได้ตามพิกัด

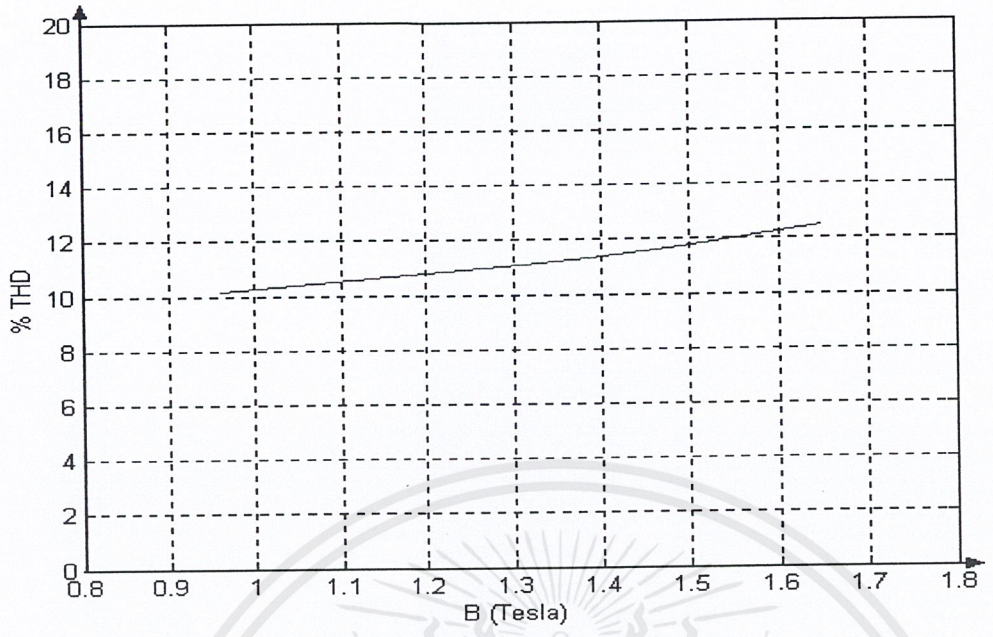
ในทางกลับกันนั้นบัลลาสต์ขนาด 36 วัตต์ เมื่อใช้งานกับหลอด 36 วัตต์จะมีขนาดกระแสไหลผ่านหลอด 0.43 แอมแปร์ แต่ถ้านำไปใช้กับหลอดขนาด 18 วัตต์ จะได้กระแสไหลผ่านหลอดเป็น 0.6 แอมแปร์ซึ่งเป็นขนาดกระแสที่มากเกินพิกัด ถึงแม้ว่าให้ฟลักซ์ความส่องสว่างที่ได้จากหลอดจะมีค่าสูงกว่าพิกัดของหลอดก็ตามแต่ทว่า เกิดกำลังสูญเสียที่บัลลาสต์มากกว่าปกติมาก อีกทั้งอายุการใช้งานของหลอดจะลดลง จึงสรุปได้ว่าบัลลาสต์ที่ออกแบบสำหรับใช้กับหลอดประเภทใดนั้น ก็ควรใช้งานให้ตรงประเภทจะมีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพที่ดีในการใช้งาน

ส่วนด้านความผิดเพี้ยนของสัญญาณรูปคลื่นของกระแสที่เกิดขึ้นนั้น ค่าความผิดเพี้ยนขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งมีความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 6.98 จากการทดสอบพบว่าบัลลาสต์ชนิดขดลวดมีค่าความผิดเพี้ยนของสัญญาณต่ำ มีค่าประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่น้อย และไม่ว่าจะทำการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบที่ขนาด ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กเท่าใดก็มีค่าความผิดเพี้ยนของสัญญาณไม่ต่างกันเท่าใด ดังนั้นค่าความผิดเพี้ยนของสัญญาณจึงไม่เป็นประเด็นสำคัญในการหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด

หมายเหตุ กระแสพิกัดของหลอด 36 วัตต์ มีขนาดกระแส 0.43 แอมแปร์
กระแสพิกัดของหลอด 18 วัตต์ มีขนาดกระแส 0.37 แอมแปร์

(ที่มา : มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.23-2521)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.100 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก กับ
ค่าความผิดเพี้ยนของรูปสัญญาณคลื่น

จากการทดสอบบัลลาสต์ต้นแบบทั้งหมดสามารถสรุปภาพโดยรวมของการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ ได้ดังนี้

บัลลาสต์ต้นแบบ 2/1

ออกแบบโดยอาศัยการป้อนอินพุต เป็นค่ากระแส และความเหนี่ยวนำโดยออกแบบไว้ที่กระแสเท่ากับ 0.45 แอมแปร์ ค่าความเหนี่ยวนำ 1 เฮนรี่ ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก 1.1เทสลา สามารถจุดหลอดติดได้แต่ แรงดันที่คำนวณได้เท่ากับ 141.37 โวลต์ แต่แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริงมีค่าอยู่ที่ประมาณ 180 โวลต์

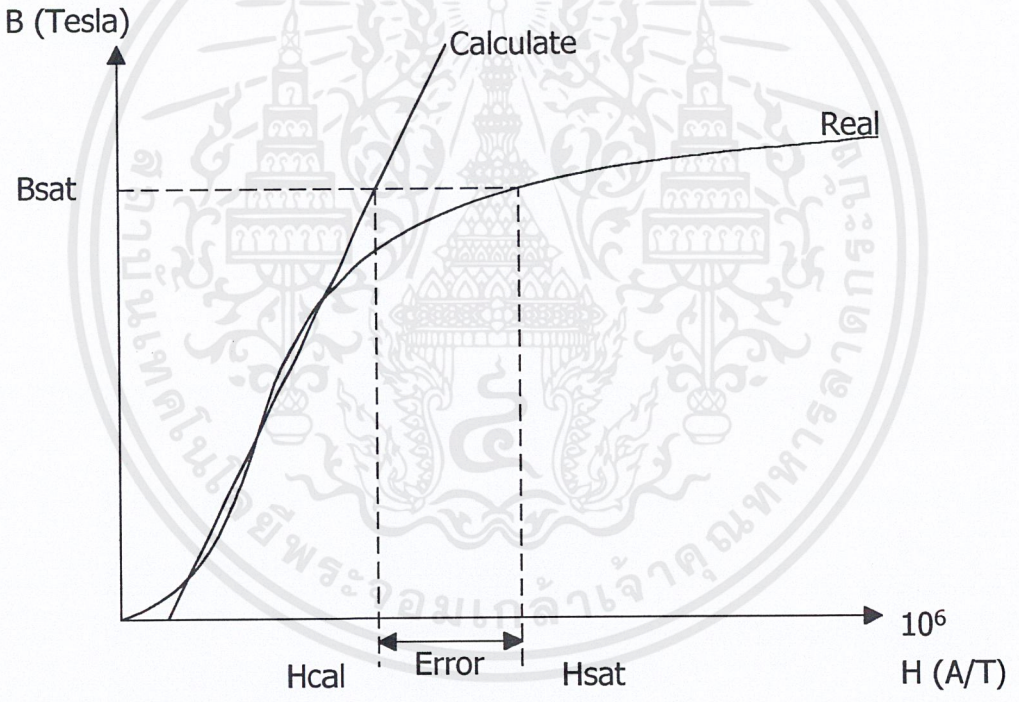
บัลลาสต์ต้นแบบ 2/2

ออกแบบเหมือนกับบัลลาสต์ต้นแบบ 2/1 แต่เพิ่มค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กเป็น 1.3 ซึ่งสามารถลดจำนวนรอบของขดลวด และ ขนาดช่องอากาศลงได้สามารถจุดหลอดติดได้ดี และ ซึ่งจากการทดลองจะสังเกตได้ว่าค่าประสิทธิภาพ และ ค่าประสิทธิผลความส่องสว่างมีค่าใกล้เคียงกับตัวแรกแต่จำนวนรอบขดลวดลดลงไป 131 รอบ ทำให้ประหยัดต้นทุนการผลิตนั่นแสดงให้เห็นว่าการออกแบบโดยเพิ่มค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก จะทำให้ประหยัดต้นทุนได้ แต่ยังคงมีปัญหาในการคำนวณแรงดันที่ได้ไม่ตรงกับที่วัดได้ในการใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ต้นแบบ 2/3

ออกแบบเหมือนบัลลาสต์ต้นแบบตัวที่ 2/1 แต่เพิ่มค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กเป็น 2 เทสลา จากการทดสอบปรากฏว่าเมื่อใช้งานจริงมีกระแสสูงมากเป็น 4.6 แอมแปร์ (ปกติใช้เพียง 0.43 แอมแปร์) จึงทำให้หลอดเสียในทันทีนั่นแสดงว่าค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กที่ใช้มีค่าสูงเกินไปจนทำให้แกนเหล็กเกิดการอิ่มตัวที่กระแสสูงมากนั้นอธิบายได้จากความสัมพันธ์ของความหนาแน่นสนามแม่เหล็กกับความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก โดยที่ช่วงแกนเหล็กอิ่มตัวอัตราในการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กเทียบกับความเข้มสนามแม่เหล็กมีค่าต่ำมากซึ่งส่งผลให้การทำงานที่ค่าความหนาแน่นฟลักซ์ในสภาพอิ่มตัวจะต้องใช้ความเข้มสนามแม่เหล็กมากๆ ส่งผลให้การคำนวณออกแบบซึ่งใช้สมการที่กำหนดในช่วงเชิงเส้นเกิดความผิดพลาดสูงปริมาณกระแสที่ได้ก็จะมีปริมาณมากตาม



รูปที่ 6.101 ความผิดพลาดในการคำนวณกระแสอันเนื่องมาจากการทำงานที่ช่วงอิ่มตัว

จากผลดังกล่าวทำให้ต้องมีการกำหนดขอบเขตค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กให้อยู่ในช่วงที่เป็นเชิงเส้น แม้จะมีช่องว่างอากาศก็ช่วยเพียงทำให้ช่วงกว้างความเป็นเชิงเส้นมากขึ้นดังที่กล่าวไว้ในทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์ต้นแบบ 2/4

จากผลการออกแบบในบัลลาสต์ต้นแบบ 2/3 พบว่าค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กที่ 2 เทสลามีค่าสูงเกินไปจึงได้ทดสอบที่ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กที่ 1.7 เทสลาซึ่งผลออกมาก็ได้เช่นเดียวกับบัลลาสต์ต้นแบบ 2-4 คือเกิดความผิดพลาดในการออกแบบค่าปริมาณกระแสที่ออกมามีค่ามาก

บัลลาสต์ต้นแบบ 2/5

ในบัลลาสต์ต้นแบบตัวที่ผ่านๆมา ใช้ค่าความเหนี่ยวนำในการออกแบบมีค่าเท่ากับ 1 เฮนรี่ แต่จากผลการทดสอบนำมาทำการคำนวณกลับ ได้ค่าความเหนี่ยวนำที่คำนวณเป็น 1.3 เฮนรี่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความเหนี่ยวนำที่ใช้ในการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบก่อนหน้านี้ใช้ค่าไม่เหมาะสมจึงได้เปลี่ยนค่าความเหนี่ยวนำเป็น 1.3 เฮนรี่ ซึ่งจากการทดสอบได้ค่าโวลต์ตกคร่อมบัลลาสต์จากการคำนวณ และการวัดขณะใช้งานจริงมีค่าใกล้เคียงกัน

บัลลาสต์ต้นแบบ 2/6

จากการทดสอบการปรับความกว้างช่องอากาศ พบว่าแรงดันตกคร่อมบัลลาสต์มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 170-180 โวลต์ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างคงที่ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าโวลต์ตกคร่อมบัลลาสต์และ กระแสเป็นอินพุตให้กับโปรแกรมช่วยคำนวณในการออกแบบ แทนการใช้ค่าความเหนี่ยวนำและกระแส ทำการคำนวณด้วยโปรแกรมโดยใช้ค่ากระแส 0.43 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมบัลลาสต์ 180 โวลต์ และ ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก 1.3 เทสลา จากการทดสอบพบว่าค่ากระแส และแรงดันคร่อมบัลลาสต์ที่ใช้งานจริง และการคำนวณจากโปรแกรมมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงว่าโปรแกรมที่ใช้ช่วยในการออกแบบมีความแม่นยำในการคำนวณอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

บัลลาสต์ต้นแบบ 2/7

ออกแบบเหมือนกับบัลลาสต์ต้นแบบ 2/6 แต่เพิ่มค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กเป็น 1.8 เทสลา จากการทำการปรับเปลี่ยนโปรแกรมที่ใช้ช่วยออกแบบจึงต้องการทดสอบการออกแบบที่ค่าความหนาแน่นแม่เหล็กสูงซ้ำเพื่อสังเกตผล จากการทดสอบปรากฏว่าสามารถจุดหลอดติดได้แต่กระแสที่ขณะใช้งานสูงมากซึ่งเกิดจากการอิ่มตัวของแกนเหล็ก ดังนั้นจึงไม่สามารถนำไปใช้งานจริงได้

บัลลาสต์ต้นแบบ 2/8

จากการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/6 สังเกตได้ว่าจุดที่ทำการคำนวณ และออกแบบนั้นคุณสมบัติที่ทดสอบได้ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ จึงมีแนวความคิดที่จะปรับลดขนาดพื้นที่แกนเหล็กเพื่อลดขนาด และต้นทุนของบัลลาสต์ต้นแบบ รวมถึงการทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงทำการแก้ไขโปรแกรมช่วยในการออกแบบให้มีการปรับเปลี่ยนขนาดพื้นที่แกนเหล็กเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการออกแบบโดยเปรียบเทียบที่ขนาดพื้นที่แกนเหล็กต่างๆกัน โดยออกแบบค่ากระแสที่ 0.43 แอมแปร์, แรงดันคร่อมบัลลาสต์ 180 โวลต์, ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก 1.5 เทสลา และพื้นที่แกนเหล็ก 6 ตร.ซม. จากการทดสอบพบว่าสามารถจุดหลอดได้ดี มีค่าประสิทธิภาพและ ประสิทธิผลการส่องสว่างดีกว่าค่าเฉลี่ยของบัลลาสต์ทั่วไป ซึ่งผลที่ได้เป็นที่น่าพอใจ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และราคาถูก

บัลลาสต์ต้นแบบ2/9

จากการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ 2/8 สามารถใช้งานได้ดีแล้วแต่เพื่อการพัฒนาให้ดีขึ้นจึงทดลองออกแบบที่ค่าความหนาแน่นแม่เหล็ก 1.8 เทสลา เพื่อลดจำนวนรอบให้ต่ำกว่าบัลลาสต์ต้นแบบ 2/8 แต่ผลที่ได้คือขณะใช้งานกระแสมีค่าสูงมากเนื่องจากแกนเหล็กที่อิ่มตัว จากการทดสอบซ้ำหลายๆรอบ ประกอบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก และความเข้มสนามแม่เหล็กจึงสามารถสรุปได้ว่าค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กที่เหมาะสมในการออกแบบคือช่วง 1.3 ถึง 1.5 เทสลา สำหรับแกนเหล็กชนิด EI-S23

บัลลาสต์ต้นแบบ2/10

จากการออกแบบบัลลาสต์ต้นแบบ2/8 นำมาพัฒนาโดยลดขนาดพื้นที่แกนเหล็กให้มีค่าต่ำกว่า 6 ตารางเซนติเมตร จากการคำนวณโดยโปรแกรมช่วยออกแบบจึงเลือกใช้ที่ 5.4 ตารางเซนติเมตรเพื่อลดขนาดของบัลลาสต์ต้นแบบให้มีขนาดที่เล็กลงไปอีก ซึ่งผลการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพ และประสิทธิผลการส่องสว่างมีค่าที่ดีขึ้น ในขณะที่มีขนาดเล็กลง และมีน้ำหนักเบากว่าบัลลาสต์ต้นแบบ 2/8

จากตารางการทดลองที่ 6.4 เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆของบัลลาสต์ทั่วไปแต่ละยี่ห้อมาเฉลี่ยเพื่อหาเป็นค่ามาตราฐานในการเปรียบเทียบในการทดสอบบัลลาสต์ต้นแบบพบว่า ประสิทธิภาพ และ ประสิทธิผลการส่องสว่างของบัลลาสต์ต้นแบบมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย ในขณะที่มีขนาดเล็กและ มีน้ำหนักเบากว่าจึงสรุปได้ว่าในการผลิตบัลลาสต์ต้นแบบใช้ต้นทุนต่ำกว่าการผลิตบัลลาสต์ทั่วไปตามท้องตลาด

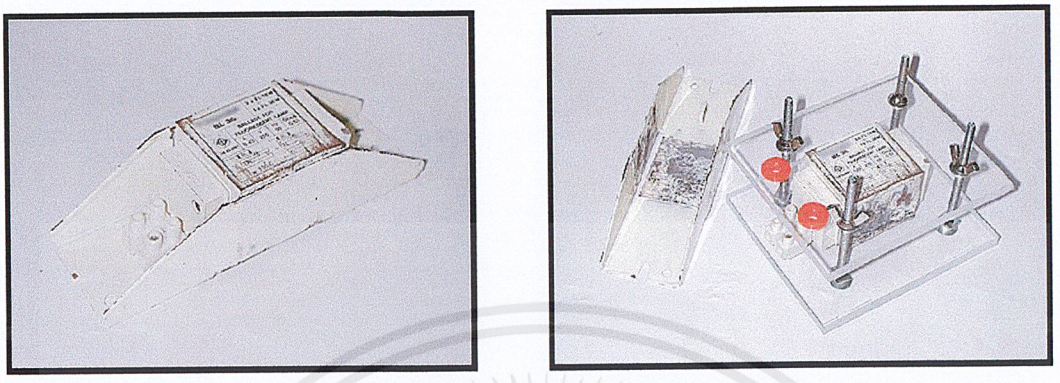
บัลลาสต์ต้นแบบ2/11

เป็นบัลาสต์ต้นแบบที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องพิสูจน์ความแม่นยำในการคำนวณของโปรแกรมในการออกแบบซึ่งจากการทดสอบนั้นพบว่าบัลลาสต์ต้นแบบ 2/11 สามารถใช้งานจริงได้ดี และมีประสิทธิภาพดีกว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของบัลลาสต์ทั่วไปขนาด18 วัตต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการคำนวณของโปรแกรมมีความแม่นยำของการคำนวณในระดับที่น่าพอใจ และสามารถใช้ออกแบบบัลลาสต์ได้หลายขนาดทั้ง 18 วัตต์ และ 36 วัตต์ได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

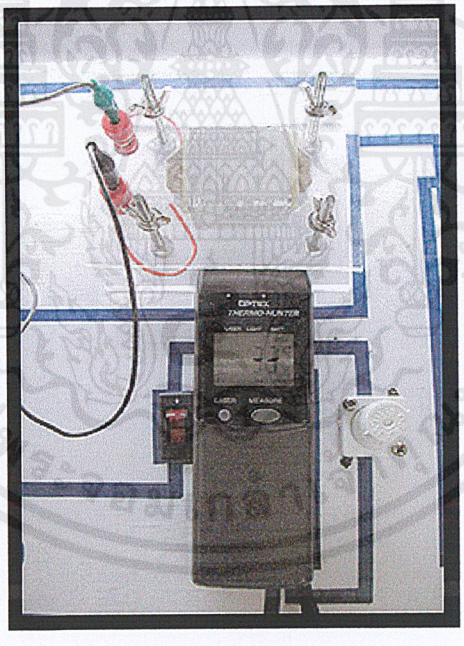
6.3 การทดสอบเก็บผลทางด้านอุณหภูมิของบัลลาสต์ทั่วไปเปรียบเทียบกับบัลลาสต์ต้นแบบ

เพื่อทดสอบเก็บบันทึกผลของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นขณะใช้งานของบัลลาสต์ทั่วไปที่มี ขายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไปเปรียบเทียบกับบัลลาสต์ต้นแบบที่ได้สร้างขึ้นใหม่



ก) ข)

รูปที่ 6.102 ก) บัลลาสต์ทั่วไปจับยึดด้วยแผ่นเหล็ก
ข) บัลลาสต์ทั่วไปจับยึดด้วยแผ่นพลาสติก



รูปที่ 6.103 การวัดอุณหภูมิด้วย Laser Temperature Meter

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. ต่อบัลลาสต์ที่ต้องการทดสอบเข้ากับแผงวงจรทดสอบ และ วัดอุณหภูมิก่อนเริ่มทำงานของ
2. บัลลาสต์
3. เปิดสวิทซ์เพื่อจุดหลอดไฟ และให้บัลลาสต์ทำงาน
4. วัดอุณหภูมิโดยLaser Temperature Meter ทุก 5 นาที และจดบันทึกผลจนกระทั่งครบ 2 ชั่วโมง
5. นำผลที่ได้ทั้งหมดมาใส่ตารางการทดลองที่ 2
6. ทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง และ สรุป

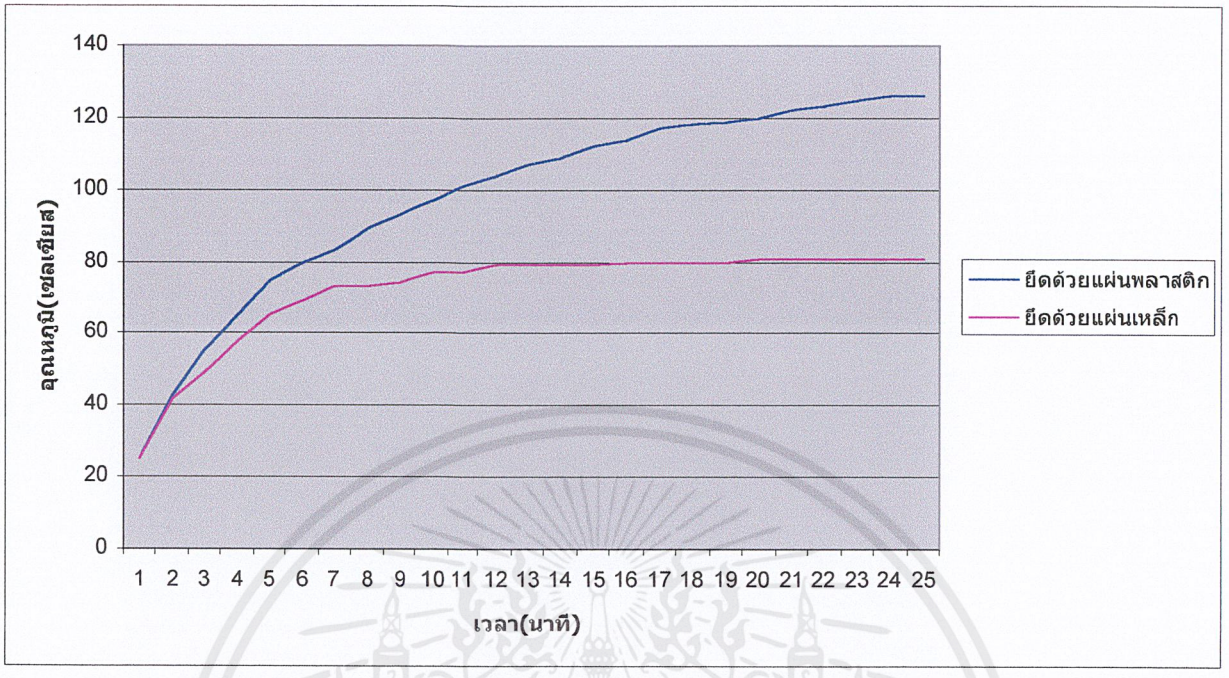
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของบัลลาสต์ต้นแบบ กับบัลลาสต์ทั่วไป

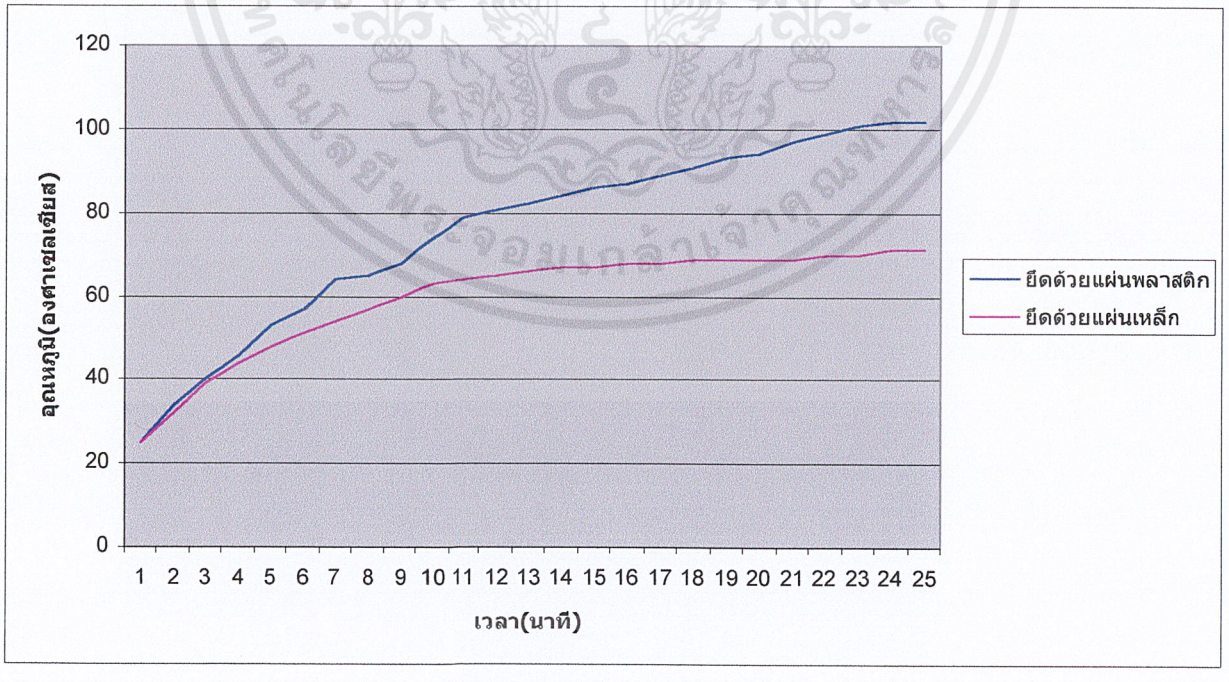
เครื่องวัดที่ใช้ : OPTEX Thermo Hunter, model : PT-3LD

เวลา	ยี่ห้อ 6 ขนาด36 วัตต์		ยี่ห้อ 3 ขนาด18วัตต์		ต้นแบบ 2/1	ต้นแบบ2/2	ต้นแบบ2/5	ต้นแบบ2/6	ต้นแบบ2/8	ต้นแบบ2/10	ต้นแบบ2/11
(นาที)	พลาสติก	แผ่นเหล็ก	พลาสติก	แผ่นเหล็ก							
0	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
5	34	32	43	42	31	32	31	31	31	31	35
10	40	39	55	49	38	39	37	39	39	38	43
15	46	44	65	58	46	46	44	45	44	45	50
20	53	48	75	65	55	55	50	52	50	50	54
25	57	51	80	69	57	57	55	55	56	54	59
30	64	54	83	73	62	62	59	61	60	58	64
35	65	57	89	73	67	66	64	63	63	63	66
40	68	60	93	74	70	70	68	65	66	65	67
45	74	63	97	77	73	72	70	68	69	69	68
50	79	64	101	77	75	74	72	71	71	71	70
55	81	65	104	79	76	75	74	74	73	74	72
60	82	66	107	79	77	76	76	75	74	76	74
65	84	67	109	79	78	77	78	77	76	78	75
70	86	67	112	79	78	77	80	79	77	79	76
75	87	68	114	80	80	78	82	80	79	82	77
80	89	68	117	80	81	79	83	82	80	83	77
85	91	69	118	80	81	80	84	83	81	84	78
90	93	69	119	80	82	80	85	84	82	84	79
95	94	69	120	81	82	80	86	85	83	85	80
100	97	69	122	81	82	80	86	85	84	86	80
105	99	70	123	81	82	80	87	85	85	86	81
110	101	70	125	81	83	80	87	86	85	87	81
115	102	71	126	81	83	81	88	86	86	88	82
120	102	71	126	81	84	81	88	86	86	88	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

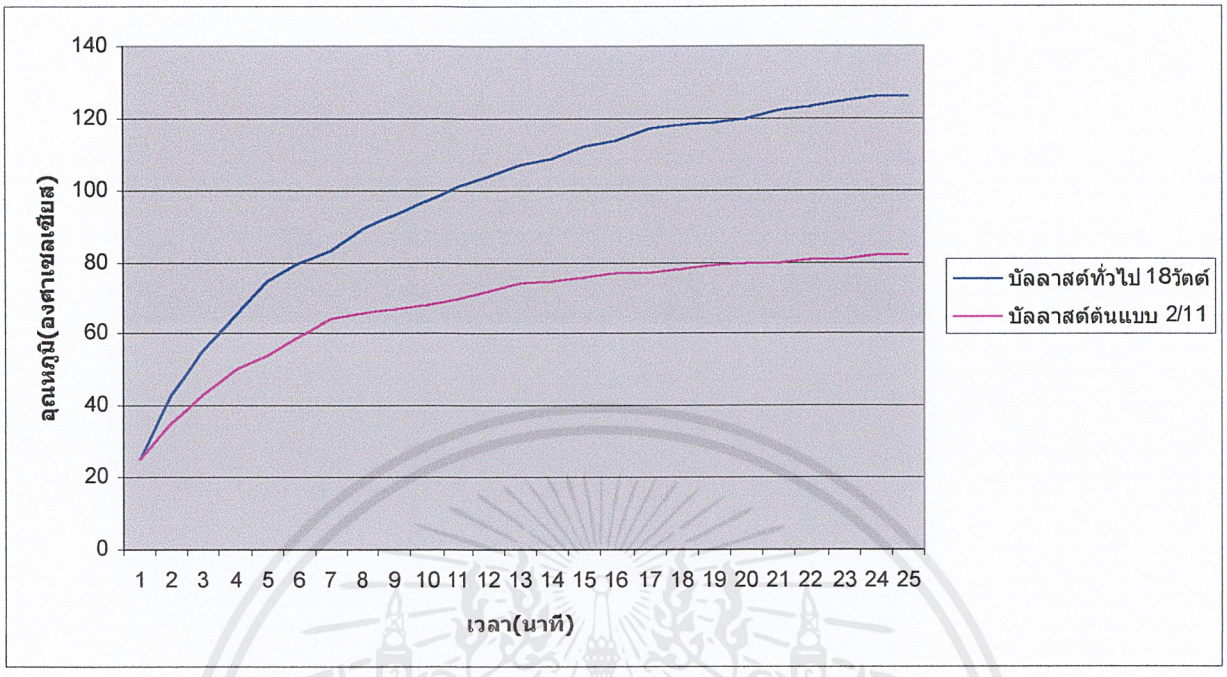


รูปที่ 6.104 เปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิขณะใช้งานของบัลลาสต์ทั่วไป 18 วัตต์ ระหว่างการจับยึดด้วยแผ่นโลหะ และแผ่นพลาสติก

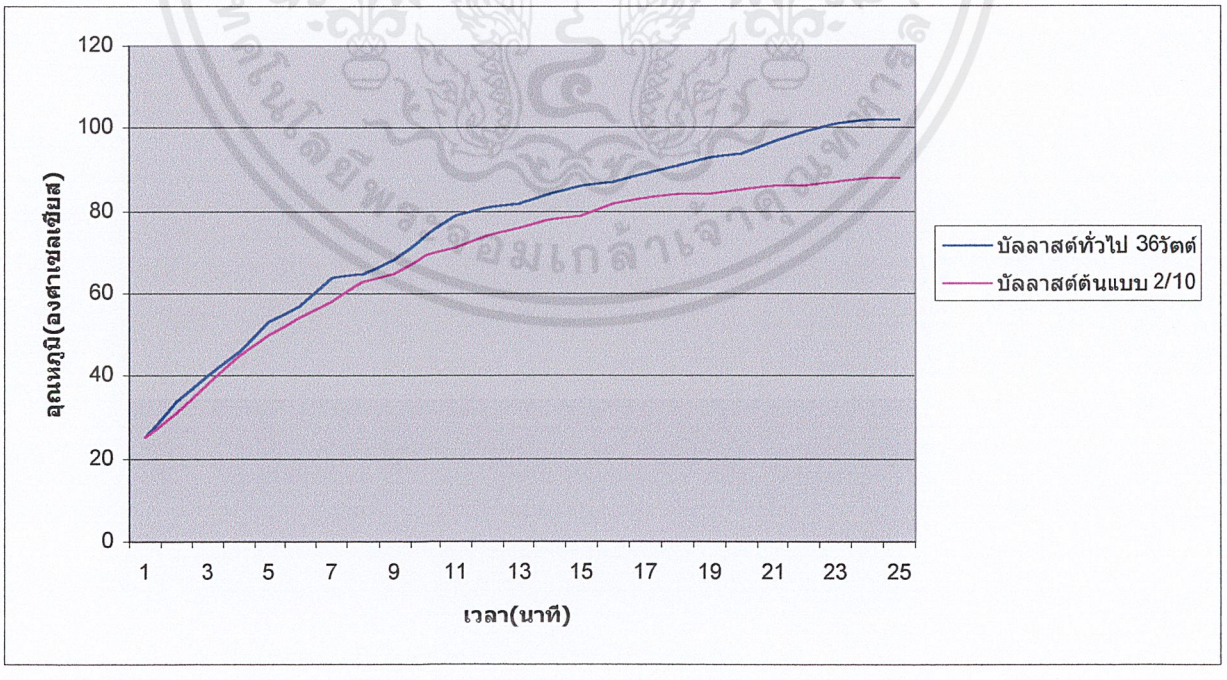


รูปที่ 6.105 เปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิขณะใช้งานของบัลลาสต์ทั่วไป 36 วัตต์ ระหว่างการจับยึดด้วยแผ่นโลหะ และแผ่นพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.106 เปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิขณะใช้งานของบัลลาสต์ทั่วไป 18 วัตต์ และ บัลลาสต์ต้นแบบโดยใช้การจับยึดด้วยแผ่นพลาสติก



รูปที่ 6.107 เปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิขณะใช้งานของบัลลาสต์ทั่วไป 36 วัตต์ และ บัลลาสต์ต้นแบบโดยใช้การจับยึดด้วยแผ่นพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าบัลลาสต์ต้นแบบมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิขณะใช้งานน้อยกว่าบัลลาสต์ทั่วไปเมื่อเปรียบเทียบในสภาพจับยึดด้วยแผ่นพลาสติกเหมือนกัน(ในทางอุตสาหกรรมจะต้องทำการจับยึดด้วยโลหะซึ่งจะช่วยในด้านระบายความร้อน แต่บัลลาสต์ต้นแบบที่สร้างขึ้นไม่สามารถทำการจับยึดด้วยแผ่นเหล็กได้ จึงเปรียบเทียบในสภาพการจับยึดด้วยแผ่นพลาสติก) ซึ่งอุณหภูมิขณะใช้งานที่บัลลาสต์ทั่วไปเริ่มอิ่มตัวที่ประมาณ 100 องศาเซลเซียส ในขณะที่บัลลาสต์ต้นแบบมีอุณหภูมิขณะใช้งานที่เริ่มอิ่มตัวประมาณ 85 องศาเซลเซียสซึ่งตามมาตรฐานอุตสาหกรรมอนุญาตให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นได้ถึง 120 องศาเซลเซียส โดยเลือกใช้ขดลวดเบอร์ AWG 30 ในการออกแบบ ซึ่งชนิดของลวดทองแดงที่เลือกใช้สามารถทนอุณหภูมิสูงสุดได้ 155 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าบัลลาสต์ต้นแบบที่สร้างขึ้นนั้นมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิขณะ และมีอายุการใช้งานได้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปผลและวิจารณ์

7.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อบัลลาสต์ชนิดขดลวดดังที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 5 ทั้งเรื่องการทดสอบปรับค่าปริมาณกระแสที่ไหลเข้าหลอดที่มีผลต่อปริมาณต่างๆ มาตรฐานอุตสาหกรรม การหาความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็ก กับ ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวดสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้โดยสรุปดังนี้

บัลลาสต์ชนิดขดลวดสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ ปริมาณกระแสที่เหมาะสมคือ 0.37 แอมแปร์ แรงดันคร่อมบัลลาสต์ในสภาวะทำงานที่ 205 โวลต์

บัลลาสต์ชนิดขดลวดสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ ปริมาณกระแสที่เหมาะสมคือ 0.43 แอมแปร์ แรงดันคร่อมบัลลาสต์ในสภาวะทำงานที่ 180 โวลต์

ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กที่ใช้ในการออกแบบควรเลือกในช่วงที่เป็นเชิงเส้นซึ่งในการทดสอบพบว่ามีค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก 0.8 ถึง 1.5 ในการออกแบบควรเลือกใช้ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กที่ค่าสูงที่สุดซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพสูงสุด ราคาต่ำที่สุด และ น้ำหนักน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กในจุดอื่น

ในส่วนการหาจุดดุลยภาพทำการปรับค่าพื้นที่แกนเหล็ก ขนาดลวด และ แกนเหล็ก ซึ่งจะมีผลต่อฟังก์ชันจุดประสงค์โดยพิจารณาหาจุดดุลยภาพที่ ประสิทธิภาพ ต่อ ราคาสูงสุด

7.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการออกแบบสร้างบัลลาสต์ต้นแบบ และได้ทำการทดสอบพบว่า ค่าประสิทธิภาพ และประสิทธิผลการส่องสว่างของบัลลาสต์ต้นแบบมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของบัลลาสต์ต่างๆ ทั่วไปตามท้องตลาด ส่วนด้านขนาดและน้ำหนักของบัลลาสต์ต้นแบบมีขนาดเล็กกว่าซึ่งทำให้อนุมานได้ว่าต้นทุนในการผลิตบัลลาสต์ต้นแบบจะให้ต้นทุนต่ำกว่าบัลลาสต์ทั่วไปตามท้องตลาด (เนื่องจากทางโรงงานผลิตบัลลาสต์ไม่เปิดเผยข้อมูลด้านต้นทุนการผลิตจึงไม่สามารถทำการเปรียบเทียบได้)

7.3 ปัญหาที่เกิดขึ้น และ แนวทางแก้ไข

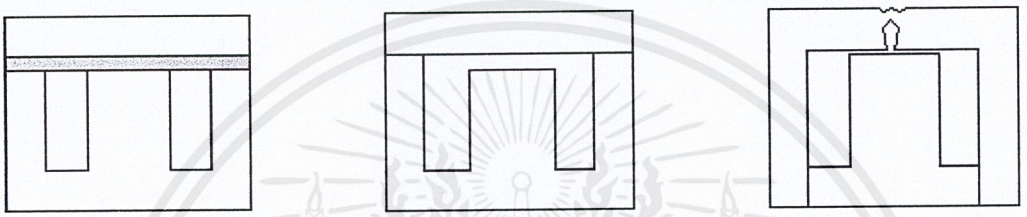
ในการคำนวณด้วยหลักการออกแบบตัวเหนี่ยวนำเมื่อนำมาสร้างเป็นบัลลาสต์ต้นแบบ และนำมาทดสอบเพื่อเก็บผลที่ได้พบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างซึ่งเกิดจากการจับยึด สารที่ใช้ทำช่องว่างอากาศมีความละเอียดไม่เพียงพอทำให้ค่ากระแสที่ได้คลาดเคลื่อนไปจากที่คำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4 แนวทางการพัฒนาและข้อเสนอแนะในการออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวด

7.4.1 โครงสร้างของแกนเหล็ก

ในด้านโครงสร้างของแกนเหล็กที่ใช้ในการทดสอบหาจุดคุลยภาพเราได้ใช้แกนรูป E – I แบบซอยแผ่น (laminated)ในการออกแบบซึ่งเป็นรูปแบบที่ง่ายในการวิเคราะห์ สามารถควบคุมช่องว่างอากาศได้ง่าย แต่ไม่เหมาะสมในการนำไปสร้างในเชิงอุตสาหกรรมเนื่องจากจำเป็นต้องสร้างส่วนที่ ใช้เป็นช่องว่างอากาศด้วยสารที่มีค่าความซึมซาบแม่เหล็ก (permeability) เท่ากับอากาศ ซึ่งการออกแบบรูปร่างแกนเหล็กใหม่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวและช่วยประหยัดต้นทุนในวัสดุที่จะใช้ทำช่องอากาศและ ทำให้การจับยึดง่ายขึ้น



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 7.1 รูปร่างแกนเหล็กด้านหน้าแบบต่างๆ
(ก) รูปร่างแกนเหล็กที่ใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์
(ข) รูปร่างแกนเหล็กตัวอย่างหมายเลข 1
(ค) รูปร่างแกนเหล็กตัวอย่างหมายเลข 2

สังเกตเห็นได้ว่ารูปร่างแกนเหล็กตัวอย่างหมายเลข 1 และ หมายเลข 2จะไม่มีความต้องการใช้วัสดุมาทำหน้าที่แทนช่องอากาศ

ในแกนเหล็กหมายเลข 1 ทำการตัดแกนกลางลงโดยให้ความกว้างช่องอากาศเฉลี่ยเท่ากับที่ออกแบบ

ในแกนเหล็กหมายเลข 2 เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่มีใช้อยู่ในบัลลาสต์ที่ขายตามท้องตลาดมีรูปร่างพิเศษซึ่งต้องมีการศึกษาต่อไป

ส่วนขนาดกระแสที่เหมาะสมในการออกแบบใช้งานนั้นจากตารางผลการทดลองที่ 2ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับประสิทธิภาพ, ประสิทธิผลการส่องสว่าง, กำลังตกคร่อมหลอด และ ฟลักซ์การส่องสว่าง ซึ่งจะได้ข้อสังเกตว่าหากลดขนาดของกระแสให้ต่ำลงจะมีผลดีดังนี้ คือ ทำให้ประสิทธิภาพและ ประสิทธิผลการส่องสว่างดีขึ้น, อายุการใช้งานของหลอดจะยาวมากขึ้นอันเป็นผลมาจากกำลังที่ตกคร่อมที่หลอดมีค่าลดลง แต่ทว่าข้อเสียที่เกิดขึ้นก็คือค่าฟลักซ์การส่องสว่างนั้นลดลงตามกำลังที่ตกคร่อมที่หลอดไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4.2 สารที่ใช้ทำแกนเหล็ก

แกนเหล็กที่ใช้ในการออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวดที่จุดดุลยภาพนี้ใช้แกนเหล็กชนิด S23 ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็ก กับ ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งมีช่วงในการใช้งานแบบเชิงเส้นสูงสุดที่ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กเป็น 1.5 เทสลา ในการทดลองพบว่าการออกแบบให้ใช้งานที่ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด จะเป็นจุดที่ทำให้ค่าของประสิทธิภาพสูงสุด ราคาต่ำที่สุด และ น้ำหนักน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กในจุดอื่น

7.4.3 ปริมาณการจำกัดกระแสที่ไหลผ่านหลอด

จากการทดลองปรับปริมาณกระแสที่ไหลผ่านหลอดพบว่าเมื่อกระแสเพิ่มขึ้นทำให้ค่ากำลังสูญเสียเกิดมากขึ้นด้วย ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพ และ ค่าประสิทธิผลต่ำลง แต่ค่าฟลักซ์ความส่องสว่างจะเพิ่มขึ้น

7.5 การพัฒนาในกระบวนการหาจุดดุลยภาพ (Optimization Method Development)

วิธีที่ใช้ในการหาจุดดุลยภาพอยู่เป็นวิธีที่ใช้เวลามากเนื่องจากต้องคำนวณในทุกค่าความเป็นไปได้ในขอบเขตเงื่อนไข ยิ่งมีความละเอียดมากยิ่งใช้เวลานานมาก แต่เนื่องจากปัญหาในการสังเคราะห์ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่มีค่าแปรเปลี่ยนหลากหลายทำให้ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ทางกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หากแก้ปัญหาตรงนี้ได้ก็สามารถนำทฤษฎีทางคณิตศาสตร์มาจับได้ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาแนวโน้ม (Approach)จะทำให้การหาจุดดุลยภาพเร็วขึ้น

ในส่วนการพิจารณาจุดดุลยภาพสำหรับบัลลาสต์ที่ใช้อยู่คือพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพต่อราคาสูงสุด ซึ่งหากต้องการให้ความสำคัญเน้นหนักไปทางใดทางหนึ่งมากกว่าเป็นพิเศษด้วยเหตุผลทางธุรกิจ หรือใดๆ ก็ตามก็อาจจะพัฒนาให้สามารถกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับค่าฟังก์ชันจุดประสงค์แล้วเลือกค่าผลรวมค่าที่ถ่วงน้ำหนักสูงสุดเป็นคำตอบ

7.6 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor Correction)

ในการออกแบบบัลลาสต์ชนิดขดลวดมุ่งเน้นที่จะทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้น ราคาถูกลง แต่ในส่วนการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังนั้นไม่สามารถที่จะออกแบบด้วยการปรับค่าพารามิเตอร์ในบัลลาสต์ได้ เนื่องจากบัลลาสต์จำเป็นต้องมีคุณสมบัติความเป็นตัวเหนี่ยวนำ และ ต้องออกแบบให้ค่าตอบสนองตามมาตรฐานพิกัดทางไฟฟ้า

การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังจึงทำได้เพียงต่อตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor) ซึ่งต้องทำการคำนวณให้เหมาะสมกับค่าความเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อเสนอแนะทั้งหมดในการพัฒนาบัลลาสต์ขดลวดดังกล่าวข้างต้นอาจทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นดังนั้นควรทำการพิจารณาเพื่อให้เกิดประโยชน์คุ้มค่าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้จัดทำ "การหาจุดดุลยภาพของบัลลาสต์ชนิดขดลวด" ต้องขอขอบคุณผู้ให้ความช่วยเหลือให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ได้แก่

- รศ. ศุลี บรรจงจิตร และ รศ. มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์ ที่ให้คำปรึกษา และ คำเสนอแนะ ในการทำงาน
- ประภาษ ไพรสุวรรณา ผู้สอนรวมทั้งให้คำแนะนำในด้านทฤษฎีการออกแบบ และการวิเคราะห์ในส่วนโครงสร้างของบัลลาสต์ต้นแบบ
- ผศ.ดร. ชัยวุฒิ ฉัตรอุทัย ที่กรุณาให้คำแนะนำให้ทำการทดลองปรับช่องอากาศในบัลลาสต์ควบคุมกระแส และ ตรวจสอบพารามิเตอร์ต่างๆ
- อ. เชาว์ ชมภูอินไหว ที่คอยให้คำแนะนำ วิจารณ์ ตักเตือน กระตุ้น และ ให้การสนับสนุนในด้านกำลังกาย กำลังใจ และ กำลังทุนทรัพย์ ทำให้งานนี้สามารถทำงานได้อย่างราบรื่น และ มีประสิทธิภาพ
- ขอขอบคุณบุพการี บิดา มารดา และ รวมทั้งคณะวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- เพื่อนๆวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมศาสตร์ลาดกระบัง รุ่น 37 และพี่ๆนักศึกษาปริญญาโท ที่คอยเป็นกำลังใจ ช่วยเหลือยามเดือดร้อน และเป็นเพื่อนตีปิงปองยามเหงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] พิชิต ลำยอง, "เครื่องจักรกลไฟฟ้า 1", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2537

[2] ปริญญานิพนธ์, "การออกแบบตัวเหนี่ยวนำแกนเหล็ก EI, Design of an EI core Inductor", สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2538

[3] ปริญญานิพนธ์, "การออกแบบหม้อแปลงและตัวเหนี่ยวนำความถี่สูงโดยใช้คอมพิวเตอร์, CAD for high frequency transformers and inductor", สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2539

[4] ปริญญานิพนธ์, "การออกแบบตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้าแกนเหล็ก EI โดยใช้วิธีออพติไมซ์เซชั่น, Design of an EI core induction using optimization techniques", สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2539

[5] ปริญญานิพนธ์, "การออกแบบตัวเหนี่ยวนำแบบแกน EI ที่มีช่องอากาศ, Design of EI-inductor with air-gap",สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2542

[6] มงคล ทองสงคราม, "หม้อแปลงไฟฟ้า", บริษัท รามาการพิมพ์ จำกัด, 2541

[7] Colonel Wm. T. Mclyman, "Transformer and inductor design handbook", Macel Dekke, Inc. New York and Basel, 1988

[8] John G. Webster, "Wiley Encycopedia of Electrical and Electronics Engineering", John Wiley & Son Inc.,1999

[9] Douglass J. wilde, Chales S. Beightler , " Foundations of Optimization", NJ PrenticeHall, 1967

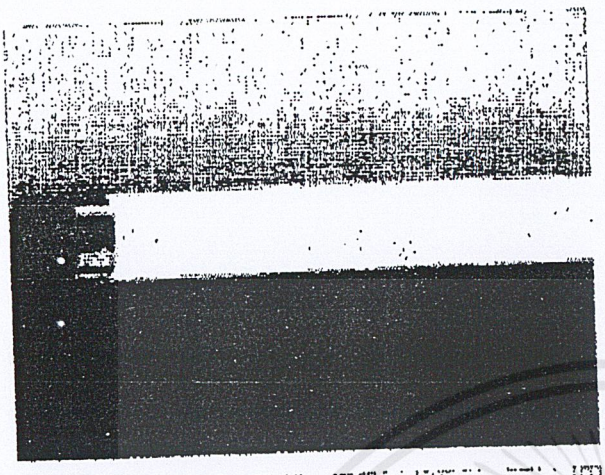
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

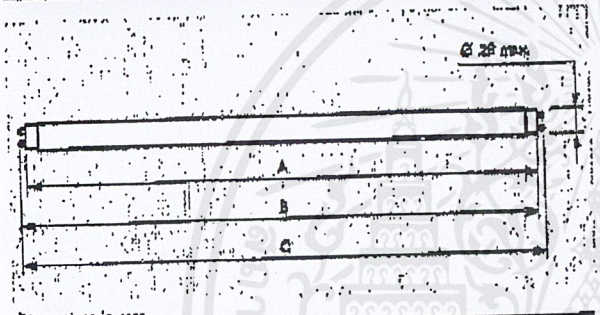
Fluorescent lamps

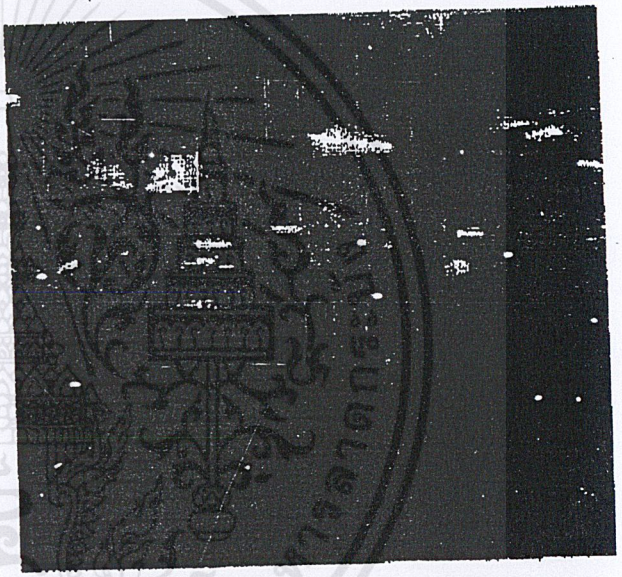
'TL'D Standard colours



Fluorescent lighting is efficient and economical. The efficacy (lumen/watt) of all fluorescent lamps is high compared to most other light sources.
Different luminaires are available for various purposes.
'TL'D lamps are low-pressure mercury discharge lamps with a clear tubular 26 mm envelope. The tube wall is internally covered with a mixture of fluorescent powders.
'TL'D Standard colours have a moderate colour rendering index (C.R.I. 50 - 75). Especially the red part of the spectral power distribution is moderately covered by standard colours.

'TL'D Standard colours are mostly used in applications where colour rendering is not an important parameter.
The efficacy of TL'D Standard colours is lower than 'TL'D /80 colours.
The colour designation of 'TL'D lamps creates a certain atmosphere. It varies from warm-white to cool daylight. The colour designation is determined by the colour temperature of the lamp.





Dimensions in mm

Type	A max.	B min.	B max.	C max.
TL'D 14W	361.2	365.9	368.3	375.4
TL'D 15W	437.4	442.1	444.5	451.6
TL'D 16W	720.0	724.7	727.1	734.2
TL'D 18W	589.8	594.5	597.0	604.0
TL'D 23W/36W-1	970.0	974.7	977.1	984.2
TL'D 30W	894.6	899.3	901.7	908.8
TL'D 36W	1199.4	1204.1	1206.5	1213.6
TL'D 38W	1047.0	1051.7	1054.1	1061.2
TL'D 58W	1500.0	1504.7	1507.1	1514.2
TL'D 70W	1763.8	1768.5	1770.9	1778.0

Type	Cap/ base	Lamp voltage[1]	Lamp current[1]	Colour designation	Correlated colour temperature	Lumen output[1]	Average luminance[1]	Nett weight	Ordering number	EOC
		V	A		K	lm	cd/cm²	g		
/25										
TL'D 15W /25	G13	51	0.34	UNIVERSAL WHITE	4000	900	0.90	76	9280 248 02500	702760
TL'D 16W /25	G13	95	0.20	UNIVERSAL WHITE	4000	1000	0.65	125	9280 249 02500	614193
TL'D 18W /25	G13	59	0.36	UNIVERSAL WHITE	4000	1100	0.80	100	9280 480 02500	-
TL'D 30W /25	G13	98	0.36	UNIVERSAL WHITE	4000	1800	0.90	145	9280 254 02500	-
TL'D 36W /25	G13	103	0.44	UNIVERSAL WHITE	4000	2600	0.95	166	9280 485 02500	-
TL'D 36W-1 /25	G13	80	0.56	UNIVERSAL WHITE	4000	2600	1.10	161	9280 456 02500	-
TL'D 38W /25	G13	104	0.43	UNIVERSAL WHITE	4000	2550	1.10	162	9280 487 02500	716667
TL'D 58W /25	G13	111	0.67	UNIVERSAL WHITE	4000	4125	1.20	233	9280 490 02500	-
/29										
TL'D 15W /29	G13	51	0.34	WARM WHITE	2900	1000	1	76	9280 248 02900	-
TL'D 16W /29	G13	95	0.20	WARM WHITE	2900	1100	0.70	125	9280 249 02900	-
TL'D 18W /29	G13	59	0.36	WARM WHITE	2900	1250	0.85	100	9280 480 02900	-
TL'D 23W /29	G13	98	0.30	WARM WHITE	2900	1800	0.85	161	9280 488 02900	726353
TL'D 30W /29	G13	98	0.36	WARM WHITE	2900	2175	1.05	145	9280 254 02900	-
TL'D 36W /29	G13	103	0.44	WARM WHITE	2900	2975	1.05	186	9280 485 02900	-
TL'D 36W-1 /29	G13	80	0.56	WARM WHITE	2900	2700	1.15	161	9280 456 02900	-
TL'D 58W /29	G13	111	0.67	WARM WHITE	2900	4700	1.35	233	9280 490 02900	-
TL'D 70W /29	G13	132	0.69	WARM WHITE	2900	5460	1.35	272	9280 493 02900	618344

[1] conventional gear

PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

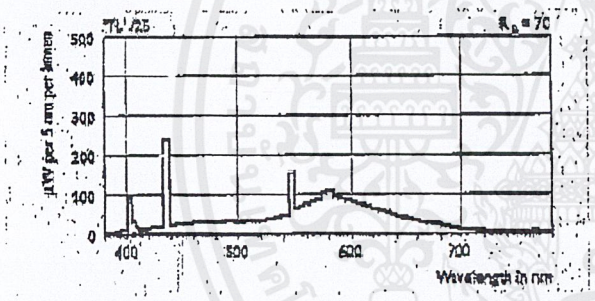
Fluorescent lamps

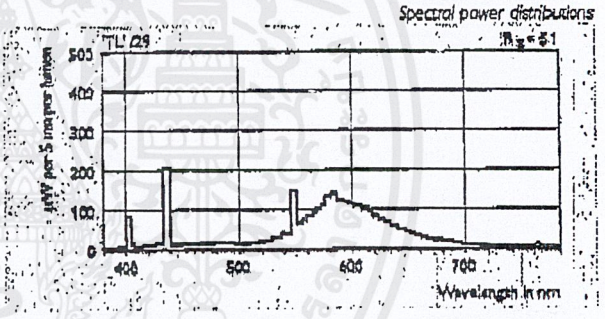
'TL'D Standard colours

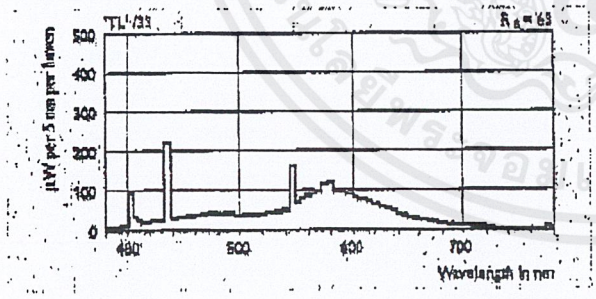
Type	Cap/ base	Lamp voltage[*]	Lamp current[*]	Colour designation	Correlated colour temperature	Lumen output[*]	Average luminance[*]	Nett weight	Ordering number	EOC
		V	A		K	lm	cd/cm²	g		
/33										
TL'D 14W /33	G13	45	0.38	COOL WHITE	4100	730	0.95	66	9280 243 03300	721754
TL'D 15W /33	G13	51	0.34	COOL WHITE	4100	950	0.95	76	9280 248 03300	-
TL'D 18W /33	G13	59	0.36	COOL WHITE	4100	1200	0.85	100	9280 480 03300	-
TL'D 23W /33	G13	95	0.30	COOL WHITE	4100	1900	0.90	161	9280 455 03300	726384
TL'D 30W /33	G13	98	0.36	COOL WHITE	4100	2100	1.05	145	9280 254 03300	638598
TL'D 36W /33	G13	103	0.44	COOL WHITE	4100	2850	1.05	186	9280 485 03300	-
TL'D 36W/1 /33	G13	80	0.56	COOL WHITE	4100	2800	1.20	161	9280 456 03300	702883
TL'D 38W /33	G13	104	0.43	COOL WHITE	4100	3100	1.20	162	9280 457 03300	726698
TL'D 58W /33	G13	111	0.67	COOL WHITE	4100	4600	1.35	233	9280 490 03300	-
TL'D 70W /33	G13	132	0.69	COOL WHITE	4100	5250	1.30	272	9280 493 03300	618375
/35										
TL'D 15W /35	G13	51	0.34	WHITE 3500	3500	960	0.95	76	9280 248 03500	618634
TL'D 18W /35	G13	59	0.36	WHITE 3500	3500	1150	0.85	100	9280 480 03500	729002
TL'D 30W /35	G13	98	0.36	WHITE 3500	3500	2300	1.05	145	9280 254 03500	618603
TL'D 36W /35	G13	103	0.44	WHITE 3500	3500	3000	1.10	186	9280 485 03500	704580
TL'D 58W /35	G13	111	0.67	WHITE 3500	3500	4600	1.35	233	9280 490 03500	700704
TL'D 70W /35	G13	132	0.69	WHITE 3500	3500	5400	1.35	272	9280 493 03500	615862
/54										
TL'D 14W /54	G13	45	0.38	COOL DAYLIGHT	6200	660	0.85	66	9280 243 05400	721785
TL'D 15W /54	G13	51	0.34	COOL DAYLIGHT	6200	830	0.85	76	9280 248 05400	722218
TL'D 18W /54	G13	59	0.36	COOL DAYLIGHT	6200	1050	0.75	100	9280 480 05400	-
TL'D 23W /54	G13	95	0.30	COOL DAYLIGHT	6200	1550	0.70	161	9280 455 05400	726414
TL'D 30W /54	G13	98	0.36	COOL DAYLIGHT	6200	1825	0.90	145	9280 254 05400	722638
TL'D 36W /54	G13	103	0.44	COOL DAYLIGHT	6200	2500	0.95	186	9280 485 05400	-
TL'D 36W/1 /54	G13	80	0.56	COOL DAYLIGHT	6200	2350	1	161	9280 456 05400	726595
TL'D 58W /54	G13	111	0.67	COOL DAYLIGHT	6200	4000	1.15	233	9280 490 05400	-

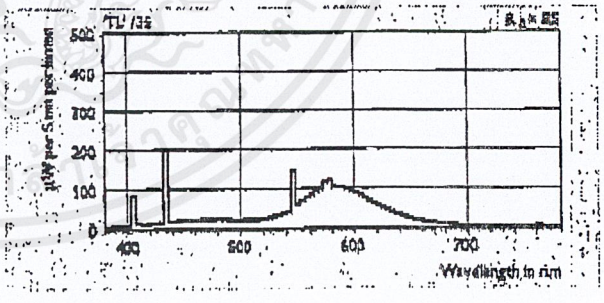
[*] conventional gear

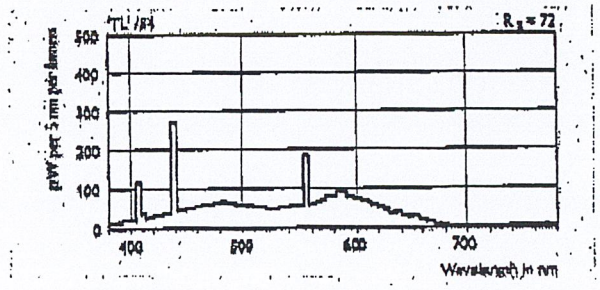
Spectral power distributions









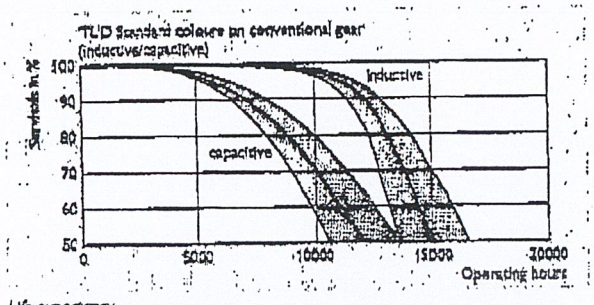


PHILIPS

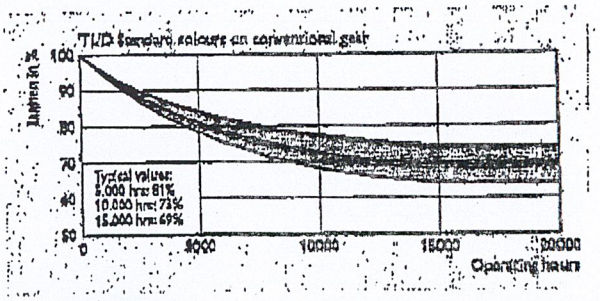
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fluorescent lamps

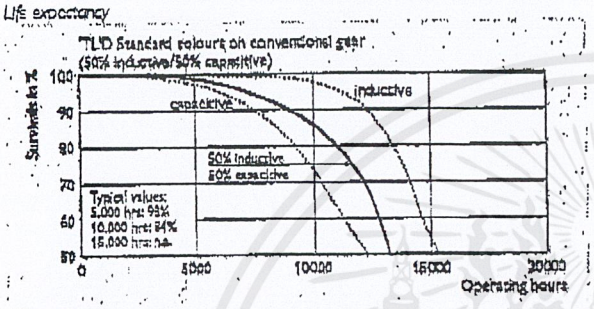
TL'D Standard colours



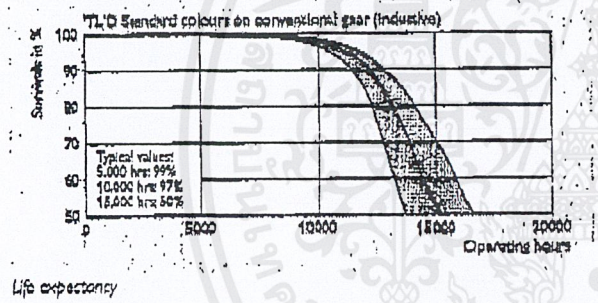
Life expectancy



Lumen maintenance



Life expectancy



Life expectancy

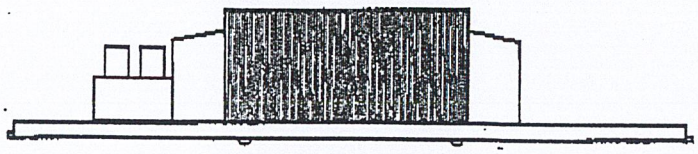
PHILIPS

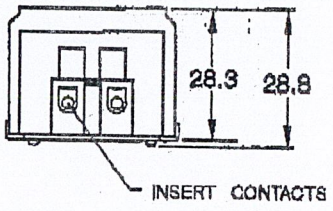
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

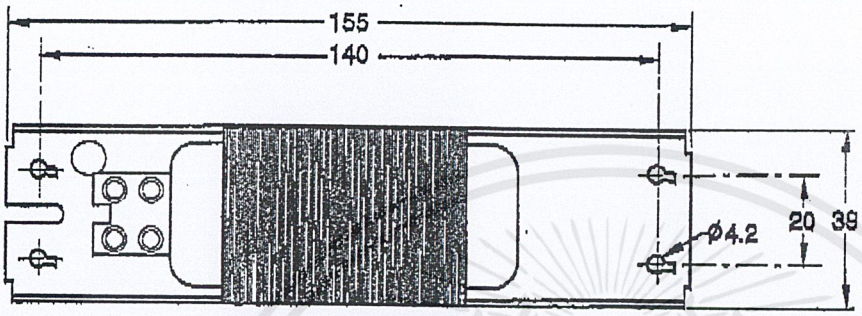
ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dimensions







Electrical characteristics of low power factor (inductive) circuits - LPF switch-start

Type	Electrical connection	Main frequency Hz	Power factor	Main current during ignition A	Main current during operation A	Losses at t = 20°C W	tw [2] °C	Δt [3] normal °C	Δt [3] abnormal °C	Temp. marking [4] tw/Δt/Δt	Starter Type	Parallel compensation [5] capacitor µF	capacitor V	main current A
For TL' 20W/ TL'D 18W Lamps 220V [1]														
BTA 18L04	Screw	50	0.35	0.42	0.37	8.0	130	55	90	130/55/90	S10/S2	4.7	250	0.15
BTA 18L05	Insert	50	0.35	0.42	0.37	8.0	130	55	90	130/55/90	S10/S2	4.7	250	0.15
For TL' 40W/ TL'D 36W Lamps 220V [1]														
BTA 36L04	Screw	50	0.5	0.59	0.43	8.5	130	55	145	130/55/160	S10	4.2	250	0.25
BTA 36L05	Insert	50	0.5	0.59	0.43	8.5	130	55	145	130/55/160	S10	4.2	250	0.25

บริษัท ฟิลิปส์อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด
60/14 หมู่ 11 ถนนบางนา-ตราด กม. 3
บางนา กรุงเทพฯ 10260
โทร : 399-3280-9 แฟกซ์ : 398-2081

PHILIPS

ร่วมสร้างสรรค์ สิ่งที่ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้