การออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับ หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์

ปริญญานิพนธ์

ของ

ยรรยง แดงยืนยง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

ตุลาคม 2546

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์

บทคัดย่อ

ของ

ยรรยง แดงยืนยง

346

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

ตุลาคม 2546

ยรรยง แดงยืนยง . (2546) . *การออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์* .ปริญญานิพนธ์ , กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) . กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร , อาจารย์โอภาส สุขหวาน.

การออกแบบ และ สร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับ หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์โดยในการออกแบบและสร้างจะแบ่งชุดอุปกรณ์ออกเป็นสองส่วน คือชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นชุดแปลงแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันไฟฟ้า220โวลท์ ความถี่50เฮิรตซ์ ให้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันไฟฟ้า400โวลท์ และชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ เป็นชุดแปลงแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันไฟฟ้า400โวลท์ให้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันไฟฟ้า87.84โวลท์ความถี่57.67กิโลเฮริตซ์ ซึ่งในงานวิจัยในครั้งนี้เลือกใช้วงจรรวม หรือที่เรียกว่าไอซีมาใช้เป็นอุปกรณ์หลักของวงจรโดยไอซีใช้งานคือไอซีเบอร์L6561 ซึ่งเป็นไอซีในการควบคุมค่าตัวประกอบกำลังและรักษาระดับแรงดันไฟตรงให้คงที่ก่อนจะส่งมายังชุดแปลงแรงดันให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับก่อนที่จะส่งผ่านไปยังวงจรออสซิลเลตและวงจรเรโซแนนท์เพื่อใช้สำหรับจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก.885-2532) และ (มอก 1506-2541)

การออกแบบ และ สร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ ได้ทำการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก.885-2532) และ (มอก.1506-2541)ในรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรต้องมีค่าอย่างน้อย0.85(มอก.1506-2541;2,10,26)โดยค่าที่วัดได้จะต้องมีค่าต่างกันไม่เกิน0.5จากค่าที่แสดงไว้บนตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(มอก.1506-2541;5)

2. ค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(มอก.1506-2541;3) ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ95ของค่าที่ผู้ทำแจ้งไว้

3. แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด(มอก.1506-2541:3) ค่ากำลังในวงจรทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ110ของค่าที่ผู้ทำแจ้งไว้เมื่อให้บัลลาสต์ทำงานร่วมกับบัลลาสต์อ้างอิง

4. อุณหภูมิโดยรอบหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก.1506-2541;4,11) ต้องอยู่ในพิสัย23ถึง27องศาเซลเซียส

5. อุณหภูมิที่ผิวภายนอกบัลลาสต์(มอก.885-2532;12)จะต้องมีค่าอุณหภูมิขณะทำการทดสอบอยู่ระหว่าง0 ถึง 50 องศาเซลเซียส

จากการทดสอบ พบว่าการสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด36วัตต์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก.885-2532) และ (มอก1506-2541)โดยมีผลการทดสอบดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรมีค่าเท่ากับ0.99

2.ค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าเท่ากับร้อยละ97ของค่าที่ทดสอบ

3.แรงดันไฟฟ้าและค่ากำลังในวงจรมีค่าดังนี้ ด้านเข้ามีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ219.9โวลท์กำลังในวงจร ทางด้านเข้าเท่ากับ116.54วัตต์,ค่ากระแสไฟฟ้าด้านเข้าวงจรมีค่าเท่ากับ53มิลลิแอมป์และค่ากำลังในวงจรด้านออกมีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ87.84โวลท์ กำลังในวงจรทางด้านออกเท่ากับ78.53วัตต์ ค่ากระแสไฟฟ้าด้านเข้าของวงจรมีค่าเท่ากับ310มิลลิแอมป์ คิดเป็นร้อยละ 109.069 ของค่าที่ผู้วิจัยแจ้งไว้ เมื่อให้บัลลาสต์อ้างอิงทำงานร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

4. อุณหภูมิโดยรอบหลอดฟลูออเรสเซนต์ในขณะทำการทดสอบมีค่าเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส

5. อุณหภูมิที่ผิวภายนอกของบัลลาสต์ในขณะทำการทดสอบมีค่าเท่ากับ 40.2 องศาเซลเซียส

DESIGN AND CONSTRUCTION OF ELECTRONIC BALLAST FOR 36 WATT FLUORESCENT LAMP

AN ABSTRACT

BY

YANYONG DANGYUENYONG

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree in Industrial Education

at Srinakharinwirot University

October 2003

Yanyong Dangyuenyong . (2003) . *A Design and Construction of Electronic Ballast for 36 watt Fluorescent Lamps.* Master thesis , M.Ed. (Industrial Education) . Bangkok : Graduate School,Srinakharinwirot University . Advisor Committee : Dr. Pairus Vonguttrakrai , Mr. Opart Sukwan.

The purpose of this study was to design and construction of electronic ballast for 36 watt fluorescent lamps. In order to design and construction electronic ballast, the researcher were decide to devised the circuit in to two circuits. First circuit was a converted circuit that convert 220 volt alternating current 50 hertz in to 400 volt direct current. Second circuit was a inverted circuit that invert 400 volt direct current in to 87.84 volt alternating current 57.67 kilohertz. In this study the researcher chose integrated circuit (IC) as a main circuit part (No. L6561) to control the power factor and the direct current voltage-stabilized and later inverted to oscillator and resonant circuit for starting the fluorescent lamps.

In this study the researcher used the Thai Industrial Standard (TIS 885-2532) and (TIS1506-2541) the title of A.C. – Supplied electronic ballasts for tubular fluorescence lamps as tools for comparison.

The Thai Industrial Standard (TIS 885-2532) and (TIS1506-2541) on the title of A.C. – Supplied electronic ballasts for tubular fluorescence lamps have a detail as followed:

1. The power factor should not less than 0.85 (TIS1506-2541;2,10,26) and the error should not more than 0.5 when compare with the name plate shown (TIS1506-2541;5).

2. The current crest factor of electronic ballast should not less than 95 percent (TIS1506-2541;3).

3. The power voltage supply should not more than 110 percent (TIS1506-2541;3).

4. The temperature of the fluorescent lamps should be between 23-27 degree Celsius (TIS1506-2541;4,11)

5. The temperature of ballast case should be between 0-50 degree Celsius (TIS885-2532;12)

The result of this study was follow the Thai Industrial Standard were:

1. The electronic ballast have power factor of 0.99.

2. The current crest factor of electronic ballast was 97 percent

3. The input power voltage supply were 219.9 volt 53miliampare 116.54 watt and the output power voltage supply were 87.84 volt 384miliampare 78.53 watt. The efficiency was 106.069 percent.

4. The temperture of the fluorescent lamps was 25 degree Celsius.

5. The temperture of ballast case was 40.2 degree Celsius.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์

ของ

นายยรรยง แดงยืนยง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นภากรณ์ หะวานนท์)
วันที่ 1 เดือน ... พ.ศ.2546

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

.....กรรมการ
(อาจารย์โอกาส สุขหวาน)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร. อุปวิทย์ สุวคันธกุล)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความเมตตา จาก อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์ โอภาส สุขหวาน ให้คำแนะนำในการดูแลตรวจสอบให้กำลังใจ และให้ข้อเสนอแนะสำหรับการทำงานวิจัยในด้านต่างๆทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. อุปวิทย์ สุวคันธกุล อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ อาจารย์สุดใจ เหง้าศรีไพร ที่ได้ให้ความกรุณาร่วมเป็นกรรมการสอบ และให้ข้อเสนอแนะในด้านต่างๆทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คณาจารย์ และ กรรมการบริหารหลักสูตร สาขาวิชา อุตสาหกรรมศึกษา ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและให้กำลังใจทำให้การทำวิจัยดำเนินไปอย่างราบรื่นผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา ภาควิชา ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความกรุณา ที่ได้ให้ความกรุณาให้ข้อมูล และเสนอแนะแนวทางในการทำวิจัย ทำให้การทำวิจัยเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและเสร็จสมบูรณ์

ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนทุนสำหรับการทำงานวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ที่ได้ให้ความกรุณาในการให้ใช้เครื่องมือ, และอุปกรณ์ในการทดลอง จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ นิสิตรุ่นพี่ เพื่อนร่วมรุ่น และ รุ่นน้องปริญญาโท ในหลักสูตร สาขาวิชา อุตสาหกรรมศึกษาทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจอีกทั้งบุคลอื่นที่ไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมดที่มีส่วนช่วยเหลือให้คำแนะนำ สนับสนุน และให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของบิดามารดา ครู-อาจารย์ อันเป็นที่เคารพรักสูงสุดที่ได้ให้ความรู้ ข้อเสนอแนะ กำลังใจ กำลังทรัพย์ ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลงได้

ยรรยง แดงยืนยง

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายในการวิจัย	2
ความสำคัญของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
กรอบแนวคิดการวิจัย	4
สมมติฐานการวิจัย	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
ทฤษฎีทางด้านไฟฟ้าแสงสว่าง	6
การจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า	6
ทฤษฎีพื้นฐานทางด้านการส่องสว่าง	7
หลอดฟลูออเรสเซนต์	9
โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์	9
หลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์	12
บัลลาสต์	16
ชนิดของบัลลาสต์	17
บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็ก	17
บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	18
การออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์	20
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(มอก.885-2532 และ มอก.1506-2541)	28
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	63
3 วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า	64
เกณฑ์ข้อกำหนดของการออกแบบและสร้างเครื่องมือในการวิจัย	64
ลำดับขั้นตอนในการวิจัย	65
การรับรู้ปัญหาของระบบส่องสว่าง	66

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3 (ต่อ) วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า	
ศึกษารายละเอียดต่าง ๆที่ใช้ในการออกแบบวงจรสมมูลของวงจรในส่วนต่าง ๆ ของการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	67
ออกแบบวงจรสมมูลของวงจรในส่วนต่าง ๆที่ใช้ในการออกแบบวงจรสมมูลของวงจรในส่วนต่าง ๆ ของการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์...	68
กำหนดวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือ.....	70
กำหนดระยะเวลา และสถานที่ ที่ใช้ในการสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	70
การออกแบบ และสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	70
การออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง.....	72
การทดสอบการใช้งานปรับปรุงและแก้ไขการทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	83
วงจรที่ใช้ในการวัดรูปคลื่นแรงดันอินพุทและกระแสอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	83
วงจรที่ใช้ในการวัดรูปคลื่นแรงดันอินพุทและกระแสเอาท์พุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	84
การวัดค่าต่าง ๆทางไฟฟ้าของงวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	84
การทดลองวัดค่าความสว่างของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	85
การประเมินการออกแบบ และสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	85
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ผลข้อมูลการทดสอบ.....	86
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
รายละเอียดต่าง ๆทีใช้ในการออกแบบและสร้าง.....	89
ผลการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูล.....	90
การทดสอบวัดรูปคลื่นแรงดันของอินพุทและกระแสเอาท์พุทของวงจร.....	90
การทดสอบวัดรูปคลื่นแรงดันของหลอดฟลูออเรสเซนต์และกระแสอินพุทของวงจรบัลลาสต์....	91
การวัดค่าต่าง ๆทางไฟฟ้า ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์.....	92
การวัดค่าความสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์.....	93
สรุปผลการทดสอบ.....	99
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	99

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
การดำเนินการวิจัย	102
การวิเคราะห์ข้อมูล	104
อภิปรายผล	105
ข้อเสนอแนะ	108
ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย	108
บรรณานุกรม	109
ภาคผนวก	114
ภาคผนวก ก หนังสือขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย	116
ภาคผนวก ข รายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์	118
ภาคผนวก ค การทดสอบและภาพประกอบเกี่ยวกับการสร้าง	174
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์	177
ภาคผนวก จ รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ	183
ภาคผนวก ฉ ผลการทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	185
ประวัติย่อผู้วิจัย	189

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงพื้นที่หน้าตัด	26
2	ระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศ	27
3	ระยะเวลาที่ยอมให้อุณหภูมิที่ผิวนอกบัลลาสต์ขึ้นถึงค่าสูงสุด	29
4	ความต้านแรงลอกของแผ่นอัดทองแดงสำหรับวงจรพิมพ์	33
5	ฮาร์มอนิกของกระแสไฟฟ้าด้านเข้า	38
6	ขีดจำกัดแรงดันรบกวนที่ขั้วต่อสายประธาน	40
7	ขีดจำกัดแรงดันรบกวนที่ขั้วต่อด้านออกและขั้วต่อควบคุม	40
8	ขีดจำกัดสัญญาณรบกวนที่แผ่กระจายเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	41
9	แผนการชักตัวอย่าง	42
10	แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้เครื่องกำเนิดพัลส์ที่ไม่มีโหลด	50
11	การทดสอบแรงดันทางอินพุทและกระแสเอาท์พุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	90
12	การทดสอบวัดค่าแรงดันทางอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	91
13	การทดสอบวัดค่าต่าง ๆทางไฟฟ้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	92
14	การวัดค่าความสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์	93
15	แสดงรายละเอียดของตัวเก็บประจุ	119
16	แสดงรายละเอียดของไดโอด	119
17	แสดงรายละเอียดของมอสเฟต	120
18	แสดงรายละเอียดของตัวต้านทาน	120
19	แสดงรายละเอียดของไอซี	120
20	แสดงรายละเอียดของวาริสเตอร์	121
21	แสดงรายละเอียดของฟิวส์	121

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	กรอบแนวคิดการวิจัย	4
2	แสดงกราฟแนวโน้มความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดระหว่างปี 2543-2544	5
3	แสดงความเข้มแสง	7
4	แสดงการกระจายกำลังเชิงสเปกตรัม ของหลอดฟลูออเรสเซนต์	9
5	โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์	9
6	หลอดแก้วทรงกระบอก	10
7	ขั้วหลอด และตัวรับขั้วหลอดชนิดต่างๆ	10
8	ไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์	10
9	ก๊าซความดันต่ำ และไอปรอท	11
10	ขนาด และรูปร่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์	11
11	การทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์	12
12	คุณสมบัติของแรงดันตกคร่อมกับกระแสผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์	13
13	วงจรสมมูลของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในช่วงก่อนจุดหลอมเหลวขณะทำการจุดหลอด	14
14	คุณสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เมื่อเปลี่ยนความถี่การทำงาน	14
15	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันคร่อมหลอดและกระแสที่ไหลผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์	15
16	แบบจำลองของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขณะทำงานปกติ	15
17	ลักษณะการต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์ ใช้งานร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็ก และสตาร์ตเตอร์	16
18	การนำบัลลาสต์ไปต่อร่วมในวงจรแสงสว่าง	17
19	บัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก	18
20	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	18
21	แสดงวงจรพื้นฐานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	19
22	โครงสร้างของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	20
23	วงจรกรองด้านเข้าและวงจรป้องกัน	21
24	วงจรเรียงกระแส	22
25	วงจรปรับรูปคลื่นของกระแสทางด้านเข้า	22
26	วงจรกรองผ่านต่ำ	23
27	วงจรอินเวอร์เตอร์	23
28	ตัวเหนี่ยวนำที่ใช้ในการควบคุมกระแส	24
29	ตัวอย่างวงจรทดสอบของปรากฏการณ์การเกิดกระแสตรง	32
30	ระยะห่างตามผิวฉนวนระหว่างตัวนำบนแผ่นอัดทองแดงสำหรับวงจรพิมพ์ซึ่งไม่ได้ต่อทางไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายไฟ	33

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
31 การวัดรูปคลื่นกระแส	37
32 บัลลาสต์ที่หยุดป้อนกระแสเผาไส้ก่อนเมื่อมีแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดเพิ่มขึ้น	44
33 บัลลาสต์ที่มีเวลาเปลี่ยนสถานะของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดมากกว่า100มิลลิวินาที	44
34 วงจรทดสอบแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด	46
35 วงจรทดสอบอิมพีแดนซ์ของบัลลาสต์	46
36 วงจรทดสอบกระแสไส้หลอด	46
37 การวัดอิมพีแดนซ์ที่ความถี่เสียง	47
38 วงจรทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดจุดหลอดโดยมีการเผาไส้ก่อนควบคุมด้วยกระแส	47
39 แสดงกระแสเผาไส้หลอด	49
40 วงจรอ้างอิงความถี่สูง	50
41 ความต้องการด้านกระแสเผาไส้หลอดสำหรับบัลลาสต์ชนิดจุดหลอดโดยมีการเผาไส้ควบคุมด้วยกระแส	54
42 การควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	57
43 การต่อบัลลาสต์หรี่แสงได้หลายตัวเข้ากับชุดควบคุมชุดหนึ่ง	59
44 บัลลาสต์หรี่แสงได้เป็นแหล่งกำเนิดกระแส	60
45 การควบคุมด้วยการมอดุเลตความกว้างพัลส์	60
46 สัญญาณมอดุเลตความกว้างพัลส์	61
47 สัญญาณมอดุเลตความกว้างพัลส์สำหรับแสงที่ออกมาสูงสุดและต่ำสุด	61
48 การต่อบัลลาสต์หรี่แสงได้หลายตัวเข้ากับชุดควบคุมชุดหนึ่ง	62
49 ตัวอย่างของลักษณะสมบัติควบคุม	63
50 แสดงขั้นตอนในการศึกษาค้นคว้า ออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์	66
51 วงจรปรับรูปคลื่นกระแสแบบValley Fill	75
52 สัญญาณของแรงดันของวงจรปรับรูปคลื่นกระแสแบบValley Fill	76
53 โครงสร้างของไอซีเบอร์L6561	77
54 แสดงสถานะการทำงานของไอซีเบอร์L6561	77
55 แสดงวงจรOvervoltage ProtectionCircuit	78
56 วงจรSelf half bridge inverter	79
57 วงจรเรโซแนนท์	80
58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายเทียบกับความถี่เรโซแนนท์ของวงจรเรโซแนนท์	80

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
60 วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	82
61 วงจรที่ใช้วัดรูปคลื่นแรงดันของอินพุทและกระแสอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์	83
62 วงจรที่ใช้ในวัดรูปคลื่นแรงดันของหลอดฟลูออเรสเซนต์และกระแสอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์	84
63 การวัดค่าต่าง ๆทางไฟฟ้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	84
64 การวัดค่าความสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	85
65 วงจรวัดรูปคลื่นกระแสและแรงดันทางอินพุท	93
66 สัญญาณแรงดันและกระแสของวงจรคอนเวอร์เต้อร์โดยใช้ไอซีเบอร์L6561เป็นตัวสร้างสัญญาณควบคุม	94
67 สัญญาณตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำของวงจรคอนเวอร์เตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์L6561เป็นตัวสร้างสัญญาณควบคุม	94
68 สัญญาณจากขาเกทของวงจรคอนเวอร์เตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์L6561เป็นตัวสร้างสัญญาณควบคุม	95
69 วงจรที่ใช้วัดรูปคลื่นกระแสและแรงดันที่ตัวหลอดฟลูออเรสเซนต์	95
70 สัญญาณแรงดันตกคร่อมหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ขณะเริ่มจุดหลอด)	96
71 สัญญาณแรงดันตกคร่อมหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่อยู่ด้านเดียวกัน	96
72 สัญญาณแรงดันตกคร่อมหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่อยู่ด้านต่างกัน	96
73 สัญญาณแรงดันคร่อมขั้วหลอดที่อยู่ด้านเดียวกันของบัลลาสต์แบบแมกเนติก	97
74 สัญญาณแรงดันคร่อมขั้วหลอดที่อยู่ด้านเดียวกันของบัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป	98
75 สัญญาณแรงดันคร่อมขั้วหลอดที่อยู่ด้านตรงข้ามกันของบัลลาสต์แบบแมกเนติก	98
76 สัญญาณแรงดันคร่อมขั้วหลอดที่อยู่ด้านตรงข้ามกันของบัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป	99
77 สัญญาณแรงดันคร่อมขั้วหลอดที่อยู่ด้านตรงข้ามกันกันของบัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ไอซีเบอร์L6561เป็นตัวควบคุม	99
78 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	180
79 การทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	180
80 วงจรภายในของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	181
81 การต่อวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์	181
82 ส่วนประกอบภายนอกของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	185
83 ส่วนประกอบภายในของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	186

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

การเปลี่ยนแปลงทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นผลทำให้มีการใช้พลังงานในด้านต่างๆเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากพลังงานได้กลายเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์อีกทั้งยังเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิต ของภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม(สำนักนายกรัฐมนตรี.2543:1)ซึ่งพลังงานที่มนุษย์ใช้อยู่มีหลายรูปแบบตั้งแต่พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานกล พลังงานไฟฟ้าและพลังงานเคมี เป็นต้นโดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นพลังงานที่สำคัญมากจนกลายเป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์เพราะสามารถใช้ได้ง่ายสะดวกและประหยัดดังนั้นอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงเพิ่มสูงกว่าพลังงานในรูปแบบอื่นๆ(โตศักดิ์ ทัศนานุตริยะ.2540:3) และจากการที่พลังงานไฟฟ้าซึ่งส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้กับเครื่องจักรกลไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมและเครื่องอำนวยความสะดวกภายในบ้าน จึงทำให้มีการคิดค้นหาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรกลไฟฟ้าและสิ่งอำนวยความสะดวกสบายภายในบ้านเพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานจากประเด็นดังกล่าวทำให้คณะรัฐมนตรีได้ให้ความสำคัญเป็นอย่างมากจึงได้มีมติอนุมัติให้จัดตั้งโครงการการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าหรือโครงการDSM (DEMAND SIDE MANAGEMENT) เพื่อทำหน้าที่จัดการให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่ามากที่สุดจึงเป็นการเพิ่มบทบาทจากการเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวมาเป็นผู้สนับสนุน ให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพด้วยอุปกรณ์ให้แสงสว่างก็เป็นสิ่งหนึ่งที่ได้รับการพัฒนามาโดยตลอดซึ่งจะเห็นได้จากซึ่งจะเห็นได้จากมีการนำหลอดฟลูออเรสเซนต์(Fluorescent lamp)มาใช้ทดแทนหลอดแบบเผาไส้(Incandescent lamp) ทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้4ถึง5 เท่าในขณะที่แสงสว่าง(Lumen)ที่ได้รับนั้นเท่ากัน อีกทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ยังมีประสิทธิภาพในการส่องสว่างสูงแสงที่ได้มีความนิ่มนวลและยังมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าด้วยแต่การใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้นจะมีความยุ่งยากมากกว่า เนื่องจากว่ามีส่วนประกอบของวงจรเพิ่มเติมทำให้ยุ่งยากในการติดตั้งมากกว่าหลอดแบบเผาไส้โดยจะต้องมีการต่อวงจรใช้งานร่วมกับบัลลาสต์(Ballast) และสตาร์ตเตอร์(Starter)ที่จะต้องทำงานร่วมกันเพื่อให้เกิดแรงดันสูงสำหรับจุดหลอดให้ติดสว่างหลังจากนั้นจากสตาร์ตเตอร์ก็จะหยุดทำงาน และบัลลาสต์ก็จะทำหน้าที่ควบคุมกระแสผ่านหลอดให้มีค่าตามที่กำหนดแต่ในขณะที่บัลลาสต์ทำงานนั้นจะเกิดมีกำลังสูญเสียมากเนื่องจากมีความต้านทานในขดลวดและการสูญเสียในแกนเหล็ก ซึ่งการลดกำลังสูญเสียสามารถทำได้แต่จะทำให้ขนาด,น้ำหนักและราคาของบัลลาสต์เพิ่มขึ้นจึงทำให้มีการคิดหาวิธีการลดกำลังสูญเสียโดยการใช้แกนเหล็กที่มีความสูญเสียต่ำและมีการออกแบบให้เหมาะสมทำให้สามารถลดกำลังสูญเสียลงได้ประมาณ4ถึง6วัตต์ เรียกบัลลาสต์ชนิดนี้ว่าบัลลาสต์แกนเหล็กกำลังสูญเสียต่ำ (Low lost magnatic ballast) และยังมีวิธีการลดการสูญเสียของบัลลาสต์ คือการลดขนาดของตัวเหนี่ยวนำโดยการเพิ่มความถี่ในการทำงานของแหล่งจ่ายโดยใช้อุปกรณ์เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับทำงานร่วมกับตัวเหนี่ยวนำให้มีความถี่สูงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างจะเรียกบัลลาสต์ชนิดนี้ว่าบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ (Electronic ballast)

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าในปัจจุบันการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เริ่มเป็นที่สนใจของผู้ประกอบการหรือผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต้องการพลังงานแสงสว่างจำนวนมากเนื่องมีกระแสฮาร์มอนิกส์ต่ำและมีประสิทธิภาพในการส่องสว่างสูงกว่าหลอดไส้ทำให้ประหยัดพลังงาน แต่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์(Fluorescent lamp) ที่มีขายและนิยมในท้องตลาดยังมีราคาสูง จึงนิยมใช้บัลลาสต์แบบ

อาศัยขดลวดเหนี่ยวนำเนื่องจากสามารถลดต้นทุนการผลิต แต่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมกับการใช้งานเนื่องจากเวลานำไปใช้งานก็จะทำให้ไม่เป็นการประหยัดพลังงาน และยังเกิดผลเสียต่อระบบอื่นๆเช่นเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า(Electromagnaticfield) และการรบกวนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnatic interference ; EMI) ไปรบกวนระบบสื่อสารหรือเกิดฮาร์มอนิกไปรบกวนระบบไฟฟ้าฯลฯซึ่งเป็นผลทำให้การนำบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ มาใช้งานประสิทธิภาพลดลงและทำให้อายุการใช้งานสั้นลงด้วยจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ เฉพาะด้านความปลอดภัย: มอก.885-2532และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์:(มอก.1506-2541) ซึ่งมีการกำหนดประเภทคุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ครอบคลุมเฉพาะบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งใช้กับระบบแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับไม่เกิน1,000โวลต์ มีความถี่ 50 เฮิรตซ์ หรือ 60 เฮิรตซ์ โดยที่ บัลลาสต์ (ballast) หมายถึง อุปกรณ์ซึ่งอยู่ระหว่างแหล่งจ่าย (supply) กับหลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดเดียวหรือหลายหลอด และอาจมีส่วนประกอบส่วนเดียวหรือหลายส่วนโดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดให้มีค่าตามที่ต้องการและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า "บัลลาสต์" หมายถึง อุปกรณ์ที่ประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ(a.c.inverter) กับอุปกรณ์ทำให้เสถียร (stabilizing element) เพื่อจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดเดียวหรือหลายหลอด ซึ่งปกติทำงานที่ความถี่สูง

ด้วยสภาพปัญหาและเหตุผลดังกล่าวเป็นเหตุให้สนใจที่จะทำการศึกษาออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ที่มีประสิทธิภาพในการส่องสว่างที่เหมาะสมโดยจะทำการออกแบบให้มีคุณสมบัติที่มีสัญญาณรบกวนต่ำและคุณภาพของระบบแสงสว่างที่เหมาะสม

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1.ออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน2หลอด

2.ทดสอบประสิทธิภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก.885-2532)และ (มอก.1506-2541)

ความสำคัญของการวิจัย

ได้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับ หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์จำนวน2หลอด ซึ่งทดแทนการนำเข้า และ ลดต้นทุนการผลิต มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน เพื่อทดแทนบัลลาสต์แบบแกนเหล็ก และ เพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน โดยที่คุณภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก.885-2532)และ(มอก.1506-2541)

ขอบเขตของการวิจัย

ออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ ซึ่งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแหล่งไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ต่ำ เป็นแหล่งไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงจ่ายให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพื่อให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ติดสว่าง และทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพโดยสามารถออกแบบตัวเหนี่ยวนำให้มีขนาดเล็ก และ มีกำลังสูญเสียต่ำและราคาไม่แพงเกินไปได้ ซึ่งการทำงานที่ความถี่สูง นอกจากสามารถลดกำลังสูญเสียในตัวเหนี่ยวนำที่

ทำหน้าเป็นบัลลาสต์แล้ว ยังทำให้ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (luminous efficacy) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์สูงขึ้นตามความถี่การทำงาน

เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้ บรรลุตามความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของการวิจัย ในการสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ไว้ดังนี้

1 ออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์จำนวน2หลอดซึ่งมีคุณสมบัติและประสิทธิภาพ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยมีโครงสร้างของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะมีส่วนประกอบต่างๆ ของวงจรภายในดังนี้

วงจรกรองด้านเข้าและวงจรป้องกัน (Input filter ans Protection Circuit) มีหน้าที่ลด EMIจากภายนอกที่จะเข้ามารบกวนบัลลาสต์และจากบัลลาสต์ที่จะออกไปยังสายส่ง,ช่วยป้องกันกระแสกระชาก (Surge current), และแรงดันเกินชั่วขณะในตอนเปิดไฟ

วงจรเรียงกระแส (Rectfier) มีหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อจ่ายให้แก่วงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง

วงจรปรับรูปคลื่นของกระแสด้านเข้า (Power Factor Correction circuit ; PFC) มีหน้าที่ปรับรูปคลื่นของกระแสด้านเข้าให้มีลักษณะใกล้ไซน์ (Sine) เพื่อลดกระแสฮาร์มอนิกส์ และเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังด้านเข้า

วงจรกรองผ่านต่ำ(Lowpass filter) มีหน้าที่ลดแรงดันกระเพื่อมของแรงดันไฟตรง (V_{dc}) ด้านเข้าของวงจร อินเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง (High frequency inverter) มีหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างแบบกึ่งบริดจ์ที่ใช้สวิตซ์เรโซแนนซ์ภาคแรงดันศูนย์ (Zero Voltage Switch ; ZVS)

ตัวเหนี่ยวนำที่ใช้ในการควบคุมกระแส (Inductor) มีหน้าที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของวงจรเรโซแนนซ์อนุกรมที่สร้างแรงดันสูงในตอนสตาร์ท และควบคุมการแสผ่านหลอดให้มีค่าตามที่กำหนดในการทำงานปรกติ

วงจรขับนำสวิตซ์ (Drive Circuit) มีหน้าที่กำเนิดสัญญาณขับนำสวิตซ์ อาจจำแนกตามลักษณะการกำเนิดสัญญาณได้ 2 ชนิด คือชนิดที่กำเนิดสัญญาณขับนำอย่างอิสระโดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ และชนิดที่ต้องอาศัยการป้อนกลับของกระแสหรือแรงดันด้านโหลดผ่านหม้อแปลง

ตัวเก็บประจุที่ใช้เป็นทางผ่านของกระแสอุ่นไส้หลอด (Capacitor) ทำหน้าที่ร่วมกันกับตัวเหนี่ยวนำในตอนสตาร์ทเป็นวงจรเรโซแนนซ์อนุกรมเพื่อสร้างแรงดันสูงในการจุดหลอด และยังเป็นทางผ่านของกระแสที่ใช้ในการอุ่นไส้หลอดในภาวะปรกติ

หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent lamp) เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่างซึ่งมีคุณสมบัติทางไฟฟ้า คือ ต้องการแรงดันสูงในการจุดหลอด , ต้องการแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ลักษณะเป็นแหล่งกระแส, ในขณะทำงานมีความต้านทานพลวัตเป็นลบ และปริมาณแสงแปรตามกระแสผ่านหลอด

2.ตัวแปรที่จะศึกษาคือการทดสอบประสิทธิภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์จำนวน2หลอดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ มอก.885-2532และ มอก.1506-2541

นิยามศัพท์เฉพาะ

การออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หมายถึงการกำหนดลักษณะวงจรของอุปกรณ์ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีความสัมพันธ์กับการใช้วัสดุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้มีความสามารถในการใช้งานแทนบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กสำหรับใช้ในการส่องสว่างภายในอาคาร

การสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง การประกอบวัสดุอุปกรณ์ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์เข้าด้วยกันและบรรจุลงในกล่องชุดเดียวกันโดยจัดให้มีความสอดคล้องและสัมพันธ์กันตามการออกแบบที่กำหนด

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง อุปกรณ์ที่ประกอบด้วยตัวแปลงผันอิเล็กทรอนิกส์ กับอุปกรณ์ทำให้เสถียรเพื่อจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดเดียวหรือหลายหลอดซึ่งปกติทำงานที่ความถี่สูง

ประสิทธิภาพประสิทธิภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ หมายถึง การควบคุมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ได้ให้เกิดประสิทธิภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตามมาตรฐานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

มาตรฐานอุตสาหกรรม หมายถึง ข้อกำหนดเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดสร้างและทดสอบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ในการผลิตผลิตภัณฑ์ทางด้านอุตสาหกรรม

มอก.1506-2541 หมายถึง มาตรฐานอุตสาหกรรมที่ใช้ในการควบคุมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรต้องมีค่าอย่างน้อย0.85(มอก.1506-2541;2,10,26)โดยค่าที่วัดได้จะต้องมีค่าต่างกันไม่เกิน0.5จากค่าที่แสดงไว้บนตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(มอก.1506-2541;5)

ค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(มอก.1506-2541;3) ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ95ของค่าที่ผู้ทำแจ้งไว้

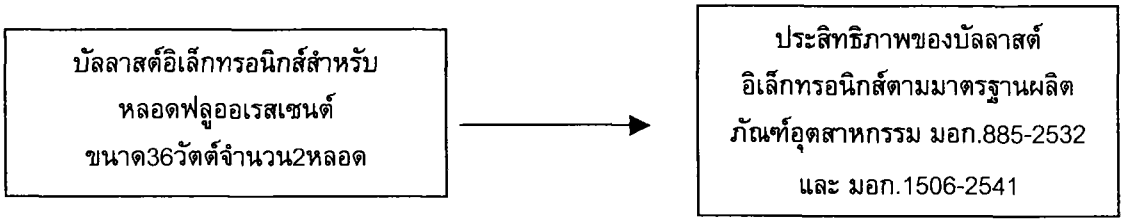
แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด(มอก.1506-2541:3)ค่ากำลังในวงจรทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ110ของค่าที่ผู้ทำ แจ้งไว้เมื่อให้บัลลาสต์ทำงานร่วมกับบัลลาสต์อ้างอิง

อุณหภูมิโดยรอบหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก.1506-2541;4,11) ต้องอยู่ในพิสัย23ถึง27องศาเซลเซียส

มอก.885-2532หมายถึงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ใช้ในการควบคุมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ เฉพาะด้านความปลอดภัย

อุณหภูมิที่ผิวภายนอกบัลลาสต์(มอก.885-2532;12)จะต้องมีค่าไม่เกิน135องศาเซลเซียส

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ ที่ออกแบบและสร้างมีคุณสมบัติเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน โดยที่คุณภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก.885-2532)และ(มอก.1506-2541)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาแนวทางในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์ มีผลการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำเสนอตามลำดับดังนี้

1 ทฤษฎีพื้นฐานทางด้านไฟฟ้าแสงสว่าง

2 หลอดฟลูออเรสเซนต์

3 บัลลาสต์

4 การออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์

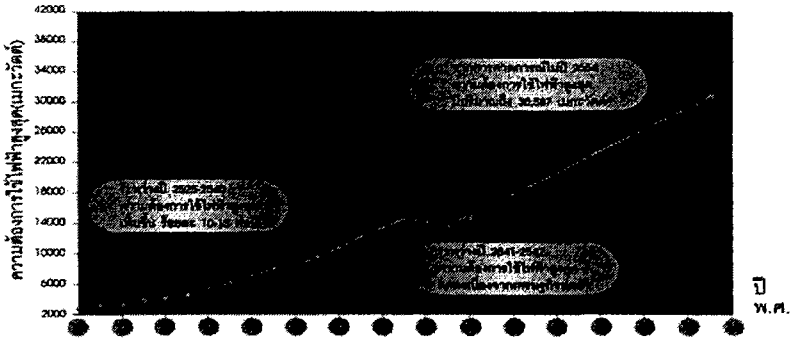
5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับ หลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก.885-2532)และ (มอก.1506-2541)

6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1 ทฤษฎีพื้นฐานทางด้านไฟฟ้าแสงสว่าง

1.1 การจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า

จากการเจริญเติบโตอย่างก้าวกระโดดของเศรษฐกิจไทยในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมาระหว่างปี 2520 – 2540 ส่งผลให้ความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศเพิ่มสูงขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 10 – 15 ต่อปีโดยในปี 2540 ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของประเทศมีปริมาณเท่ากับ 14,506 เมกะวัตต์ และคาดการณ์ว่าในปี 2554 ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของประเทศจะสูงถึง 30,587 เมกะวัตต์กราฟแสดงแนวโน้มความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดระหว่างปี 2525 – 2554(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.2543:12)



ภาพประกอบ 2 แสดงกราฟแนวโน้มความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดระหว่างปี 2525-2555

(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.2543:12)

การเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้าย่อมทำให้ต้นทุนการผลิตสินค้าของประเทศไทยสูงขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการแข่งขันของสินค้าไทยในตลาดโลกลดลงการจัดการให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและเกิด

ประโยชน์อย่างคุ้มค่ามากที่สุด เป็นทางออกทางหนึ่งของปัญหานี้ นอกจากจะทำให้การเพิ่มขึ้นของความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศชะลอตัวลงแล้วยังทำให้ต้นทุนการผลิตสินค้าของประเทศถูกลงคณะรัฐมนตรีจึงได้มีมติอนุมัติให้จัดตั้งโครงการการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าหรือโครงการ DSM (DEMAND SIDE MANAGEMENT) โดยให้ กฟผ. เป็นผู้ดำเนินการและมีการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องร่วมสนับสนุนโครงการฯ และได้ดำเนินการอย่างเป็นทางการภายใต้ชื่อ "โครงการประชาร่วมใจ ประหยัดไฟฟ้า" ในภาคที่อยู่อาศัยจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณร้อยละ 25 ของประเทศ และคิดเป็นร้อยละ 30 ของความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด การรณรงค์ในภาคที่อยู่อาศัยมีเป้าหมายให้ทุกครัวเรือนในประเทศ หันมาใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดโดยเริ่มจากเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงโครงการรณรงค์เพื่อการประหยัดไฟฟ้าและพลังงานในภาคที่อยู่อาศัย สามารถแบ่งออกตามลักษณะของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้แก่ หลอดประหยัดไฟฟ้า ตู้เย็นประหยัดไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟฟ้าและบัลลาสต์ประหยัดไฟฟ้าภายใต้ชื่อ"โครงการประชาร่วมใจประหยัดไฟฟ้า"(Together in Conservation) และบัลลาสต์ก็เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่งที่ลดอัตราการสูญเสียพลังงานโดยประมาณการว่าปริมาณความต้องการบัลลาสต์ที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ใน1ปี ประมาณ 20– 25 ล้านตัว คิดเป็นความต้องการใช้ไฟฟ้าของบัลลาสต์ประมาณปีละ 25 เมกะวัตต์ หากสามารถดำเนินการให้บัลลาสต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้นแทนการใช้บัลลาสต์ธรรมดาก็จะเป็นการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศได้อีกทางหนึ่งโครงการประชาร่วมใจใช้บัลลาสต์ประหยัดไฟฟ้าดำเนินการโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ข้อมูลแก่ประชาชนด้านความสูญเสียพลังงานของบัลลาสต์และระดับประสิทธิภาพของบัลลาสต์ ด้วยการติดฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพให้แก่บัลลาสต์ที่ผ่านมาการทดสอบตามมาตรฐานซึ่งเรียกว่าบัลลาสต์ เบอร์ 5 นิรภัย ซึ่งจะมีความสูญเสียพลังงานเพียง 6 วัตต์ สามารถประหยัดพลังงานได้ถึงร้อยละ 40 นอกจากนั้นยังปลอดภัยกว่าบัลลาสต์ธรรมดา เนื่องจากอุณหภูมิต่ำกว่าเพื่อให้ผู้ประกอบการพัฒนาให้เกิดบัลลาสต์ประหยัดไฟฟ้า และในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างนั้นการเลือกอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไปใช้งานเป็นสิ่งที่จำเป็นยกตัวอย่างเช่นหลอดไฟ,บัลลาสต์และโคมไฟ การเลือกอุปกรณ์ดังกล่าวเพื่อการประหยัดพลังงานจะต้องคำนึงถึงความคุ้มทุน คุณภาพระบบแสงสว่าง และคุณภาพของระบบไฟฟ้า ทำให้การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ(กิติศักดิ์ วรรณแก้ว.2543:35.) แสงสว่างเป็นจุดที่มีโอกาสในการประหยัดพลังงานในอาคาร การใช้แสงสว่าง อาจมีมากถึงครึ่งหนึ่งของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดการจะให้ระบบแสงสว่างมีประสิทธิภาพต้องพิจารณาถึงด้านคุณภาพและปริมาณแสงที่พอเหมาะกับการใช้งานที่เพียงพอ (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม2538:36.)เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดย่อมมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันไปดังนั้นการเลือกใช้เครื่องใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยวิธีการที่ถูกต้องและเหมาะสมกับการใช้งานจะช่วยให้ประหยัดไฟฟ้าได้อย่างแท้จริง(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย .2543:2) ระบบแสงสว่างเป็นระบบหลักที่มีความสำคัญต่อการใช้ไฟฟ้า ทั้งตามบ้านพักอาศัยและ ในอาคารโดยทั่วไปแล้วตามบ้านเรือนจะมีการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่างประมาณ1ใน3 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ในขณะที่อาคารพาณิชย์มีการใช้ไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างประมาณ 15-25% การประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างสามารถทำได้หลายวิธี ตั้งแต่การเลือกใช้อุปกรณ์แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงไม่ว่าจะเป็น หลอดไฟ บัลลาสต์ และโคมไฟฟ้า ซึ่งสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ 25-30% (กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.2543:2)

1.2ทฤษฎีพื้นฐานทางด้านการส่องสว่าง

แสงสว่างเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์ลองมองดูรอบข้างเวลากลางคืนจะมีความรู้สึกว่ามนุษย์จะขาดแสงสว่างไม่ได้แสงสว่างที่มีใช้กันอยู่ทุกวันนี้ในเวลากลางคืนเป็นแสงสว่างที่มนุษย์สร้างขึ้นมาเอง

การใช้แสงสว่างให้มีประสิทธิภาพจำเป็นจะต้องมีการเรียนรู้พื้นฐานทางด้านการส่องสว่างเพื่อจะได้นำไปใช้สำหรับทำให้เกิดความสบายตาเกิดความสุข และเกิดความสวยงาม(ชำนาญ ห่อเกียรติ .2540:3) พื้นฐานทางด้านการส่องสว่างมีความจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้ก่อนที่จะเข้าไปดำเนินการในเรื่องการประหยัดพลังงานแสงสว่างเพื่อให้การใช้แสงสว่างให้มีประสิทธิภาพในการส่องสว่างอย่างมีคุณภาพ(วัฒนา ถาวร .2542:2)

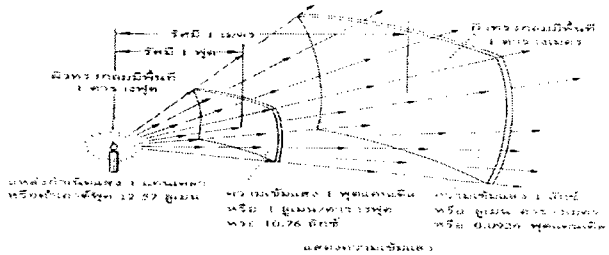
1.2.1 ความส่องสว่างและความสว่าง

1.2.1.1 ความส่องสว่าง(อิลูมิแนนซ์) หมายถึง ปริมาณแสงที่กระทบลงบนวัตถุ ต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็นลูเมนต่อตารางเมตร หรือลักซ์ (ถ้าหน่วยเป็นลูเมนต่อตารางฟุต ความส่องสว่างก็เป็นฟุตแคนเดิล)

$$\text{อิลูมิแนนซ์} = \frac{\text{ปริมาณแสง(ลูเมน)}}{\text{พื้นที่ } (m^2)}$$

1.2.1.2ความสว่าง(ลูมิแนนซ์) หมายถึง ปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุต่อพื้นที่มีหน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตรปริมาณแสงที่เท่ากันเมื่อตกกระทบลงมาบน วัตถุที่มีสีต่างกันจะมีปริมาณแสงสะท้อนกลับต่างกัน นั่นคือ ลูมิแนนซ์ต่างกัน สาเหตุที่ต่างกันก็เนื่องมาจากสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุต่างกัน

1.2.1.3ความเข้มแสง คือฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกกระทบ ส่วนย่อยส่วนหนึ่งของพื้นผิวนั้นหารด้วย พื้นที่ส่วนย่อยนั้น โดยถ้าพื้นมีหน่วยเป็นตารางเมตร ความเข้มแสงจะมีหน่วยเป็นลักซ์ (lux) แต่ถ้าพื้นที่ มีหน่วยเป็นตารางฟุต ความเข้มแสงจะมีหน่วยเป็นฟุตแคนเดิล (foot candle ;fc) โดยที่1 fc = 10.764 lux การพิจารณาความเข้มแสงสามารถพิจารณาได้จากภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงความเข้มแสง

(ศุลี บรรจงจิตร . 2538:42)

1.2.1.4 อุณหภูมิสี

การบอกสีทางด้านการส่องสว่างบอกอุณหภูมิสี ซึ่งหมายถึง สีที่เกิดจากการเผาไหม้วัสดุสีดำ ซึ่งมีการดูดซับความร้อนได้สมบูรณ์ด้วยอุณหภูมิที่กำหนดไว้ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์คูลไวท์มีอุณหภูมิสี 6500 องศาเคลวิน หมายถึง เมื่อเผาวัสดุสีดำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 6500 เคลวิน วัตถุนั้นจะเปล่งแสงออกมาเป็นสีคูลไวท์หรือขาวปนน้ำเงิน เป็นต้น ตัวหลอดอุณหภูมิของหลอดสีต่างๆเป็นดังนี้

เทียนไข	1900	เคลวิน
หลอดอินแคนเดสเซนต์	2800	เคลวิน
หลอดฟูลออเรสเซนต์		

-เดย์ไลท์(Daylight)	6500	เคลวิน
-คูลไวท์(Cool White)	4500	เคลวิน
-วอร์มไวท์(Warm White)	3500	เคลวิน

1.2.1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสีและความส่องสว่าง

การเลือกชนิดของหลอดที่ใช้ควรให้สัมพันธ์กันระหว่างความส่องสว่าง(ลักซ์)และอุณหภูมิสีของหลอดที่มีอุณหภูมิต่ำควรใช้กับความส่องสว่างต่ำที่มีอุณหภูมิสีสูงควรใช้กับความส่องสว่างสูงและถ้าใช้หลอดที่มีอุณหภูมิต่ำกับความส่องสว่างสูงจะตกไปในแรงเงาด้านบนจะรู้สึกจ้าและถ้าใช้หลอดที่มีอุณหภูมิสูงกับความส่องสว่างต่ำจะรู้สึกทึบ

1.2.2 แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือประเภทหลอดเผาไส้และประเภทแก๊สดิสชาร์จนี้มีทั้งความดันไอสูงและต่ำ หลอดที่บรรจุความดันไอต่ำ ได้แก่หลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดความดันไอโซเดียมต่ำส่วนหลอดความดันไอสูงได้แก่หลอดความดันไอโซเดียมสูง หลอดแบบใช้โลหะแฮไลด์(metahalide)หลอดความดันไอปรอทหลอดเหล่านี้ในการใช้งานและรายละเอียดเกี่ยวกับหลอดความสม่ำเสมอของการส่องสว่างในพื้นที่ทำงานที่ต้องการความส่องสว่างสม่ำเสมอ

1.2.2.1 ระบบการให้แสงเพื่อการใช้งานแยกออกได้เป็นระบบต่างๆ ดังนี้

1.2.2.1.1 แสงสว่างทั่วไป (General Lighting) คือ การให้กระจายทั่วไปทั้งบริเวณพื้นที่ใช้งานซึ่งใช้กับความส่องสว่างที่ไม่มากจนเกินไป

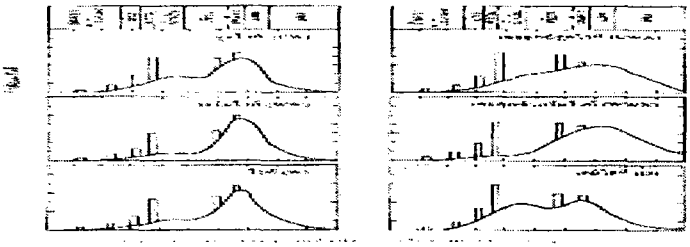
1.2.2.1.2แสงสว่างเฉพาะที่ (Locallised Lighting) คือ การให้แสงสว่างเป็นบางบริเวณที่ต้องการใช้ไฟแสงสว่างมาก เพื่อการประหยัดพลังงาน

1.2.2.1.3แสงสว่างเฉพาะที่และแสงสว่างทั่วไป(General and Locallised Ligh- ting) คือ การให้แสงสว่างทั้งแบบทั่วไปทั้งบริเวณที่ต้องการความส่องสว่างสูง

2.หลอดฟลูออเรสเซนต์

2.1หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluoresent lamp)

หลอดชนิดนี้ถูกค้นพบในระหว่างปี ค.ศ.1938-1939 โดยหลอดชนิดนี้ประกอบไปด้วยอิเล็กโทรด, ก๊าซ,และฟอสเฟอร์(phosphor)ตามหลักการของการทำงานคือเมื่อป้อนไฟฟ้าเข้ากับหลอดจะเกิดการดิสชาร์จไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้คลื่นแสงอัลตราไวโอเลตเป็นส่วนใหญ่ เมื่อคลื่นแสงนี้ไปกระทบกับสารฟอสเฟอร์ที่เคลือบบนผิวหลอดก็จะเปลี่ยนคลื่นแสงส่วนใหญ่ เป็นแสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่าคุณสมบัติทางสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะขึ้นอยู่กับฟอสเฟอร์ที่เคลือบและกราฟการกระจายกำลังเชิงสเปกตรัมจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 2 ชนิด คือ ส่วนที่ราบเรียบและต่อเนื่องกับส่วนที่เป็นไลน์สเปกตรัม ซึ่งไลน์หรือบาร์กราฟของการกระจายกำลังเชิงสเปกตรัมจะแสดงความหมายถึงแสงที่มองเห็นได้และกำเนิดโดยตรงจาก(mercury arc) ส่วนที่ราบเรียบและต่อเนื่องจะเกิดจากการกระทำของพลังงานอัลตราไวโอเลตบนฟอสเฟอร์และการกระจายกำลังเชิงสเปกตรัมของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะสามารถเปลี่ยนได้โดยการเปลี่ยนชนิดหรือส่วนผสมของฟอสเฟอร์ที่ใช้เสียใหม่



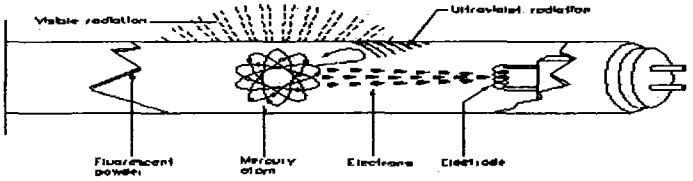
ภาพประกอบ 4 แสดงการกระจายกำลังเชิงสเปกตรัมของหลอดฟลูออเรสเซนต์

(ศุลี บรรจงจิตร . 2538:56)

หลอดฟลูออเรสเซนต์ คือหลอดดิสชาร์ตไอปรอทความดันต่ำ(Low pressure mercury gas discharge lamp) จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า ให้เป็นแสงสว่าง โดยใช้คุณสมบัติของก๊าซความดันต่ำไอปรอทและสารเรืองแสง เป็นองค์ประกอบรวมกันเพื่อกำเนิดแสงสว่างที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้

2.1.1 โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์

โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะประกอบด้วยหลอดแก้วทรงกระบอกยาวภายในเคลือบด้วยสารเรืองแสงขั้วหลอดไส้หลอด ก๊าซความดันต่ำและไอปรอท จะมีโครงสร้างของหลอดดังแสดงในภาพประกอบ5

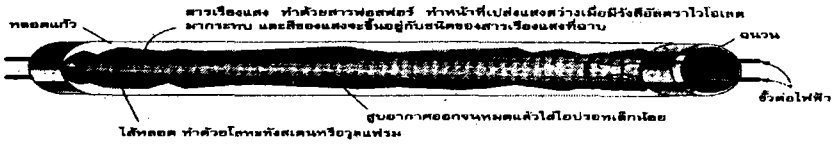


ภาพประกอบ 5 โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์

(วัฒนา ถาวร . 2542:96)

2.1.1.2หลอดแก้วทรงกระบอก (Fluorescent tube)

หลอดแก้วทรงกระบอกจะทำหน้าที่เป็นที่ยึดของอุปกรณ์ และห่อหุ้มอุปกรณ์กำเนิดแสงไว้ภายในซึ่งภายในจะประกอบด้วย ไส้หลอด ก๊าซความดันต่ำและไอปรอท สารเรืองแสง แล้วทำการปิดผนึกหัวและท้ายของหลอดเพื่อใช้เป็นขั้วหลอดสำหรับต่อวงจรดังในภาพประกอบ6

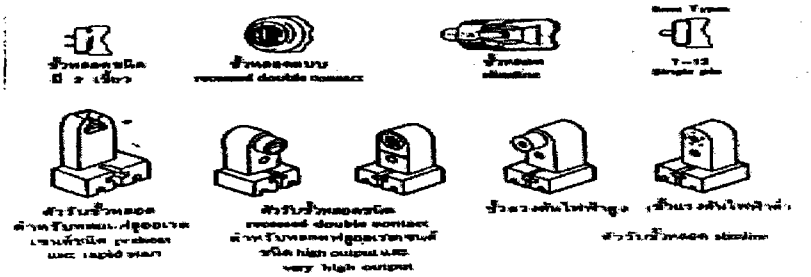


ภาพประกอบ 6 หลอดแก้วทรงกระบอก

(วัฒนา ถาวร . 2544:2)

2.1.1.3 ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Lamp terminal)

ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Lamp terminal) จะทำหน้าที่เป็นส่วนรับพลังงานไฟฟ้า

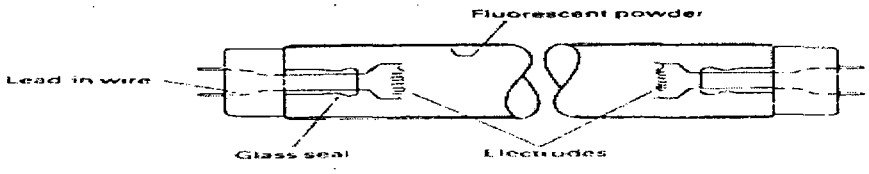


ภาพประกอบ 7 ขั้วหลอดและตัวรับขั้วหลอดชนิดต่างๆ

(วัฒนา ถาวร . 2542:78)

2.1.1.4 ไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Filament lamp)

ไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Filament lamp)ทำมาจากขดลวดทังสเตนมาขดซ้อนกันและฉาบด้วยสารชนิดที่ปล่อยอิเล็กตรอนได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อนดังในภาพประกอบ8



ภาพประกอบ 8 ไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์

(สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ 2544:2)

2.1.1.5 ก๊าซความดันต่ำและไอปรอท (Mercury vapour and gas discharge)

ก๊าซความดันต่ำและไอปรอททำหน้าที่กำเนิดแสงอัลตราวอเลตซึ่งเป็นแสงที่มองไม่เห็นโดยที่เมื่อก๊าซความดันต่ำและไอปรอทถูกกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าที่มีแรงดันสูงจะทำให้เกิดการปล่อยประจุและสามารถนำกระแสไฟฟ้าโดยในขณะที่ก๊าซความดันต่ำและไอปรอทนำกระแสจะมีการปล่อยแสงอัลต้าไวโอเลตความยาวคลื่น253.7 นาโมเมตร ออกมา แสงสว่างนี้ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าแต่จะถูกเปลี่ยนให้เป็นแสงในช่วงความถี่ที่ตามองเห็นได้ด้วยสารเรืองแสงซึ่งฉาบอยู่ภายในหลอดดังแสดงในภาพประกอบ9

ภาพประกอบ 9 ก๊าซความดันต่ำและไอปรอท

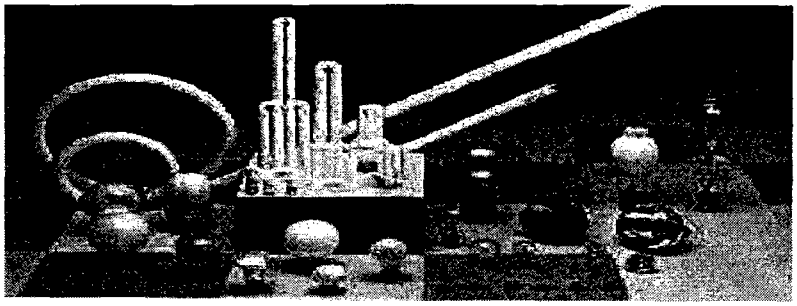
(สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ 2544:2)

2.1.1.6 สารเรืองแสง (Phosphor)

สารเรืองแสงซึ่งฉาบด้านในของตัวหลอดแก้วเป็นสารที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแสงอัลต้าไวโอเลตให้เป็นแสงที่ตามองเห็นสารที่ใช้ฉาบภายในหลอด การใช้ส่วนผสมที่แตกต่างกันไฟทำให้หลอดฟูลออเรสเซนต์มีสีสันต่างๆ กันได้ และเมื่อยังไม่ได้นำกระแสหลอดไฟจะยังคงมีสีขาว

2.1.1.7 ตัวหลอด

ขนาดและรูปร่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะได้รับการกำหนดโดยรหัสที่ประกอบด้วยตัวT(ซึ่งหมายความว่า เป็นหลอดกลมคือ T มาจากคำว่า tubular) จากนั้นจะตามด้วยตัวเลขซึ่งแสดงเส้นผ่าศูนย์กลางแตกต่างกันตั้งแต่หลอด T5(เศษ 5 ส่วน 8นิ้ว) จนกระทั่งถึง T17 (2เศษ 1 ส่วน 8 นิ้ว) สำหรับขนาดทั่วไปจะมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ 6นิ้ว ไปจนถึง 96นิ้วซึ่งจะวัดตั้งแต่ขา หรือ หลอดข้างหนึ่งไปยังขาอีกข้างหนึ่ง

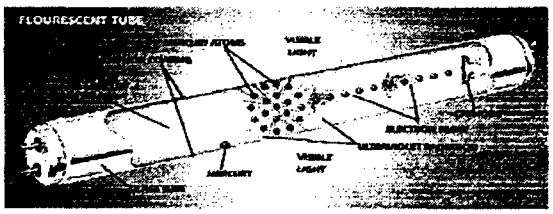


ภาพประกอบ 10 ขนาดและรูปร่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์

(OSRAM PRODUCT CATALOG.2OO1:8)

2.2หลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ก่อนจุดหลอดฟูลออเรสเซนต์ก๊าซความดันต่ำ และไอปรอทภายในหลอดแก้วยังไม่นำกระแสจนกว่าจะมีแรงดันไฟฟ้าสูงที่เพียงพอ มากระตุ้นทำให้มีการปล่อยประจุออกมาจึงจะทำให้เริ่มนำกระแสได้ และเกิดแสงอัลต้าไวโอเลตที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แสงอัลต้าไวโอเลตจะไปกระตุ้นสารเรืองแสงที่ถูกฉาบไว้ภายในผิวหลอดแก้วให้กำนิดแสงสว่างที่สามารถมองเห็นออกมา แสดงปรากฏการณ์การกำเนิดแสงสว่างให้เห็นในภาพประกอบ11



ภาพประกอบ 11 การทำงานของหลอดฟูลออเรสเซนต์

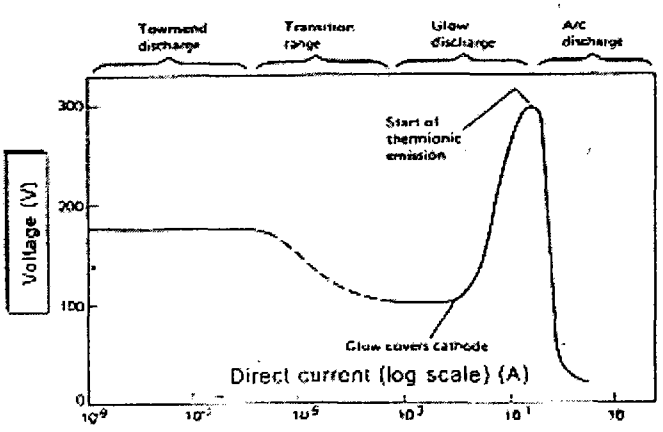
(สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ 2544:3)

2.2.1คุณสมบัติทางไฟฟ้าของหลอดฟูลออเรสเซนต์

การใช้งานหลอดแบบเผาไส้กำเนิดแสงสว่างสามารถต่อเข้ากับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าได้โดยตรงแต่สำหรับหลอดฟูลออเรสเซนต์จะต้องใช้ร่วมกับบัลลาสต์(Ballast)และสตาร์ตเตอร์ (Starter) เพื่อให้หลอดฟูลออเรสเซนต์ทำงานได้ ดังนั้นในการออกแบบบัลลาสต์จึงควรทราบคุณสมบัติของหลอดฟูลออเรสเซนต์ทั้งในขณะก่อนจุดขณะจุดหลอมและขณะที่หลอดติดสว่างคุณสมบัติทางไฟฟ้าของหลอดฟูลออเรสเซนต์สามารถจำแนกลักษณะสมบัติก่อนและขณะจุดหลอดฟุลออเรสเซนต์ และลักษณะสมบัติขณะทำงานปกติ โดยอธิบายรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

2.2.2ลักษณะสมบัติก่อนและขณะจุดหลอดฟูลออเรสเซนต์

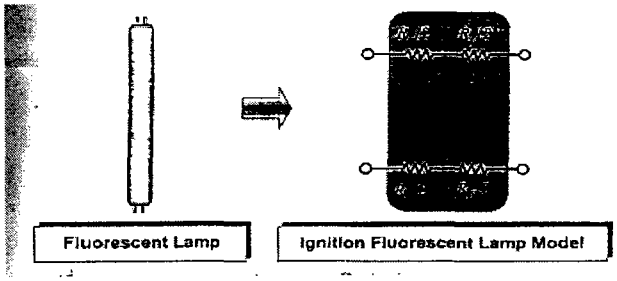
ก่อนจุดหลอดความต้านทานหลอดมีค่าสูงมากเป็นอนันต์การจุดหลอดต้องใช้แรงดันไฟฟ้าสูงเพื่อกระตุ้นให้ก๊าซความดันต่ำแตกตัว เกิดประจุที่เป็นพาหะนำกระแสเคลื่อนทำให้หลอดฟูลออเรสเซนต์นำกระแสได้และหลอดติดสว่างแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการจุดหลอดมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความยาวของหลอดฟูลออเรสเซนต์อุณหภูมิของไส้หลอดและอุณหภูมิรอบๆตัวหลอดเมื่อหลอดฟูลออเรสเซต์เริ่มติดสว่างความต้านทานของหลอดฟูลออเรสเซนต์ ลดต่ำลงดังแสดงในภาพประกอบ12 จะเป็นการแสดงความสัมพันธ์ด้านไฟตรงของแรงดันคร่อมหลอดและกระแสผ่านหลอดฟูลออเรสเซนต์ จะเห็นว่าในช่วง Tower discharge และช่วง Transition range เป็นช่วงที่ค่าความต้านทานของหลอดฟูลออเรสเซนต์มีค่าสูงมาก ต่อมาเมื่อให้แรงดันไฟฟ้าสูงแบบทันทีทันใดในช่วง Glow discharge อิเลคตรอนจากไส้หลอดมีการแตกตัว เกิดแสงอัลตราไวโอเลตออกมา เมื่อหลอดติดสว่างแล้วจุดทำงานของหลอดฟูลออเรสเซนต์จะอยู่ในช่วง Arc dischargeที่กำลังด้านออกพิกัด การเปลี่ยนแปลงของกระแสผ่านหลอดฟูลออเรสเซนต์ในช่วงแรกมีการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จากค่าต่ำไปสู่จุดทำงานในช่วง Arc discharge แต่แรงดันตกคร่อมหลอดในช่วง glow discharge จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว



ภาพประกอบ 12 คุณสมบัติของแรงดันคร่อมหลอดกับกระแสผ่านหลอดฟูลออเรสเซนต์

(คัมภีร์ ธีราวิทย์ . 2544:9)

จากคุณสมบัติดังกล่าวสามารถเขียนวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในช่วงก่อนจุดหลอดและขณะจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยให้ความต้านทานหลอดฟลูออเรสเซนต์มีค่าสูงมากเป็นอนันต์ และไส้หลอดมีค่าความต้านทานของโลหะทังสเตนของทั้ง2ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ในภาพประกอบ13

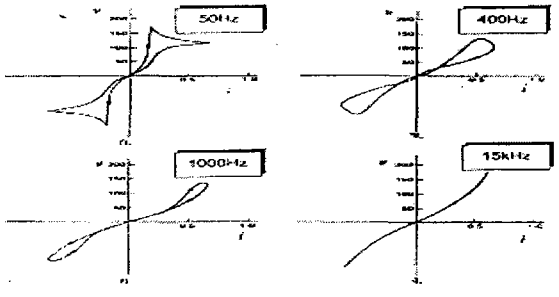


ภาพประกอบ 13 วงจรสมมูลหลอดฟลูออเรสเซนต์ในช่วงก่อนจุดหลอมเหลว และขณะจุดหลอด

(ไพศาล บุญเจียม . 2543:9)

2.2.3ลักษณะสมบัติขณะทำงานปกติของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ลักษณะสมบัติกระแสและแรงดันของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในช่วง arc discharge จะมีลักษณะไม่เชิงเส้นและมีค่าความต้านทานพลวัตในภาวะการทำงานปกติเป็นลบหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่ความถี่ต่างๆ กัน มีความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันคร่อมหลอดและกระแสผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์แตกต่างกันดังภาพประกอบ19 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ต่ำอิมพีแดนซ์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นและความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันขณะเพิ่มและลดไม่เหมือนกันดังภาพประกอบที่19(ก)และเมื่อเพิ่มความถี่การทำงานลักษณะสมบัติกระแสกับแรงดันของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีลักษณะเข้าใกล้ความต้านทานแบบเชิงเส้นมากขึ้นดังในภาพประกอบ19 ที่เรียงตามลำดับ และที่ความถี่มากกว่า 15 kHzจะมีความไม่เป็นเชิงเส้นเพียงเล็กน้อย

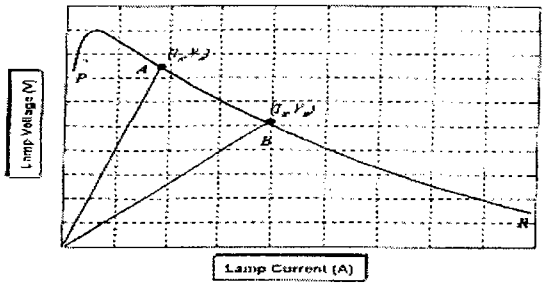


ภาพประกอบ 14 คุณสมบัติของกระแสและแรงดันของหลอดฟลูออเรสเซนต์เมื่อเปลี่ยนความถี่การทำงาน

(ไพศาล บุญเจียม . 2543:10)

เมื่อใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงป้อนให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันคร่อมหลอดและกระแสผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์ จะมีลักษณะเกือบเป็นเชิงเส้นที่ค่าความต้านทานสมมูลขึ้นกับความชันของกราฟ ความชันของกราฟของแรงดันคร่อมหลอด และ กระแสผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์จะแปรตามกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่หลอด จากภาพประกอบ20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันคร่อมหลอด และ

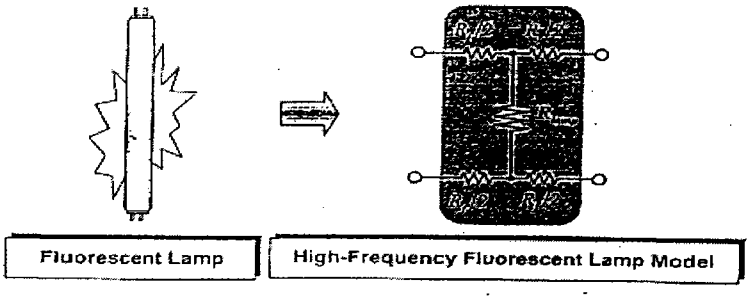
กระแสผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่กำลังออก2ค่า มีค่ายอดของกระแสผ่านหลอด และ แรงดันคร่อมหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่จุด A และจุด B เมื่อนำค่ายอด (peak value) หรือ ค่าประสิทธิผล (effective value) ของกระแสผ่านหลอดและแรงดันคร่อมหลอดที่กำลังไฟฟ้าค่าต่าง ๆ ไปเขียนบนกราฟของกระแสและแรงดันจะได้เส้นกราฟเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่ายอดหรือประสิทธิผลของกระแสผ่านหลอดและแรงดันคร่อมหลอดที่กำลังออกค่าต่าง ๆ กัน ซึ่งเราจะเรียกว่าเส้นหลอด (lamp line) จะเห็นได้ว่าความชันของกราฟคุณสมบัติกระแสและแรงดันจะเพิ่มขึ้นถ้ากำลังออกของหลอดลดลง เนื่องจากกำลังออกจะเพิ่มตามกระแสที่ผ่านดังนั้นแรงดันของหลอดจะลดลงเมื่อกระแสเพิ่มขึ้นลักษณะดังกล่าวจะเป็นลักษณะของอุปกรณ์ที่มีค่าความต้านทานพลวัตเป็นลบ($dV/di < 0$)



ภาพประกอบ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันคร่อมหลอดและกระแสผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์

(ไพศาล บุญเจียม . 2543:11)

สำหรับไส้หลอดทังสเตนที่อยู่ทั้งสองข้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีค่าความต้านทานที่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิดังนั้นจากความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ไหลผ่านหลอดและแรงดันคร่อมหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ ไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์สามารถเขียนเป็น วงจรสมมูลของหลอดฟลูออเรสเซนต์ช่วงทำงานปกติได้โดยสมมุติให้กระแสไหลผ่านฟลูออเรสเซนต์เป็นกระแสที่ออกจากจุดกึ่งกลางของไส้หลอดทำให้สามารถแบ่งความต้านทานไส้หลอดแต่ละข้างเป็นครึ่งหนึ่งดังภาพประกอบที่21(Mark Sun and Bryce L. Hesterman., 1998) เพื่อให้เป็นกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่หลอดฟลูออเรสเซนต์จริง แต่ในทางปฏิบัติการวัดค่ากำลังออกของหลอดจะวัดได้เฉพาะกระแสผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์ ไม่สามารถวัดแรงดันคร่อมจริงได้ เพราะต้องวัดแรงดัน ณ จุดที่ต้องรวมแรงดันคร่อมไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์ด้วย ซึ่งมีกำลังสูญเสียที่ไส้หลอด ประมาณ 1-2 W

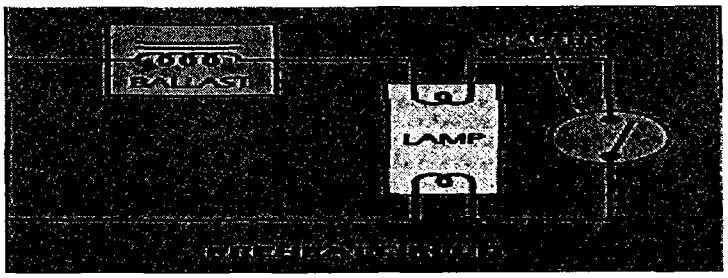


ภาพประกอบ 16 แบบจำลองของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขณะทำงานปกติ

(ไพศาล บุญเจียม . 2543:12)

2.2.4การใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็ก (fluorescent lamp working with Magnetic ballast)

เนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์มีความต้านทานในภาวะการทำงานปกติเป็นลบจึงจำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่มีลักษณะใกล้เคียงแหล่งจ่ายกระแสเพื่อให้การทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีเสถียรภาพการทำให้แหล่งแรงดันมีลักษณะใกล้เคียงกับแหล่งจ่ายกระแสจะทำได้โดยใช้อิมพีแดนซ์ที่มีค่าสูงต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายแรงดัน อันเป็นผลทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่ายแรงดันสูงขึ้น จึงมีลักษณะสมบัติค่อนไปทางด้านแหล่งจ่ายกระแส โดยทั่วไปจะใช้ตัวเหนี่ยวนำเป็นอิมพีแดนซ์ต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อไม่ให้เกิดกำลังสูญเสียในอิมพีแดนซ์มากเกินไป ดังนั้นลักษณะการต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์จะเป็นดังภาพประกอบ17



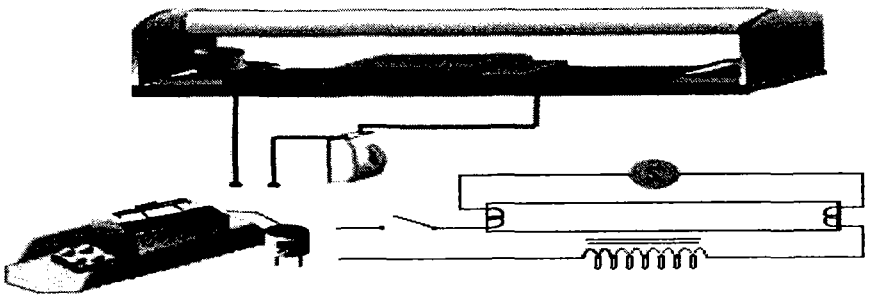
ภาพประกอบ 17 ลักษณะการต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์ใช้งานร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กและสตาร์ทเตอร์

(สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ 2543:2)

การทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์เมื่อใช่ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กและสตาร์ทเตอร์มีลักษณะดังนี้ คือ เมื่อเริ่มป้อนแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้วงจร หลอดฟลูออเรสเซนต์จะไม่นำกระแสทันที แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายส่วนใหญ่จะตกคร่อมสตาร์ทเตอร์ ทำให้เกิด glow discharge ขึ้นที่หน้าสัมผัสของสตาร์ทเตอร์ ทำให้หน้าสัมผัสร้อนขึ้นและต่อวงจร เมื่อหน้าสัมผัสของสตาร์ทเตอร์ที่เป็น bimetal ต่อวงจรแรงดันคร่อมสตาร์ทเตอร์จะลดลง glow discharge หยุดและหน้าสัมผัสของสตาร์ทเตอร์จะเย็นลง และตัดวงจรในช่วงที่สตาร์ทเตอร์ตัดวงจรบัลลาสต์แกนเหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันสูงคร่อมหลอดฟลูออเรสเซนต์แรงดันนี้เรียกว่าแรงดันจุดหลอด (Striking Voltage, V_{ig}) ถ้า V_{ig} ไม่สูงเพียงพอที่จะจุดหลอดให้ติดสว่าง ขบวนการจุดหลอดจะเริ่มต้นใหม่ แต่ถ้า V_{ig} สูงพอจะทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ติดสว่าง แรงดันคร่อมหลอดฟลูออเรสเซนต์จะลดต่ำลง ทำให้แรงดันคร่อมสตาร์ทเตอร์ไม่สูงพอที่จะทำให้เกิด glow discharge ได้อีก สตาร์ทเตอร์ก็จะเปิดวงจรอย่างนี้ตลอดไป ช่วงทำงานปกติของหลอดฟลูออเรสเซนต์

3.บัลลาสต์

บัลลาสต์เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นและมีความสำคัญในวงจรแสงสว่างเพราะนอกจากจะช่วยในการทำงานของ วงจรให้สมบูรณ์แล้วยังมีผลต่อปริมาณแสงสว่าง อายุการใช้งาน และพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในวงจรด้วย หน้าที่ของบัลลาสต์มีอยู่สองอย่างที่สำคัญ คือ ช่วยสร้างให้เกิดแรงดันเพียงพอในการจุดหลอดก๊าซดิสชาร์จให้ติดควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านวงจรขณะสตาร์ทและทำงานและกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้หลอดให้มีค่าเหมาะสม



ภาพประกอบ 18 การนำบัลลาสต์ไปต่อร่วมในวงจรแสงสว่าง

(สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ 2543:3)

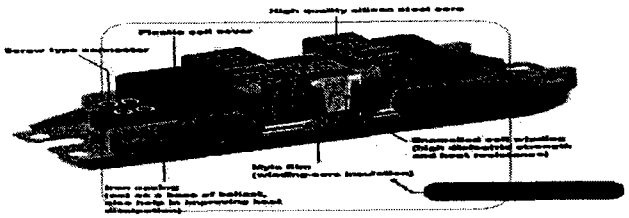
บัลลาสต์คืออุปกรณ์ที่นำมาใช้ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อทำหน้าที่ควบคุมกระแสที่ไหลผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้มีค่าตามที่กำหนด ในการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อการส่องสว่างจะต้องมีการต่อวงจรใช้งานร่วมกับบัลลาสต์(Ballast)และสตาร์ทเตอร์(Starter)ที่จะต้องทำงานร่วมกันเพื่อให้เกิดแรงดันสูงสำหรับจุดหลอดให้ติดสว่างจากนั้นสตาร์ทเตอร์ก็จะหยุดทำงาน และ บัลลาสต์ ก็จะทำหน้าที่ควบคุมกระแสผ่านหลอดให้มีค่าตามที่กำหนดแต่บัลลาสต์ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่จะนำมาใช้คู่กับหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้นยังคงมีกำลังสูญเสียมากเนื่องจากค่าความหนี่ยวนำของบัลลาสต์ที่เกิดจากขดลวดและแกนเหล็กมีค่าสูง ทำให้ยากต่อการออกแบบให้มีกำลังสูญเสียต่ำอีกทั้งยังมีข้อจำกัดในเรื่องของขนาดและราคาของบัลลาสต์วิธีการที่จะลดกำลังสูญเสียสามารถจะทำได้โดยการใช้แกนเหล็กที่มีกำลังสูญเสียต่ำมาใช้ในการพันขดลวดและทำการออกแบบให้เหมาะสมจะทำให้ สามารถลดกำลังสูญเสียลงได้ประมาณ4-6วัตต์(Watt)จะเรียกบัลลาสต์ชนิดนี้ว่าบัลลาสต์แกนเหล็กสูญเสียต่ำ(Low-loss Ballast) แต่บัลลาสต์ที่ได้จะมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก และราคาสูง วิธีการที่จะลดกำลังสูญเสียสามารถจะทำได้อีกวิธีหนึ่งคือ การลดขนาดของตัวเหนี่ยวนำโดยการเพิ่มความถี่ของการแหล่งจ่ายไฟให้มีค่าประมาณ 20-50 เฮิรท์(Herz:Hz)โดยจะทำงานร่วมกับอุปกรณ์เหนี่ยวนำที่มีขนาดเล็กเนื่องจากการใช้จากการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงจะช่วยลดค่าและขนาดของความเหนี่ยวนำลงได้จึงทำให้สามารถลดกำลังสูญเสียได้ทางหนึ่งจะเรียกบัลลาสต์ชนิดนี้ว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(Electronic Ballast) ซึ่งจะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้คู่กับหลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อทดแทนบัลลาสต์แบบขดลวดพันบนแกนเหล็กโดยอาศัยหลักการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงเพื่อลดกำลังสูญเสียของบัลลาสต์แต่ก็สามารถจุดหลอดให้ติดสว่างได้ในตอนเริ่มต้นและยังควบคุมกระแสที่ไหลผ่านหลอดให้มีค่าตามที่กำหนด

3.1 ชนิดของบัลลาสต์

บัลลาสต์เป็นชื่อเรียกอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ควบคุมแหล่งจ่ายพลังงานให้แก่หลอดไฟฟ้า ในยุคเริ่มแรกที่ผลิตบัลลาสต์มาใช้"บัลลาสต์"หมายถึงตัวเหนี่ยวนำที่สะสมพลังงานซึ่งเรามักเรียกว่าบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็ก ในรุ่นใหม่ที่ทันสมัยมากขึ้นบัลลาสต์ถูกนำมาใช้เป็นวงจรขับดันที่สมบูรณ์แบบทั้งชุดเรามักเรียกว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิคส์ ซึ่งสามารถอธิบายหลักการทำงานของบัลลาสต์ทั้งสองชนิดได้ดังนี้

3.1.1 บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็ก

บัลลาสต์ชนิดนี้เป็นบัลลาสต์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเหนี่ยวนำซึ่งเป็นส่วนหน้าของวงจรสตาร์ทสำหรับหลอดไฟฟ้าดังแสดงในภาพประกอบ19



ภาพประกอบ 19 บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็ก

(ECONOWATT CATALOG.2540:2)

เมื่อเริ่มป้อนไฟฟ้าให้กับวงจรตัวสวิตช์ไบเมทัลในสตาร์ทเตอร์จะอยู่ในตำแหน่งปิดเมื่อกระแสไหลผ่านไส้หลอดโดยผ่านทางสวิตช์ไบเมทัลซึ่งจะทำให้ไส้หลอดปล่อยอิออนเข้าสู่หลอด ในที่สุดเมื่อสวิตช์ไบเมทัลร้อนมากขึ้นและเปิดวงจรตัวเหนี่ยวนำจะพยายามที่จะรักษาระดับของกระแสไฟฟ้าที่ไหล และกำเนิดแรงดันสูงตกคร่อมหลอด และผลจากการที่มีอิออนออกมาอย่างต่อเนื่องหลอดก็จะ Strike ทันทีที่เกิดการ Dischargeขึ้น แรงดันตกคร่อมก็จะลดต่ำค่าแรงดันต้นทาง (Main) ค่าความแตกต่างระหว่างแรงดันตกคร่อมหลอดกับแรงดันต้นทางคือ แรงดันที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ ดังนั้นตัวเหนี่ยวนำในขณะนี้ก็จะทำหน้าที่ควบคุมปริมาณกระแสที่ไหลในวงจร ทำให้ค่าตัวประกอบกำลังต่ำมาก จึงจำเป็นต้องใช้ตัวเก็บประจุในการแก้ค่าตัวประกอบกำลังในขณะที่หลอดอยู่ในสภาวะคงที่รูปคลื่นสัญญาณที่หลอดและกระแสที่ไหลผ่านหลอดจะมีรูปทรงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักที่ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า แต่เมื่อต่อตัวเก็บประจุดังกล่าวเข้าไปแล้วรูปคลื่นสัญญาณกระแสจะถูกปรับให้ลดลง(%THD>25%) แกนเหล็กจะเกิดการอิ่มตัวทำให้มีกำลังสูญเสียขึ้นเรียกว่า Ballast lossesบัลลาสต์ชนิดขดลวดสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ส่วนใหญ่ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นแบบ Induction(ค่า Power Factorของ บัลลาสต์ชนิดนี้มีค่าประมาณ 0.5)

3.1.2 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(Electronic ballast)

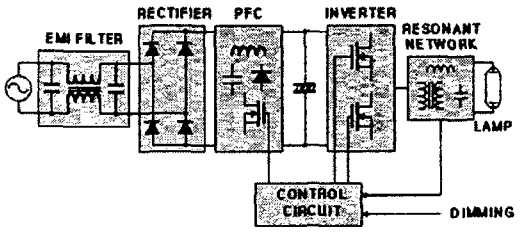
บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแหล่งไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ต่ำเป็นแหล่งไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงสามารถออกแบบตัวเหนี่ยวนำให้มีขนาดเล็กและมีกำลังสูญเสียต่ำและราคาไม่แพงเกินไปได้การทำงานที่ความถี่สูงนอกจากสามารถลดกำลังสูญเสียในตัวเหนี่ยวนำที่ทำหน้าเป็นบัลลาสต์แล้ว ยังทำให้ประสิทธิภาพการส่องสว่าง(luminous efficacy) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์สูงขึ้นตามความถี่การทำงาน

ภาพประกอบ 20 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

(ECONOWATT CATALOG.2540:2)

3.1.2การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

การให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ทำงานที่ความถี่สูง ถึงแม้จะช่วยลดกำลังสูญเสียในบัลลาสต์และลดกำลังด้านเข้าของหลอดลงได้ก็จริง แต่เนื่องจากแหล่งจ่ายพลังงานโดยทั่วไปจะเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 50Hz หรือไม่ก็เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้คอนเวอร์เตอร์ (Converter) ในการสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงขึ้นที่เรียกว่าอินเวอร์เตอร์(inverter) การเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงหรือไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ต่ำเป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงจะทำให้เกิดกำลังสูญเสียขึ้นในคอนเวอร์เตอร์เอง และเพื่อให้สามารถลดกำลังสูญเสียรวมของระบบลงได้ ตัวคอนเวอร์เตอร์ต้องมีประสิทธิภาพ สูงบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพื่อทำหน้าที่เผาไส้หลอดด้วยกระแสที่มีขนาดพอเหมาะเป็นเวลาที่เหมาะสมก่อนการจุดหลอดและสร้างแรงดันสูงสำหรับจุดหลอดให้ติดสว่างหลังจากการเผาไส้และควบคุมกระแสผ่านหลอดให้มีค่าตามที่กำหนดเพื่อให้การทำงานมีเสถียรภาพอย่างไรก็ดีในปัจจุบันการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักเนื่องจากสาเหตุหลายประการความเชื่อถือได้(Reliability)เป็นสาเหตุที่สำคัญมากอันหนึ่งปัญหาความเชื่อถือได้โดยส่วนใหญ่มีสาเหตุจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในวงจรของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ได้รับความเค้น (Stress) ที่มีขนาดสูงการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดความเค้น และการหาแนวทางแก้ไขจำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างการทำงานเบื้องต้นของหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมในการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีลักษณะเป็นแบบไม่เชิงเส้น (non linear) และมีความต้านทานในภาวะการทำงานปกติเป็นลบ (negative dynamic resistance ; $R_{lamp} = dv_{lamp}/di_{lamp}$) โดยค่าความต้านทานของ หลอดฟลูออเรสเซนต์ (R_{lamp}) จะมีการเปลี่ยนแปลงกับกำลังด้านออกของหลอด, วงจรอินเวอร์เตอร์ และการทำงานของวงจรขับนำสวิตช์ บัลลาสต์ชนิดนี้จะมีชุดขับดันอิเล็กทรอนิคส์สำหรับหลอด ที่สร้างสภาวะการสตาร์ทและการทำงานที่เหมาะสมให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ และวงจรกรองความถี่เพื่อที่จะเปลี่ยนเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า DC สำหรับวงจรสวิตช์อิเลคทรอนิคส์ตัวกำเนิดความถี่จะผลิตสัญญาณความถี่สูง (ค่าโดยทั่วๆ ไปตั้งแต่ 25–50 kHz) ซึ่งจะขับดันตัวทรานซิสเตอร์ให้ทำงานสลับกันโดยมีตัวเหนี่ยวนำแกนเฟอร์ไรท์ทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าและตัวเก็บประจุคร่อมหลอดทำหน้าที่กำหนดความถี่และการสตาร์ทในวงจร ดังภาพประกอบ34 อย่างไรก็ตามมาตรฐานIEC929 แนะนำให้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิคส์ ควรมีความถี่ไม่ต่ำกว่า 25kHzเพื่อป้องกันการรบกวนของความถี่เสียง



ภาพประกอบ 21 แสดงวงจรพื้นฐานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

(MOTOLOLA Semiconductor.1989:4)

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์โดยทั่วไปแล้วจะมีค่าตัวประกอบกำลังโดยอุปกรณ์ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังประกอบเข้าเป็นส่วนหนึ่งของบัลลาสต์ดังสมการ

$$C = \frac{10^6\left[\sqrt{\{(V^2*I^2) - P^2\}} - \{P\tan\theta\}\right]}{2\pi fV^2}$$

โดยที่

C คือ ค่าความจุของตัวเก็บประจุ สำหรับการต่อแบบขนาน (ไมโครฟารัด)

V คือ แรงดันแหล่งจ่าย (โวลต์)

f คือ ความถี่แหล่งจ่าย (เฮิรตซ์)

I คือ กระแสผ่านหลอด (แอมป์)

P คือ กำลังไฟฟ้ารวมของวงจร (กำลังไฟฟ้าที่หลอด+กำลังสูญเสียที่บัลลาสต์) (วัตต์)

tan θ = 0.62 ในกรณีต้องการค่าตัวประกอบกำลังเป็น0.85 (สำหรับ p.f.= cos θ = 0.85)

tan θ = 0.43 ในกรณีต้องการค่าตัวประกอบกำลังเป็น0.90 (สำหรับ p.f.= cos θ = 0.90)

tan θ = 0.33 ในกรณีต้องการค่าตัวประกอบกำลังเป็น0.95 (สำหรับ p.f.= cos θ = 0.95)

ตัวอย่าง วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์36วัตต์แหล่งจ่าย 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ค่ากำลังไฟฟ้าที่หลอด 36 วัตต์ ค่ากำลงสูญเสียในบัลลาสต์ 10 – 12 วัตต์ ค่ากระแสผ่านหลอด 0.43 แอมป์

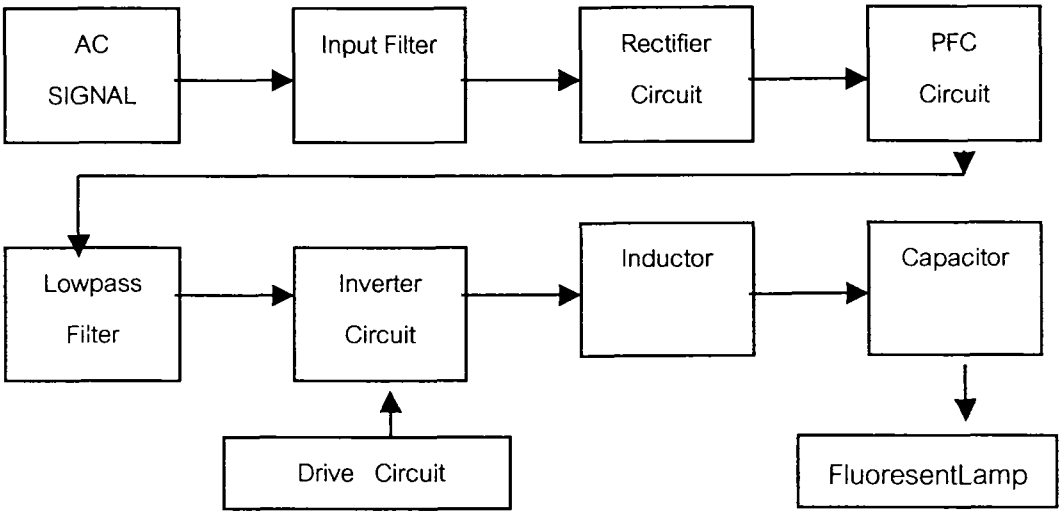
ตัวประกอบกำลังค่า = 0.85 $\Rightarrow$ เลือกใช้ตัวเก็บประจุขนาด C = 3.40 – 3.56 $\mu F/250V_{AC}$

ตัวประกอบกำลังค่า = 0.90 $\Rightarrow$ เลือกใช้ตัวเก็บประจุขนาด C = 3.81 – 3.95 $\mu F/250V_{AC}$

ตัวประกอบกำลังค่า = 0.95 $\Rightarrow$ เลือกใช้ตัวเก็บประจุขนาด C = 4.32 – 4.44 $\mu F/250V_{AC}$

4.การออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์

4.1โครงสร้างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์



ภาพประกอบ 22 โครงสร้างของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

(ไพศาล บุญเจียม . 2543:15)

จากในภาพประกอบ 22 เป็นโครงสร้างของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ในการออกแบบวงจรในส่วนต่าง ๆสำหรับเป็นส่วนประกอบของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์กำหนดให้มีส่วนประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้

วงจรกรองด้านเข้าและวงจรป้องกัน (Input Filter and Protection Circuit)

วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit)

วงจรปรับรูปคลื่นของกระแสด้านด้านเข้า (Power Factor Circuit)

วงจรกรองผ่านต่ำ (Low pass Filter)

วงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter circuit)

ตัวเหนี่ยวนำที่ใช้ในการควบคุมกระแส (Current Control Inductor)

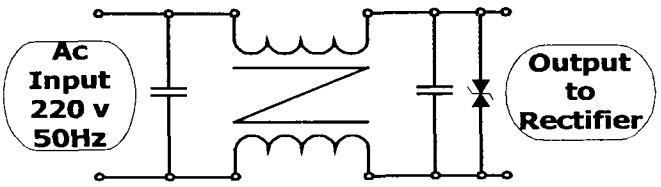
วงจรขับนำสวิตช์ (Switch Drive Circuit)

ตัวเก็บประจุที่ใช้เป็นทางผ่าน ของกระแสอุ่นไส้หลอด(Bypass capacitor)

หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)

4.1.1วงจรกรองด้านเข้าและวงจรป้องกัน (Input filter ans Protection Circuit)

วงจรกรองกระแสด้านเข้า และวงจรป้องกันมีหน้าที่ลดสัญญาณรบกวนจากภายนอกที่เข้ามารบกวนบัลลาสต์ และจากบัลลาสต์ที่จะออกไปยังสายส่งป้องกันกระแสกระชาก (Surge Current) และแรงดันเกินชั่วขณะในตอนเปิดไฟเข้าวงจร และเนื่องจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานในย่านความถี่สูงซึ่งสามารถเกิดการแทรกแซงของคลื่นความถี่วิทยุ(Radio Frequency Interference : RFI) เข้ามาในตัวบัลลาสต์ซึ่งอาจจะทำให้การทำงานของบัลลาสต์เกิดผิดพลาดไปได้ในขณะเดียวกันตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ก็สามารถสร้สัญญาณรบกวนแม่หล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Interference : EMI) ออกไปรบกวนอุปกรณ์อุปกรณ์ภายนอก การแพร่กระจายของสัญญาณรบกวน ส่วนใหญ่จะมาจากแหล่งกำเนิด เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากตัวนำ และสายส่งสัญญาณที่นำมาใช้เป็นทางผ่านของสัญญาณไฟฟ้าซึ่งจะเป็นทั้งตัวแพร่กระจาย และตัวรับสัญญาณรบกวนที่เราไม่ต้องการ มีผลให้วงจรหลักรับภาระมากเกินไปเกิดการ Overloadทำให้การทำงาน ของวงจรเกิดบกพร่อง และเกิดผลกระทบกับอุปกรณ์ใกล้เคียงทำให้การทำงานผิดพลาดได้ดังนั้นการป้องกันการรบกวนอันเนื่องจากRFI และ EMI เราสามารถที่จะประกอบวงจรได้ ดังแสดงในภาพประกอบ23



ภาพประกอบ 23 วงจรกรองด้านเข้าและวงจรป้องกัน

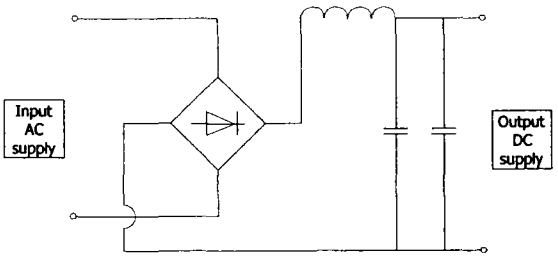
(จิโรจน์ พรวัฒนา.2543:7)

จากภาพประกอบ23 วงจรกรองด้านเข้าและวงจรป้องกันจะประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุและอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกิน(วาริสเตอร์) ปกติการทำงานของบัลลาต์อิเลคทรอนิกส์จะมีการกำเนิดความถี่สูง

ออกมาดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรที่กรองสัญญาณความถี่สูงไม่ให้ผ่านออกมารบกวนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์สื่อสารภายนอก โดยวงจรนี้จะทำหน้าที่ลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการทำงานของบัลลาสต์ ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้โดยมีตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่เป็นวงจรกรองผ่านต่ำ(Low pass Filter) ที่ยอมให้เฉพาะความถี่ต่ำเท่านั้นที่ผ่านไปได้ และในเนื่องจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีจุดอ่อนที่ไม่สามารถทนต่อแรงดันเกินได้ดังนั้นในวงจรอิเล็กทรอนิกส์จึงควรมีการป้องกันแรงดันเกินซึ่งในวงจรนี้เลือกใช้วาริสเตอร์มาใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันการสวิตช์จากแรงดันเกินชั่วขณะ(Surge Current)

4.1.2วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแส(Rectifier Circuit) ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อจ่ายให้กับวงจรของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในที่นี้เลือกใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier Circuit) และใช้ตัวเก็บประจุทำหน้าที่กรองกระแสเพื่อลดการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยเหตุที่เลือกใช้วงจรประเภทนี้เนื่องจากใช้งานง่ายและราคาถูก เราสามารถต่อวงจรได้ดังแสดงในภาพประกอบ24

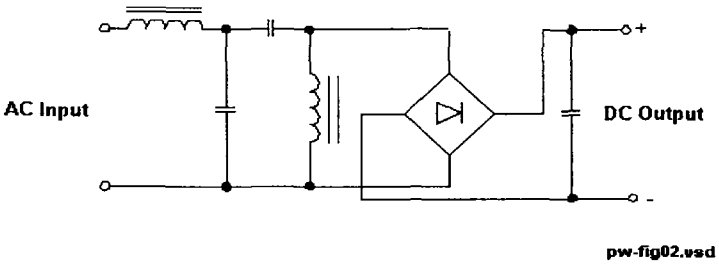


ภาพประกอบ 24 วงจรเรียงกระแส

(จิโรจน์ พรวัฒนา.2543:7)

4.1.3 วงจรปรับรูปคลื่นของกระแสด้านด้านเข้า (Power Factor Circuit :PFC)

วงจรปรับรูปคลื่นของกระแสด้านด้านเข้าทำหน้าที่ในการปรับรูปคลื่นของกระแสให้เข้าใกล้สัญญาณซายน์ เพื่อลดสัญญาณฮาร์มอนิกส์ และเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังด้านเข้าโดยวงจรในภาค PFC ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้กลับมาเป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง และยังทำหน้าที่ในการปรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงในด้านเอาท์พุทให้มีแรงดันไฟฟ้าที่มีความสม่ำเสมอ

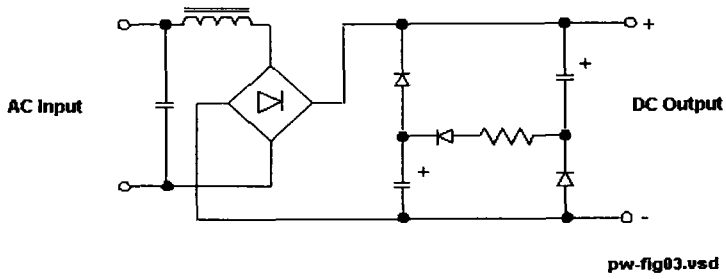


ภาพประกอบ 25 วงจรปรับรูปคลื่นของกระแสด้านด้านเข้า

(จิโรจน์ พรวัฒนา.2543:7)

4.1.4วงจรกรองผ่านต่ำ(Low pass filter)

วงจรกรองผ่านต่ำทำหน้าที่ลดการกระเพื่อมของแรงดันด้านขาออกที่เกิดวงจรเรียงกระแสซึ่งในขณะที่วงจรเรียงกระแสเริ่มทำงานจะมีแรงดันเป็นสองเท่าของความถี่ทางด้านเข้า เป็นผลให้ค่าแรงดันไฟตรงมีการกระเพื่อมไปจากค่าแรงดันไฟตรงเฉลี่ยเรียกว่าแรงดันริปเปิ้ลซึ่งสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการใช้วงจรกรองแรงดันซึ่งประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มแบบไม่มีขั้วต่อขนานกับวงจรเพื่อทำหน้าที่กรองแรงดันซึ่งจะทำให้แรงดันทางขาออกเรียบยิ่งขึ้น

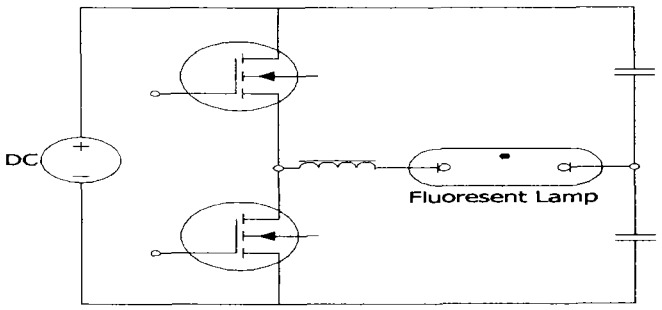


ภาพประกอบ 26 วงจรกรองผ่านต่ำ

(จิโรจน์ พรวัฒนา.2543:7)

4.1.5วงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter circuit)

วงจรแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับหรือวงจรอินเวอร์เตอร์เป็นวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงจากวงจรเรียงกระแสให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง เพื่อป้อนให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ วงจรอินเวอร์เตอร์มีหลายชนิดแต่ส่วนใหญ่นิยมใช้วงจรบริดจ์ หรือวงจรกึ่งบริดจ์ ที่มีอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำประเภทอุปกรณ์สวิทชิ่งกำลัง (Power Switching Device) เช่นทรานซิสเตอร์กำลัง (Power Transistor) , มอสเฟตกำลัง(Power Mosfet) หรือ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไวงานที่ในแต่ละวงจรจะประกอบด้วยอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ2ตัวต่ออนุกรมกันทำงานแบบสลับกันนำกระแสที่มีการสูญเสียในสวิตช์ต่ำเนื่องจากกำลังงานทางออกของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้งานสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ 2 หลอด มีค่าไม่สูงมากนักจึงเลือกใช้วงจรอินเวอร์เตอร์ที่มีโครงสร้างแบบกึ่งบริดจ์ (Half Bridge inverter) ดังแสดงในภาพประกอบ27



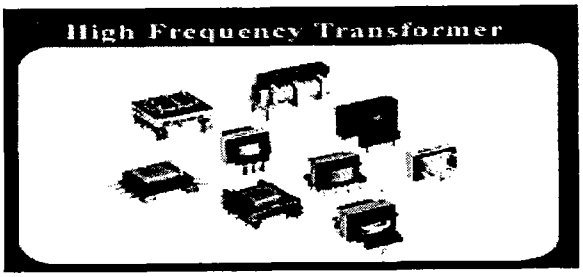
ภาพประกอบ 27 วงจรอินเวอร์เตอร์

(จิโรจน์ พรวัฒนา.2543:7)

จากภาพประกอบ32เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์แบบกึ่งบริดจ์ซึ่งทำหน้าที่สร้างไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงเพื่อขจัดเสียงฮัมและขจัดผลของสโตรโบสโคปิกส์ซึ่งอุปกรณ์ที่จำเป็นของวงจรนี้คือตัวเหนี่ยวนำ (Inductor)และ ตัวเก็บประจุ (Capacitor) โดยที่ขนาดของตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุจะขึ้นกับความถี่ที่ใช้งาน

4.1.6ตัวเหนี่ยวนำ ที่ใช้ในการควบคุมกระแส (Current Control Inductor)

ตัวเหนี่ยวนำที่ใช้ในการควบคุมกระแสมีหน้าที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของวงจรเรโซแนนท์ (Resonant circuit) ทำหน้าที่สร้างแรงดันสูงเพื่อช่วยในการจุดหลอดในสภาวะเริ่มต้นโดยวงจรเรโซแนนท์ที่นำมาประยุกต์ใช้งานคือวงจรเรโซแนนท์แบบอนุกรม (Series Resonant) สามารถจัดวงจรออกเป็นสามแบบคือ วงจรเรโซแนนท์แบบอนุกรมกับโหลด(Series-Load-Resonant:SLR) ,วงจรเรโซแนนท์แบบขนานกับโหลด(Parallael-Load-Resonant:PLR)และวงจรเรโซแนนท์แบบอนุกรม-ขนานกับโหลด(Series-Parallel-Load-Resonant:SPLR) แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงจะกล่าวถึงเฉพาะ วงจรเรโซแนนท์แบบขนานกับโหลด เนื่องจากค่า Q(Quality factor)นั้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ ความต้านทานของโหลดซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวจะทำให้แรงดันต้านขาออกมีค่าที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานในกรณีที่แรงดันขาเข้ามีค่าแรงดันต่ำสำหรับวงจรพื้นฐานของวงจรเรโซแนนท์แบบขนานกับโหลด จะแสดงดังในภาพประกอบ28



ภาพประกอบ 28 ตัวเหนี่ยวนำที่ใช้ในการควบคุมกระแส

(ไพศาล บุญเจียม . 2543:10)

4.1.7วงจรขับนำสวิตช์ (Switch Drive Circuit)

วงจรขับนำสวิตช์เป็นวงจรที่สร้างขึ้นเพื่อทำหน้าที่จุดหลอดฟลูออเรสเซนต์และขับหลอดให้ทำงานในภาวะปกติโดยอาศัยวงจรHalf bridge inverter ซึ่งประกอบด้วยเพาเวอร์มอสเฟต 2 ตัวทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อทำการขับหลอดฟลูออเรสเซนต์

4.1.8 เพาเวอร์มอสเฟต (Power MOSFET)

เพาเวอร์มอสเฟต (Power mosfet) มาจากคำว่า Power Metel Oxide Semiconductor Field Effect Transistor เป็นเฟตที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำซึ่งได้รับการเคลือบผิวด้วยโลหะออกไซด์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยแรงดัน และต้องการกระแสอินพุทต่ำมากมีความเร็วในการสวิตช์สูงสามารถทำงานได้ดีในความถี่สูงตั้งแต่ 50KHz ไปจนถึงประมาณ 400 KHz

4.1.9ตัวเก็บประจุที่ใช้เป็นทางผ่าน ของกระแสอุ่นไส้หลอด(Bypass capacitor)

ตัวเก็บประจุที่ใช้เป็นทางผ่านของกระแสอุ่นไส้หลอดทำหน้าที่ร่วมกับตัวเหนี่ยวนำในตอนสตาร์ทและเป็นวงจรเรโซแนนท์แบบอนุกรมกับโหลดเพื่อสร้างแรงดันสูงในการจุดหลอด และยังเป็นทางผ่านของกระแสที่ใช้ในการอุ่นไส้หลอดในภาวะปรกติ

4.1.10 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)

หลอดฟลูออเรสเซนต์คือหลอดดิสชาร์ตไอปรอทความดันต่ำ(Low pressure mercury gas discharge lamp)จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นแสงสว่างโดยใช้คุณสมบัติของก๊าช ความดันต่ำ ไอปรอทและสารเรืองแสง เป็นองค์ประกอบรวมกันเพื่อกำเนิดแสงสว่างที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้

5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(มอก.885-2532 และ มอก.1506-2541)

5.1มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(มอก.885-2532)เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์เฉพาะด้านความปลอดภัย

5.1.1 ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเฉพาะด้านความปลอดภัยกำหนดประเภทคุณลักษณะที่ต้องการ, เครื่องหมายและฉลาก,การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินและการทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ครอบคลุมเฉพาะบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งใช้กับระบบแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับไม่เกิน 1,000 โวลต์ความถี่ 50 เฮิรตซ์ หรือ 60 เฮิรตซ์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหลอดฟลูออเรสเซนต์ มาตรฐานเลขที่ มอก.236 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมถึงบัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไว้ต่างหากโดยเฉพาะ

5.1.2 บทนิยาม ความหมายของคำที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

บัลลาสต์(ballast)หมายถึงอุปกรณ์ซึ่งอยู่ระหว่างแหล่งจ่าย(supply) กับหลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดเดียวหรือหลายหลอด และอาจมีส่วนประกอบส่วนเดียวหรือหลายส่วน โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดให้มีค่าตามที่ต้องการ และอาจรวมจุดประสงค์ดังต่อไนี้ คือ

5.1.2.1 เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายให้พอที่จะจุดและเผาไส้ให้หลอดติดได้

5.1.2.2 เพื่อป้องกันมิให้หลอดทำงานก่อนมีการเผาไส้ (cold starting)

5.1.2.3 เพื่อลดผลทางสโตรโบสกอปิก (stroboscopic effect)

5.1.2.4 เพื่อปรับตัวประกอบกำลังและหรือลดการรบกวนคลื่นวิทยุ

5.1.2.5 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า"บัลลาสต์"หมายถึงอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ(a.c.inverter)กับอุปกรณ์ทำให้เสถียร (stabilizing element) เพื่อจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดเดียวหรือหลายหลอด ซึ่งปกติทำงานที่ความถี่สูง

5.1.2.6บัลลาสต์ติดภายใน หมายถึง บัลลาสต์ที่ถูกออกแบบไว้โดยเฉพาะสำหรับติดตั้งภายในดวงโคม กล่อง เปลือกหุ้ม หรือสิ่งอื่นที่คล้ายกัน

5.1.2.7 แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (supply voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจรหลอดและบัลลาสต์

5.1.2.8 แรงดันไฟฟ้าใช้งาน (working voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยค่าสูงสุดคร่อมระหว่างฉนวนที่จุดใด ๆซึ่งอาจเกิดขึ้นขณะวงจรเปิดหรือขณะหลอดทำงานตามปกติแต่ไม่รวมขณะภาวะชั่วครู่ (transient)

5.1.2.9 กระแสไฟฟ้าของแหล่งจ่าย(supply current)หมายถึงกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจรหลอดและบัลลาสต์

5.1.2.10 ส่วนที่มีไฟฟ้า (live part) หมายถึง ส่วนที่นำไฟฟ้าซึ่งอาจก่อให้เกิดไฟฟ้าช็อต

5.1.2.11 ปรากฏการณ์เกิดกระแสตรง (rectifiving effect) หมายถึง ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อกระแสอาร์ก(arc current) ในครึ่งวัฏจักรที่ต่อเนื่องกันของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้ามีปริมาณไม่เท่ากันเนื่องจากไส้หลอดข้างใดข้างหนึ่งขาด หรือเสื่อมประสิทธิภาพในการปล่อยประจุอิเล็กตรอน

5.1.2.12 อุณหภูมิใช้งานสูงสุดที่กำหนดของผิวนอกของบัลลาสต์ (rated maximum operating temperature of a ballast case,tc) หมายถึง อุณหภูมิสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นที่ผิวนอกบัลลาสต์ หรือจุดใดจุดหนึ่งที่แสดงไว้ (ถ้ามี) ในภาวะการทำงานปกติที่แรงดันไฟฟ้าหรือค่าสูงสุดของช่วงแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

5.1.3 ประเภทบัลลาสต์ มีประเภทเดียว คือ บัลลาสต์ติดภายใน

5.1.4 คุณลักษณะที่ต้องการ

ความคงทนของเครื่องหมาย เครื่องหมายตามข้อ 5.1.1 ต้องคงทนและเห็นได้ชัดเจนขั้วต่อสาย ถ้ามีขั้วต่อสาย ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

5.1.4.1 ขั้วต่อสาย ต้องมีขนาดเหมาะสำหรับต่อกับสายไฟฟ้าที่ตัวนำ ที่มีพื้นที่หน้าตัดตามตาราง1การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

ตาราง 1 แสดงพื้นที่หน้าตัด

กระแสไฟฟ้าที่กำหนด (แอมแปร์)	พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ (ตารางมิลลิเมตร)
ไม่เกิน 3	0.5 ถึง 1.0
เกิน 3 ถึง 6	0.75 ถึง 1.5
เกิน 6 ถึง 10	1.0 ถึง 2.5
เกิน 10 ถึง 16	2.5 ถึง 4.0

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2532:5)

5.1.4.2ขั้วต่อสายแบบต่อด้วยหมุดเกลียวและแบบไม่ใช้หมุดเกลียวให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดวงโคมไฟฟ้าติดประจำที่สำหรับจุดประสงค์ทั่วไป

5.1.5 การต่อลงดิน

5.1.5.1 การต่อลงดินเพื่อความปลอดภัย ให้แสดงด้วยสัญญลักษณ์ ขั้วต่อสายดินให้เป็นไปตามข้อ5.14 และ ต้องมีตัวจับยึดเพื่อป้องกันไม่ให้ตัวนำหลวมคลอน และ ต้องไม่สามารถคลายออกโดยไม่ใช้เครื่องมือ ถ้าเป็นขั้วต่อสายที่ไม่มีหมุดเกลียวจะต้องหลุดหลวมโดยไม่จงใจกระทำการต่อบัลลาสต์ลงดินโดยการติดตั้งบัลลาสต์เข้ากับส่วนโลหะที่มีการต่อลงดินไว้แล้ว ถือว่าเป็นการต่อบัลลาสต์ลงดิน ถ้าบัลลาสต์มีขั้วต่อสายดินให้ใช้ขั้วต่อสายดินนี้สำหรับต่อบัลลาสต์ลงดินเท่านั้นทุกส่วนของขั้วต่อสายดิน จะต้องมีลักษณะที่มีการกัดกร่อน

น้อยซึ่งเป็นผลมาจากการสัมผัสระหว่างโลหะต่างชนิดกันหมุดเกลียวหรือส่วนของขั้วต่อสายดินควรทำด้วยทองเหลือง หรือโลหะอื่น ที่มีผิวหน้าไม่เกิดสนิม และผิวสัมผัสต้องเป็นเนื้อโลหะการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

5.1.5.2 การต่อลงดินตามหน้าที่ให้แสดงด้วยสัญลักษณ์ขั้วต่อสายดินตามหน้าที่เป็นขั้วสำหรับต่อส่วนต่างๆ ที่อาจจำเป็นต้องต่อลงดินด้วยเหตุผลอื่นนอกเหนือจากความปลอดภัย

5.1.6ตัวโครง (frame or chassis) ให้แสดงสัญลักษณ์ระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศต้องไม่ต่ำกว่าค่าที่กำหนดในตาราง3การทดสอบให้ปฏิบัติโดยการวัดด้วยเครื่องมือที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตรสำหรับบัลลาสต์ที่ปิดหุ้มอย่างสนิทจนไม่มีระยะห่างในอากาศเช่นโดยการบรรจุสารประกอบที่แข็งตัวเองให้เต็มไม่ต้องทดสอบตามข้อนี้แผ่นอัดทองแดงสำหรับวงจรพิมพ์ไม่ต้องทดสอบตามข้อนี้ระยะห่างตามผิวฉนวนของร่องน้อยกว่า1 มิลลิเมตร ให้ถือความกว้างของร่องเป็นระยะห่างตามผิวฉนวน

ตาราง 2 ระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศ (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)

แรงดันไฟฟ้าใช้งาน	ไม่เกิน 34 โวลต์	เกิน 34 โวลต์ แต่ไม่เกิน 250 โวลต์	เกิน 250 โวลต์ แต่ไม่เกิน 500 โวลต์	เกิน 250 โวลต์ แต่ไม่เกิน 750 โวลต์	เกิน 750 โวลต์ แต่ไม่เกิน 1,000โวลต์
1 ระยะห่างตามผิวฉนวน	2	3(2)	4(2)	5(3)	6(4)
1.1ระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้าที่มีศักย์ต่างกัน ระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้ากับส่วนที่เป็นโลหะที่แตะถึง ซึ่งยึดกับบัลลาสต์อย่างถาวร รวมทั้งหมุดเกลียวหรือเครื่องยึดฝาครอบหรือเครื่องยึดบัลลาสต์	2	4(2)	5(3)	5(4)	6(4)
2 ระยะห่างในอากาศ 2.1 ระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้ากับผิวของที่รองรับที่มีลักษณะแบนหรือฝาครอบที่เป็นโลหะซึ่งถอดได้ (ถ้ามี) ในเมื่อไม่แน่ใจว่าการทำจะสามารถคงค่าในข้อ ข้างต้นได้ในกรณีที่ให้ผลเลวที่สุด	2	6	3	10	10

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2532:8)

ช่องว่างใดที่มีระยะห่างในอากาศน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ไม่ต้องนำมาใช้ในการหาผลรวมของระยะห่างในอากาศ ถ้าระยะห่างตามผิวฉนวนหรือระยะห่างในอากาศ ระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้ากับเปลือกนอกที่เป็นโลหะ มีระยะน้อยกว่าที่ได้กำหนดไว้ในตาราง2 ให้บุด้านในของเปลือกนอกที่เป็นโลหะนั้นด้วยฉนวน

หมายเหตุ ระยะห่างตามผิวฉนวน ให้วัดตามผิวนอกของฉนวน

5.1.7 การป้องกันการสัมผัสโดยบังเอิญกับส่วนที่มีไฟฟ้า

ต้องมีการป้องกันการสัมผัสโดยบังเอิญกับส่วนที่มีไฟฟ้า การเคลือบด้วยแลกเกอร์หรือสีเคลือบ ไม่ถือว่าเป็นการป้องกันหรือเป็นฉนวนที่เพียงพอที่ใช้ป้องกันการสัมผัสโดยบังเอิญต้องมีความแข็งแรงทางกลเพียงพอไม่หลุดหลวมได้ง่ายในขณะใช้งานตามปกติ และถอดไม่ออกถ้าไม่ใช้เครื่องมือการทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่มีตัวเก็บประจุซึ่งมีค่าความจุเกิน 0.5 ไมโครฟารัดติดตั้งอยู่ด้วย เมื่อตัดแหล่งจ่ายที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของบัลลาสต์ออกจากบัลลาสต์แล้วเป็นเวลา 1 นาที แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วต่อสายสัมผัสได้ด้วยนิ้วทดสอบ ต้องไม่เกิน 50 โวลต์ การทดสอบให้ปฏิบัติโดยการวัดด้วยโวลต์มิเตอร์ที่มีความแม่นที่ผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.5

5.1.8 การป้องกันไฟฟ้าช็อต

แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ขณะวงจรเปิดที่ขั้วต่อสายของบัลลาสต์ด้านจ่ายไฟฟ้าให้หลอดทั้งที่มีและไม่มีตัวต้านทานแทนที่ไส้หลอดจะต้องไม่เกิน1,500โวลต์(ค่ายอด)แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ระหว่างขั้วต่อสายด้านจ่ายไฟฟ้าให้หลอดกับสายกลางหรือกับดินเมื่อต่อวงจรหรือเริ่มจุดหลอดต้องลดลงเหลือน้อยกว่า 700 โวลต์ (ค่ายอด) ภายใน5วินาทีให้ปฏิบัติโดยการวัดด้วยโวลต์มิเตอร์ที่มีความแม่นที่ผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.5 ของค่าเต็มสเกล

5.1.9 ความทนความชื้น ความต้านทานของฉนวน และความทนแรงดันไฟฟ้า

บัลลาสต์ต้องมีความทนความชื้นโดยเมื่อทดสอบตามมอก.23 แล้ว ต้องไม่พบความเสียหายที่ปรากฏชัดบัลลาสต์ต้องมีความต้านทางของฉนวนระหว่างขั้วต่อสายด้านไฟเข้าและขั้วต่อสายด้านไฟออกที่ต่อรวมกัน กับส่วนโลหะที่แตะถึงทั้งหมด ไม่น้อยกว่า 2 เมกะโอห์มและบัลลาสต์ต้องมีความทนแรงดันไฟฟ้า โดยเมื่อทดสอบตาม มอก.23 แล้ว ต้องไม่เกิดการวาบไฟตามผิวหรือเสียสภาพฉับพลัน

5.1.10 ภาวะผิดปกติ (abnormal condition)

ในภาวะผิดปกติที่แรงดันไฟฟ้าระหว่างร้อยละ90กับร้อยละ110ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของแหล่งจ่าย บัลลาสต์ต้องไม่เสียหายในลักษณะที่ทำให้ความปลอดภัยลดลง โดยค่าความต้านทานของฉนวนต้องไม่ต่ำกว่า 2 เมกะโอห์ม และไม่เกิดควัน

5.1.11 ภาวะผิดพร่อง (fault condition)

ต้องออกแบบบัลลาสต์ให้ใช้งานในภาวะผิดพร่องได้ โดยต้องไม่ติดไฟหรือเกิดก๊าซที่ติดไฟได้ และยังคงมีคุณลักษณะการป้องกันการสัมผัสโดยบังเอิญการทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ5.14ในกรณีที่เป็นบัลลาสต์ติดภายในและมีสัญลักษณ์ ที่ขั้วต่อสายสำหรับติดตั้งในดวงโคม อุณหภูมิที่ผิวนอกบัลลาสต์ที่อยู่ในภาวะเสถียร ต้องไม่เกิน 135 องศาเซลเซียส และเมื่ออุปกรณ์ป้องกันความร้อน (thermal protector) ต่อวงจรอีกครั้ง อุณหภูมิจะต้องไม่เกิน 110 องศาเซลเซียส ในระหว่างวัฏจักรการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันความร้อนอุณหภูมิที่ผิวนอกบัลลาสต์อาจเกิน 135 องศาเซลเซียสได้ แต่ระยะเวลาที่ยอมให้อุณหภูมิที่ผิวนอกบัลลาสต์ขึ้นถึงค่าสูงสุดต้องไม่เกินเวลาที่กำหนดในตาราง3

ตาราง 3 ระยะเวลาที่ยอมให้อุณหภูมิที่ผิวนอกบัลลาสต์ขึ้นถึงค่าสูงสุด

อุณหภูมิสูงสุดที่ผิวนอกบัลลาสต์ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ยอมให้อุณหภูมิที่ผิวนอกบัลลาสต์ขึ้นถึงค่าสูงสุด(เริ่มจาก 135 องศาเซลเซียส)/ นาที
เกิน 180	0
175 ถึง 180	15
170 ถึง 175	20
165 ถึง 170	25
160 ถึง 165	30
155 ถึง 160	40
150 ถึง 155	50
145 ถึง 150	60
140 ถึง 145	90
135 ถึง 140	120

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2532:13)

5.1.12 ส่วนที่มีไฟฟ้าและการต่อสาย

การต่อทางไฟฟ้าต้องออกแบบให้แรงกดสัมผัสไม่ส่งผ่านไปยังวัสดุฉนวนที่ไม่ใช่เซรามิกหรือไมกา หรือวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมทัดเทียมกันเว้นแต่จะมีส่วนโลหะซึ่งมีความหยุ่นตัว (resilience) การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ หมุดเกลียวหยาบ (spaced threaded screw) ต้องไม่ใช้สำหรับต่อส่วนที่มีกระแสไฟฟ้านอกจากใช้ยึดส่วนที่มีไฟฟ้านั้นโดยตรง และมีวิธีการล๊อกที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการคลายตัวของหมุดโดยหมุดเกลียวหยาบอาจใช้เพื่อการต่อลงดินได้ ถ้าไม่ถูกรบกวนในการใช้งานตามปกติ และต้องใช้หมุดเกลียวอย่างน้อย 2 ตัว ในการต่อแต่ละจุดเพื่อความปลอดภัยหมุดเกลียวปล่อย (thread-cutting screw) อาจใช้ต่อส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าที่ต่อถึงกันได้ถ้าส่วนนั้นไม่เป็นโลหะ เช่น สังกะสี หรืออะลูมิเนียม ได้ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ หมุดเกลียวและหมุดย้ำที่ใช้ต่อทั้งทางไฟฟ้าและทางกล ต้องยึดแน่นเพื่อป้องกันการคลายตัว อาจใช่แหวนรองแบบสปริง (spring washer) เพื่อป้องกันการคลายตัวของหมุดเกลียว ส่วนหมุดย้ำอาจใช้หมุดย้ำที่มีก้านคอ (shank) ไม่กลมหรือมีร่องบาก (notch) เพื่อป้องกันการหลวม ส่วนที่ต่อด้วยหมุดเกลียวที่ไม่ได้รับแรงบิดในการใช้งานตามปกติ อาจผนึกด้วยสารปิดผนึกซึ่งอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อน เพื่อป้องกันการคลายตัวของหมุดเกลียว ให้ทำโดยการตรวจพินิจและหรือด้วยมือส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านต้องทำด้วยทองแดง ถ้าเป็นโลหะเจือต้องมีทองแดงอย่างน้อยร้อยละ 50 หากเป็นโลหะอื่นต้องมีความทนทานต่อการกัดกร่อนและมีสมบัติทางกลเทียบเท่าโลหะดังกล่าวคุณลักษณะที่ต้องการนี้ไม่ใช้กับหมุดเกลียวที่ไม่เป็นส่วนนำกระแสไฟฟ้าที่สำคัญ ซึ่งหากชำรุดแล้วจะทำให้บัลลาสต์ไม่ปลอดภัยต้องทนความเค้นทางกลซึ่งเกิดขึ้นในการใช้งานตามปกติได้หมุดเกลียวที่

ส่งแรงกดสัมผัสซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร ต้องขันเขากับโลหะการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ และทดสอบตาม มอก.23 การส่งแรงกดสัมผัสของหมุดเกลียว

5.1.13ความทนความร้อนและไฟ

ส่วนต่างๆ ที่ทำด้วยวัสดุฉนวนที่ใช้ยึดส่วนที่มีไฟฟ้าให้อยู่กับที่ต้องทนความร้อนได้อย่างเพียงพอ การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นกัดทองแดงสำหรับวงจรพิมพ์ : กระดาษเซลลูโลส อิพอกไซด์ เรซิน มาตรฐานเลขที่ มอก.704 ยกเว้น เซรามิก ไม่ต้องทดสอบส่วนภายนอกที่ทำด้วยวัสดุฉนวนที่ใช้ป้องกันไฟฟ้าช็อกและส่วนต่างๆ ของวัสดุฉนวนที่ยึดส่วนที่มีไฟฟ้า ต้องทนไฟได้อย่างเพียงพอ การทดสอบใช้วิธีทดสอบด้วยลวดความร้อน(glow wire)ที่อุณหภูมิ650องศาเซลเซียสโดยใช้บัลลาสต์ตัวอย่าง1 ตัว ยกเว้นเซรามิก ไม่ต้องทดสอบตามข้อกำหนดนี้แต่ให้ทดสอบการติดไฟตามส่วนต่างๆที่ทำด้วยวัสดุฉนวนที่ใช้ยึดส่วนที่มีไฟฟ้าให้อยู่กับที่ต้องทนไฟได้ทดสอบให้โดยใช้วิธีทดสอบแบบเปลวไฟรูปเข็ม (needle flame) และมีข้อกำหนดการทดสอบตามข้อต่อไปนี้ ยกเว้นเซรามิก ไม่ต้องทดสอบตัวอย่างทดสอบต้องเป็นบัลลาสต์ที่สมบูรณ์1 ตัวอย่างถ้าจำเป็นต้องถอดชิ้นส่วนของบัลลาสต์ จะไม่แตกต่างจากภาวะการใช้งานตามปกติ การทดสอบเปลวไฟ (flame test) ให้จ่อเปลวไฟทดสอบที่ตรงกลางพื้นผิวทดสอบระยะเวลาทดสอบ10วินาที หลังจากเอาเปลวไฟทดสอบออกแล้ว เปลวไฟที่ติดวัสดุฉนวนต้องดับได้เองภายใน30วินาทีลูกไฟที่ตกบนกระดาษทิชชูซึ่งวางซ้อนกัน5ชั้นและวางอยู่ใต้ตัวอย่างทดสอบ ต้องไม่ทำให้เกิดเผาไหม้ลุกลามไปตามแนวราบเป็นระยะเกิน200มิลลิเมตรการป้องกันสนิมส่วนที่เป็นเหล็กเมื่อเกิดสนิมแล้วอาจเป็นสาเหตุให้บัลลาสต์ไม่ปลอดภัยต้องมีการป้องกันการเป็นสนิมอย่างพอเพียง โดยการทาวานิชถือว่าเพียงพอแล้วการทดสอบทำโดยการตรวจพินิจ

5.1.14 เครื่องหมายและฉลากที่จะแสดงบนตัวบัลลาสต์จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

5.1.14.1 ที่บัลลาสต์ทุกตัว อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นกำลังไฟฟ้าที่กำหนด และถ้าจำเป็น ต้องแจ้งแบบของหลอดซึ่งเหมาะกับบัลลาสต์นั้นด้วยได้ง่าย ชัดเจน และถาวรการกำหนดแรงดันไฟฟ้า,กระแสไฟฟ้า,ความถี่,หากบัลลาสต์สามารถใช้กับหลอดได้หลายหลอด ต้องแจ้งจำนวนหลอดและกำลังไฟฟ้ารหัสรุ่นที่ทำ หรือเดือน ปีที่ทำของแต่ละหลอดด้วยแผนวงจรไฟฟ้า ที่แสดงตำแหน่งการต่อสายอย่างสมบูรณ์ในกรณีที่บัลลาสต์ไม่มีขั้วต่อสาย ต้องแสดงเครื่องหมายสำหรับการต่อสายให้เห็นชัดเจนในแผนวงจรไฟฟ้าถ้ามีขั้วต่อสายดิน ต้องมีสัญลักษณ์ หรืออุณหภูมิใช้งานสูงสุดที่กำหนดของผิวนอกของบัลลาสต์ (หมายเหตุ ให้ระบุตำแหน่งที่วัด ที่ตัวบัลลาสต์หรือแสดงไว้ในเอกสารแนะนำของผู้ทำ)ระดับการป้องกันฝุ่นและน้ำชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จะทะเบียนประเทศที่ทำในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้นผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานเฉพาะด้านความปลอดภัย กับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้วการชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินรุ่น ในที่นี้ หมายถึง บัลลาสต์ที่ทำขึ้นในภาวะเดียวกัน ช่วงเวลาเดียวกัน และจากโรงงานเดียวกัน หรือที่ซื้อขายหรือส่งมอบในระยะเวลาเดียวกันการชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัว หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นเทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้การชักตัวอย่างให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน 1 ตัวเกณฑ์ จึงจะถือว่าบัลลาสต์รุ่นนั้น เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเฉพาะด้านความปลอดภัย จะดำเนินการการทดสอบให้ทดสอบบัลลาสต์ตัวอย่างตามลำดับรายการที่กำหนดดังนี้

5.1.14.1.1ความคงทนของเครื่องหมาย

5.1.14.1.2ขั้วต่อสาย

5.1.14.1.3 การต่อลงดิน

5.1.14.1.4 ระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศ

5.1.14.1.5 การป้องกันการสัมผัสโดยบังเอิญกับส่วนที่มีไฟฟ้า

5.1.14.1.6 การป้องกันไฟฟ้าช็อก

5.1.14.1.7 การทนความชื้นความต้านทานของฉนวน และความทนแรงดันไฟฟ้า

5.1.14.1.8 ภาวะผิดปกติ

5.1.14.1.9 ภาวะผิดพร่อง

5.1.14.1.10 ส่วนที่มีไฟฟ้าและการต่อสาย

5.1.14.1.11 ความททนความร้อนและไฟ

5.1.14.1.12 การป้องกันสนิม

5.1.15 ภาวะทดสอบคือ การกำหนดสภาพภูมิอากาศในขณะที่ทำการทดสอบโดยหากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่นให้กระทำที่อุณหภูมิโดยรอบในช่วง 20 ถึง 40 องศาเซลเซียส

5.1.15.1 เครื่องวัดทางไฟฟ้า คือ อุปกรณ์ที่ต่อร่วมในวงจรของบัลลาสต์ และ หลอดฟลูออเรสเซนต์กำหนดให้ใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ0.5

5.1.15.2 การทดสอบความคงทนของเครื่องหมาย

ให้ทดสอบโดยใช้ผ้าชุ่มน้ำถูเครื่องหมายบนบัลลาสต์ตัวอย่างเบาๆเป็นเวลา15 วินาที ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วใช้ผ้าที่ชุ่มด้วยปิโตรเลียมสปิริต เช่น เฮกเซน ถูซ้ำเป็นเวลาอีก 15 วินาทีการทดสอบการป้องกันการสัมผัสโดยบังเอิญ กับส่วนที่มีไฟฟ้าที่อาจก่อให้เกิดไฟฟ้าช็อต

5.1.15.3 ป้อนแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดและความถี่ที่กำหนดให้บัลลาสต์วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านระหว่างส่วนที่ทดสอบกับดิน โดยใช้วงจรทดสอบที่มีความต้านทานซึ่งไม่มีความเหนี่ยวนำ 2000 โอห์ม ถ้ามีกระแสไฟฟ้ามากกว่า 0.7 มิลลิแอมแปร์(ค่ายอด)หรือ2 มิลลิแอมแปร์(ไฟฟ้ากระแสตรง) แสดงว่าส่วนที่ทดสอบเป็นส่วนที่มีไฟฟ้าในกรณีความถี่ที่บัลลาสต์สร้างขึ้นเกิน 1 กิโลแฮรตซ์ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านระหว่างส่วนที่ทดสอบกับดิน ต้องไม่เกิน0.7 มิลลิแอมแปร์ คูณด้วยค่าความถี่เป็นกิโลแฮรตซ์ หรือไม่เกิน 70 มิลลิแอมแปร์ (ค่ายอด) แล้วแต่ค่าใดจะน้อยกว่า ให้ใช้ค่านั้นเป็นค่าจำกัด

5.1.15.4 วัดแรงดันไฟฟ้าระหว่างส่วนที่ทดสอบกับส่วนที่แตะถึงได้โดยใช้วงจรทดสอบที่มีความต้านทาน ซึ่งไม่มีความเหนี่ยวนำ50,000โอห์มถ้าค่าของแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า34โวลต์ (ค่ายอด) แสดงว่าส่วนที่ทดสอบนั้นเป็นส่วนที่มีไฟฟ้า

5.1.16 การทดสอบภาวะผิดปกติ ให้ทดสอบทีละภาวะ ทุก1 ชั่วโมง ในการทดสอบให้ติดตั้งใช้งานตามที่ผู้ทำระบุ

5.1.16.1 ไม่ได้ต่อหลอด หรือต่อหลอดไม่ครบทุกหลอด

5.1.16.2 ไส้หลอดข้างใดข้างหนึ่งขาด

5.1.16.3 หลอดไม่ติดสว่างถึงแม้ว่าวงจรไส้หลอดเป็นปกติ แต่ไส้หลอดเสื่อมคุณภาพ

5.1.16.4 หลอดติดสว่างแต่ไส้หลอดข้างใดข้างหนึ่งขาดหรือเสื่อมคุณภาพ

5.1.16.5 เกิดการลัดวงจรที่สตาร์ตเตอร์ (ถ้ามี)

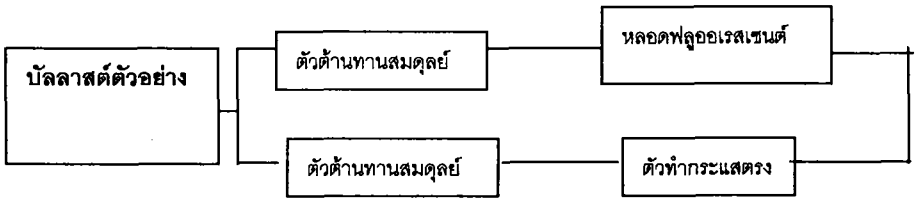
5.1.16.6 ในกรณีของการทดสอบกับหลอดที่เสื่อมคุณภาพ ให้ใช้ตัวต้านทานต่อแทนไส้หลอดแต่ละไส้ ค่าความต้านทาน (R) หาได้ จากกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดแล้วแทนค่าลงในสูตร

$$R = \frac{11.0}{2.1\ In}$$

(เมื่อ In คือ กระแสไฟฟ้าผ่านหลอดที่ระบุ)

หมายเหตุ ส่วนหลอดที่ไม่เป็นไปตามนี้ ให้ใช้กระแสไฟฟ้าผ่านหลอดที่ระบุตามที่ผู้ทำ กำหนด

5.1.16.7 ในการทดสอบปรากฏการณ์การเกิดกระแสตรง ให้ใช้วงจรดังตัวอย่างในภาพประกอบ33 ต่อหลอดเข้ากับจุดกึ่งกลางของตัวต้านทานสมมูลที่เหมาะสม เลือกใช้ขั้วของตัวทำกระแสตรงที่ทำให้เกิดภาวะไม่พึงประสงค์ที่สุด ถ้าจำเป็นให้จุดหลอดด้วยอุปกรณ์จุดหลอดที่เหมาะสม



ภาพประกอบ 29 ตัวอย่างวงจรทดสอบของปรากฏการณ์การเกิดกระแสตรง

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2532:24)

5.1.17 คุณลักษณะของตัวทำกระแสตรงต้องเป็นดังนี้

5.1.17.1 แรงดันไฟฟ้าผกผันสูงสุด (peak inverse voltage) ไม่น้อยกว่า 3,000 โวลต์

5.1.17.2 กระแสไฟฟ้ารั่วผันกลับ (reverse leakage current) ไม่เกิน 10 ไมโครแอมแปร์

5.1.17.3 กระแสไฟฟ้าไปหน้า(forward current)ไม่น้อยกว่า3เท่าของกระแสไฟฟ้าผ่านหลอด

5.1.17.4 เวลาแปรเปลี่ยน (transition time) ไม่เกิน 500นาโนวินาที

5.1.17.5 ภาวะผิดพร่อง

5.1.18 ข้อกำหนดทั่วไป

5.1.18.1 การทดสอบในภาวะผิดพร่อง ให้ทำทีละภาวะดังแสดงในข้อ(5.18.1) ถึงข้อ (5.18. 4)

5.1.18.1.1 ลัดวงจรคร่อมระยะห่างตามผิวฉนวน และระยะห่างในอากาศ ที่มีค่าน้อยกว่าที่กำหนดในตาราง6 หมายเหตุระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศระหว่างส่วนที่มีไฟฟ้ากับส่วนโลหะที่แตะถึง ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าที่กำหนดในตาราง4

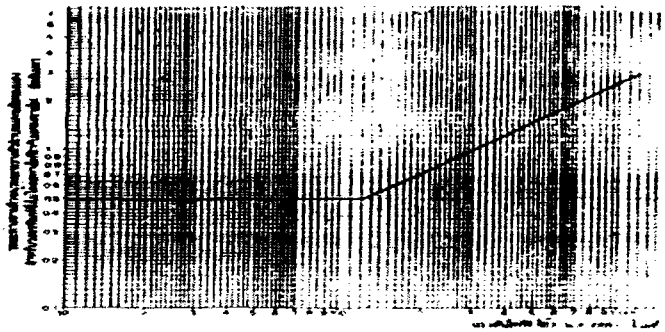
ในกรณีแผ่นอัดทองแดงสำหรับวงจรพิมพ์ ที่มีการป้องกันหลังงานเสิร์จ (surge energy) จากแหล่งจ่ายไฟฟ้า เช่น โดยใช้โช้กหรือตัวเก็บประจุ มีความต้านแรงดึงออก (pull-off strength) ไม่น้อยกว่า 50 นิวตัน และความต้านแรงลอก (peel strength) ไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในตาราง4 ระยะห่างตามผิวฉนวนบนแผ่นอัดทองแดงสำหรับวงจรพิมพ์นี้ ยอมให้ต่ำกว่าค่าที่กำหนดในตาราง8 ได้ตามสูตร logd 0.78 log V / 300 เมื่อ d คือ ระยะห่างเป็นมิลลิเมตร และ V คือ แรงดันไฟฟ้าใช้งาน (ค่ายอด) เป็นโวลต์ถ้าค่าที่คำนวณได้น้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร ให้ใช้ 0.5 มิลลิเมตรแทนหมายเหตุในการคำนวณระยะห่างตามผิวฉนวนระหว่างตัวนำบน

แผ่นอัดทองแดงสำหรับวงจรพิมพ์ดังกล่าว สำหรับวงจรพิมพ์ดังกล่าว ไม่ต้องคำนึงถึงการเคลือบ ด้วยแลกเกอร์ หรือวัสดุที่คล้ายกันการทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นอัดทองแดงสำหรับวงจรพิมพ์:กระดาษเซลลูโลส ฟินอลิกเรซิน

ตาราง 4 ความต้านแรงลอกของแผ่นอัดทองแดงสำหรับวงจรพิมพ์

การทดสอบ	ความต้านแรงลอกนิวตัน ต่อความกว้าง1 มิลลิเมตร	
	ชั้นคุณภาพ 1	ชั้นคุณภาพ 2
ภายหลังการช็อกด้วยความร้อน 10 วินาที	1	1
ภายหลังภาวะร้อนแห้ง ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส	1	1
ภายหลังการอบไอตัวทำละลาย (ไตรคลอโรเอทิลีน)	1	1
ภายหลังการนำไปไว้ในภาวะเสมือนการชุบเคลือบ	0.6	-

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2532:37)



ภาพประกอบ 30 ระยะห่างตามผิวฉนวนระหว่างตัวนำบนแผ่นอัดทองแดงสำหรับวงจรพิมพ์

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2532:28)

5.1.18.1.2 ลัดวงจรคร่อมอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ถ้าเป็นไปได้ให้ปลดอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำออกจากวงจร การลัดวงจรหรือปลดอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ให้ทำเพียงหน่วยเดียวในขณะใดขณะหนึ่ง

5.1.18.1.3 ลัดวงจรคร่อมฉนวนที่เป็นแลกเกอร์ อินาเมลหรือสิ่งห่อ ในการคำนวณระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศ ตามที่กำหนดในตาราง 2 ไม่ต้องคำนึงถึงความหนาของแลกเกอร์ อินาเมล สามารถทนแรงดันไฟฟ้าทดสอบตามชั้นของลวดที่เคลือบแล้วตามที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดทองแดงกลมตันเคลือบน้ำยาโพลิไวนิลฟอร์มัล มาตรฐานเลขที่ มอก.82 ให้ถือว่าสารเคลือบนั้น มีผลเท่ากับระยะห่างตามผิวฉนวนและระยะห่างในอากาศ1มิลลิเมตร การลัดวงจรนี้ไม่ใช้กับการลัดวงจรระหว่างรอบของขดลวดปลอกหุ้มหรือท่อฉนวน

5.1.18.1.4 ลัดวงจรคร่อมตัวเก็บประจุอิเล็กโทรลิติก

5.1.18.1.5บัลลาสต์ที่ปิดหุ้มอย่างสนิท จนไม่มีระยะห่างในอากาศไม่ต้องเปิดตรวจสอบ และไม่ต้องทดสอบภาวะผิดพร่องภายใน แต่ในกรณีที่สงสัย ให้ตรวจสอบแผนภาพวงจรซึ่งอาจให้ลัดวงจรขั้วต่อ สายด้านกำลังไฟฟ้าออกหรือให้ผู้ทำจัดทำบัลลาสต์เพื่อทดสอบต่างหาก

5.1.18.1.6ในกรณีที่ผู้ทำระบุว่าไม่ให้ลัดวงจรหรือปลดส่วนประกอบส่วนใดส่วนหนึ่งจากวงจรก็ไม่ต้องทำการทดสอบโดยลัดวงจรหรือปลดวงจร ทั้งนี้ผู้ทำจะต้องแสดงว่าส่วนประกอบต่างๆทำงานได้ตามที่ระบุไว้ โดยแสดงว่าปืนไปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

5.1.19 วิธีทดสอบ

ต่อหลอดเข้ากับบัลลาสต์ตัวอย่างและให้ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดและที่อุณหภูมิใช้งานสูงสุดที่กำหนดของผิวนอกของบัลลาสต์ (tc) โดยทดสอบในกล่องทดสอบตาม IEC 82 แล้วทำให้เกิดภาวะผิดพร่องเวียนทีละครั้ง โดยทดสอบต่อเนื่องจนกระทั่งอยู่ในภาวะเสถียร แล้ววัดอุณหภูมิของผิวนอกของบัลลาสต์ ในระหว่างทดสอบ ส่วนประกอบต่างๆ เช่น ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ฟิวส์ และอื่นๆ อาจเสียหาย ให้เปลี่ยนส่วนประกอบนั้นและทดสอบต่อไปในการตรวจสอบว่าก๊าซที่ได้เกิดจากส่วนต่างๆ จะติดไฟได้หรือไม่ ให้ทดสอบโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความถี่สูง ในการตรวจสอบว่าส่วนที่แตะถึงมีไฟฟ้าหรือไม่

5.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(มอก. 1506-2541)

มอก.1506-2541 หมายถึง มาตรฐานอุตสาหกรรมที่ใช้ในการควบคุมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

5.2.1ขอบข่าย

5.2.1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดประเภท คุณลักษณะที่ต้องการเครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดลองบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า "บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์"

5.2.1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุม เฉพาะบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับ ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่ 50 หรือ 60 เฮิรตซ์ แรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 1,000 โวลต์ และใช้ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีลักษณะสมบัติตามที่กำหนดใน มอก.236 ข้อกำหนดต่างๆ ที่เกี่ยวกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีจุดประสงค์เพื่อแสดงสมรรถนะที่ต้องการ โดยไม่รวมถึงการติดตั้งใช้งาน ซึ่งต้องเป็นไปตามความต้องการทางเทคนิคของงานแต่ละประเภท

5.2.1.3การทดสอบตามมาตรฐานนี้คือการทดสอบเฉพาะแบบตามข้อกำหนด

5.2.2 บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

5.2.2.1 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(electronic ballast)หมายถึงอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยตัวแปลงผันอิเล็กทรอนิกส์กับอุปกรณ์ทำให้เสถียรเพื่อจุดหลอดฟลูออเรสเซนซ์หลอดเดียวหรือหลายหลอดซึ่งปกติทำงาน ที่ความถี่สูง

5.2.2.2 อุปกรณ์ช่วยจุดหลอด (starting aid) หมายถึง เส้นตัวนำติดที่ด้านนอกของหลอดหรือแผ่นตัวนำที่วางอยู่ข้างๆ หลอดในระยะที่เหมาะสมค่าหนึ่งอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดนี้จะทำงานก็ต่อเมื่อมีความต่างศักย์กับหลายหลอดข้างหนึ่งอย่างเพียงพอ

5.2.2.3 ตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์ (ballast lumen factor) หมายถึง อัตราส่วนของแสงสว่างจากหลอด เมื่อให้บัลลาสต์ที่ทดสอบทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด กับแสงสว่างที่ได้จากหลอดเดียวกัน เมื่อต่อกับบัลลาสต์อ้างอิงที่เหมาะสมซึ่งได้รับการป้อนพลังงานที่แรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่กำหนด

5.2.2.4 บัลลาสต์อ้างอิง (reference ballast) หมายถึง บัลลาสต์พิเศษที่ออกแบบมาเพื่อจุดประสงค์ให้มีมาตรฐานเปรียบเทียบสำหรับการทดสอบบัลลาสต์และเพื่อเลือกหลอดอ้างอิงบัลลาสต์อ้างอิงจะต้องมีลักษณะสมบัติจนเป็นที่ประจักษ์ว่าที่ความถี่ที่กำหนดบัลลาสต์มีอัตราส่วนแรงดันต่อกระแสคงที่โดยจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อถูกรบกวนโดยการเปลี่ยนแปลงของกระแส อุณหภูมิ และสนามแม่เหล็กโดยรอบ

5.2.2.5 หลอดอ้างอิง (reference lamp) หมายถึง หลอดซึ่งเลือกมาเพื่อการทดสอบบัลลาสต์โดยเมื่อต่อกับบัลลาสต์อ้างอิงตามภาวะที่กำหนด จะมีลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าใกล้เคียงกับค่าที่ระบุในมาตรฐานของหลอดแต่ละชนิด

5.2.2.6 กระแสสอบเทียบของบัลลาสต์อ้างอิง (calibration current of a reference ballast) หมายถึง ค่าของกระแสซึ่งเป็นพื้นฐานของการสอบเทียบและการควบคุมของบัลลาสต์

5.2.2.7 กำลังวงจรทั้งหมด (total circuit power) หมายถึง ค่ากำลังทั้งหมดที่ถูกใช้งานโดยบัลลาสต์และหลอดรวมกันที่แรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่กำหนดของบัลลาสต์

5.2.2.8 ตัวประกอบกำลังวงจร (circuit power factor, λ) หมายถึง ตัวประกอบกำลังของการต่อรวมระหว่างบัลลาสต์และหลอด

5.2.2.9บัลลาสต์ตัวประกอบกำลังสูง (high power factor ballast) หมายถึง บัลลาสต์ที่มีตัวประกอบกำลังของวงจรอย่างน้อย 0.85 หมายเหตุ ค่าตัวประกอบกำลัง คิดรวมผลของความเพี้ยนของรูปคลื่น

5.2.2.10 บัลลาสต์อิมพีแดนซ์ความถี่เสียงสูง (high audio-frequency impedance ballast) หมายถึง บัลลาสต์ที่มีค่าอิมพีแดนซ์ในพิสัยความถี่ 250 เฮิรตซ์ ถึง 2,000 เฮิรตซ์

5.2.2.11 บัลลาสต์ความเพี้ยนต่ำ (low-distortion type ballast) หมายถึง บัลลาสต์ที่มีส่วนประกอบฮาร์มอนิกน้อยกว่าที่กำหนดในข้อ 5.2.6

5.2.2.12 การจุดแบบเผาไส้ก่อน (preheat starting) หมายถึง ชนิดของวงจรซึ่งไส้หลอดจะถูกทำให้ร้อนจนถึงอุณหภูมิปล่อยอิเล็กตรอนก่อนที่หลอดจะติดสว่าง

5.2.2.13 การจัดแบบไม่เผาไส้ก่อน (non- preheat starting) หมายถึง ชนิดของวงจรซึ่งใช้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดสูงเพื่อสร้างสนามการปล่อยอิเล็กตรอนจากไส้หลอด

5.2.2.14 เวลาก่อนจุด (pre-start time) หมายถึง คาบหลังจากเปิดสวิตช์ป้อนแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายซึ่งกระแสหลอดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 มิลลิแอมแปร์

5.2.3 ประเภท

5.2.3.1 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

5.2.3.1.1 ประเภทธรรมดา

5.2.3.1.2 ประเภทตัวประกอบกำลังของวงจรน้อยกว่า 0.95 กระแสนำหน้า (leading) (มีสัญลักษณ์ C ตามหลังค่าตัวประกอบกำลัง)

5.2.3.1.3 ประเภทผ่านเกณฑ์อิมพีแดนซ์ความถี่เสียง (มีสัญลักษณ์ Z)

5.2.3.1.4. คุณลักษณะที่ต้องการ(ผู้ทำระบุ)

5.2.4 ข้อกำหนดทั่วไป

บัลลาสต์ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานนี้ เมื่อใช้กับหลอดตาม มอก.236 และ มอก.956 หรือหลอดอื่นๆ ที่ใช้งานในพิสัยความถี่สูงต้องสามารถจุดหลอดได้ผลเป็นที่น่าพอใจที่อุณหภูมิโดยรอบตั้งแต่ 10 ถึง 35 องศาเซลเซียสและใช้งานได้ผลเป็นที่น่าพอใจที่อุณหภูมิ 10 ถึง 50 องศาเซลเซียสเมื่อแรงดันไฟฟ้าอยู่ในระหว่างร้อยละ 92 กับ 106 ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด หมายเหตุ คุณลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าที่แสดงไว้ในตารางข้อมูลของหลอดใน มอก.236 และ IEC 901 ซึ่งให้ทำงานกับบัลลาสต์อ้างอิงที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดที่ความถี่ 50 หรือ 60เฮิรตซ์อาจเบี่ยงเบนไปเมื่อให้ทำงานกับบัลลาสต์ความถี่สูง

5.2.4.1 ภาวะการจุดหลอด

บัลลาสต์ต้องจุดหลอดได้โดยไม่ส่งผลกระทบในทางเสียหายต่อสมรรถนะของหลอดเมื่อใช้งานตรงตามวัตถุประสงค์คำอธิบายเรื่องภาวะการจุดหลอด การทดสอบให้เป็นไปตามข้อ5.2.7.1ถึงข้อ5.2.7.2 ตามความเหมาะสมโดยให้บัลลาสต์ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าอยู่ในระหว่างร้อยละ92กับ106 ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

5.2.4.2 ภาวะการใช้งาน (operating condition)

5.2.4.2.1 ที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด ตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าที่ผู้ทำแจ้งไว้ ถ้าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์ที่แจ้งไว้มีค่าต่ำกว่า 0.9 จะต้องให้หลักฐานที่แสดงว่าสมรรถนะของหลอดที่ใช้กับบัลลาสต์ดังกล่าวไม่ได้เสื่อมถอยลงที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด ค่ากำลังวงจรทั้งหมดจะต้องไม่เกินร้อยละ 110 ของค่าที่ผู้ทำแจ้งไว้เมื่อให้บัลลาสต์ทำงานร่วมกับหลอดอ้างอิง

5.2.4.2.2 กรณีที่มีการหรี่แสง

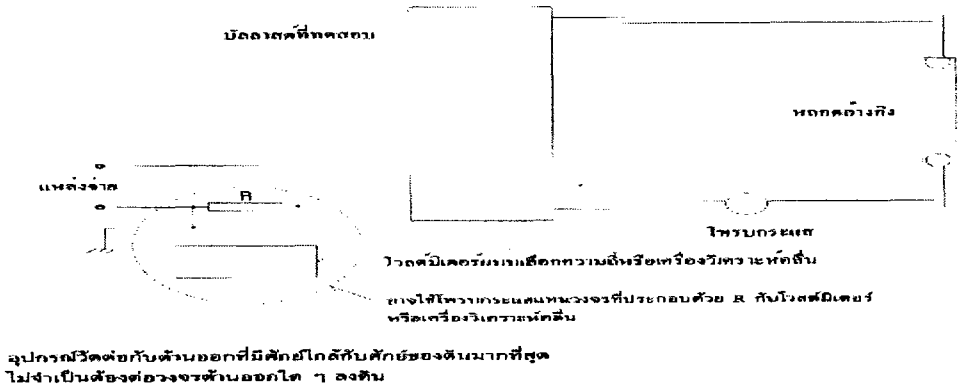
5.2.4.2.2.1 การเผาไส้หลอด

เมื่อให้หลอดทำงานที่ระดับลูเมนต่ำกว่าจุดที่เหมาะสมซึ่งออกแบบไว้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องให้กระแสเผาไส้หลอดอย่างต่อเนื่องเพื่อไม่ให่อายุหลอดสั้นลง

5.2.4.2.2.2 การควบคุมกำลังไฟฟ้าของหลอด

ปัจจุบันมีตัวเชื่อมต่อที่ไม่ได้มาตรฐานอื่นๆ ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาการสับเปลี่ยนทดแทนกันไม่ได้ สิ่งเหล่านี้ต้องมีการทดสอบตามข้อกำหนดคุณลักษณะของผู้ทำแบบของตัวเชื่อมต่อต้องได้รับการทำเครื่องหมายไว้บนบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

5.2.4.2.2.3 ถ้าไม่ระบุไว้เป็นอย่างอื่นในตารางข้อมูลของหลอด บัลลาสต์ต้องจำกัดกระแสที่ส่งให้หลอดอ้างอิงไว้ที่ค่าซึ่งไม่เกินร้อยละ 115 ของกระแสที่ส่งให้หลอดเดียวกันเมื่อใช้กับบัลลาสต์อ้างอิงการวัดให้ทำโดยต่อวงจรดังภาพประกอบ31



ภาพประกอบ 31 การวัดรูปคลื่นกระแส

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:4)

5.2.4.2.2.4 ตัวประกอบกำลังของวงจร

ตัวประกอบกำลังของวงจรที่วัดได้ต้องไม่ต่างเกิน ± 0.5 จากค่าที่แสดงไว้บนตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์กำลังทำงานร่วมกับหลอดอ้างอิงตั้งแต่ 1 หลอดขึ้นไป ที่แรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่กำหนดดสำหรับบัลลาสต์หรี่แสงได้ให้วัดตัวประกอบกำลังที่กำลังไฟ้าเต็มที่การทดสอบให้ปฏิบัติโดยการวัดด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม

5.2.4.2.2.5 กระแสแหล่งจ่าย (supply current)

ที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด กระแสจากแหล่งจ่ายจะต้องไม่แตกต่างเกิน ± ร้อยละ 10 จากค่าที่แสดงไว้ที่ตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรือที่ระบุในเอกสารของผู้ผลิต เมื่อบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นี้ต่ออยู่กับหลอดอ้างอิง สำหรับบัลลาสต์หรี่แสงได้กระแสไฟฟ้าป้อนต้องไม่เกินค่าที่ทำเครื่องหมายไว้บนบัลลาสต์ไปมากกว่าร้อยละ 10 ในตำแหน่งหรี่ใดๆ การทดสอบให้ปฏิบัติโดยการวัดด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม

5.2.4.2.2.6 กระแสไฟฟ้าสูงสุดในสายนำที่ต่อกับไส้หลอด

ในการใช้งานตามปกติในพิสัยแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายระหว่างร้อยละ 92 กับ 106 ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแต่ละขั้วของไส้หลอดจะต้องไม่เกินค่าที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องการทดสอบให้ปฏิบัติโดยวัดด้วยออสซิลโลสโคปหรือเครื่องมืออื่นที่เหมาะสม โดยบัลลาสต์จะถูกต่อไว้กับหลอดอ้างอิง และให้วัดที่สายทุกเส้นที่ต่อไปยังขั้วหลอด

5.2.5 รูปคลื่นกระแสไฟฟ้า

5.2.5.1 รูปคลื่นกระแสไฟฟ้า

ฮาร์มอนิกของกระแสไฟฟ้าด้านเข้าสำหรับดวงโคมต้องไม่เกินค่าสูงสุดตามตารางที่5การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 5.5 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดโดยต่อกับหลอดอ้างอิงหลังจากหลอดเข้าสู่ภาวะเสถียรแล้ว ฮาร์มอนิกในรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้าแหล่งจ่ายจะต้องไม่เกินค่าสูงตามตาราง5

ตาราง 5 ฮาร์มอนิกของกระแสไฟฟ้าด้านเข้า

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

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:6)

5.2.5.2 รูปคลื่นกระแสไฟฟ้าทำงานของหลอด (lamp operating current waveform) การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ5.2.7.5บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดโดยต่อกับหลอดอ้างอิงหลังจากหลอดเข้าสู่ภาวะเสถียรแล้ว รูปคลื่นของกระแสไฟฟ้าของหลอดจะต้องเป็นไปตามภาวะต่อไปนี้

5.2.5.3 ในทุก ๆครึ่งรอบคลื่นของแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายคลื่นขอบ(enveloping wave) ของกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดจะต้องไม่ต่างจากเดิมเกินร้อยละ4ที่เวลาเดียวกันหลังจากที่แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายประธาน (หมายเหตุ:จุดประสงค์ของข้อกำหนดนี้ก็เพื่อหลีกเลี่ยงความไม่แน่นอนของสัณฐานคลื่นของคลื่นขอบที่เปลี่ยนจากครึ่งรอบคลื่นหนึ่งไปยังอีกครึ่งรอบคลื่นหนึ่ง)

5.2.5.4 ค่าอัตราส่วนสูงสุดของค่ายอดต่อค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยจะต้องไม่เกิน1.7เท่าของค่าตัวประกอบยอดคลื่น (crest factor) ของความถี่สูงแต่ละความถี่ในกรณีที่คลื่นความถี่สูงถูกมอดุเลตที่ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานค่าตัวประกอบยอดคลื่นของคลื่นของกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดจะต้องไม่เกิน 1.7(หมายเหตุ:ค่าตัวประกอบยอดคลื่นของกระแสไฟฟ้าความถี่สูงจะเท่ากับค่ายอดของคลื่นขอบของกระแสไฟฟ้าที่ถูกมอดุเลตหรือไม่ถูกมอดุเลต หารด้วยกระแสไฟฟ้าค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยประสิทธิผล)

5.2.6 การกันแม่เหล็ก (magnetic screening)

บัลลาสต์ต้องได้รับการกันให้พ้นจากอิทธิพลของสนามแม่เหล็กของวัสดุเฟร์โรแมกเนติก (ferromagnetic) ที่อยู่ใกล้กันอย่างมีประสิทธิผล การทดสอบให้ปฏิบัติดังต่อไปนี้

5.2.6.1ให้บัลลาสต์ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดโดยมีหลอดที่เหมาะสมต่ออยู่หลังจากเข้าสู่ภาวะเสถียรแล้ว ให้วางบัลลาสต์บนแผ่นเหล็กหนา1มิลลิเมตร แผ่นเหล็กต้องมีขนาดพื้นที่ใหญ่พอที่จะรองรับบัลลาสต์ได้ทั้งตัวจากนั้นให้วางแผ่นเหล็กห่างจากด้านที่เหลือของตัวบัลลาสต์แต่ละด้าน1มิลลิเมตรสลับกันไป ในระหว่างที่ทำการทดสอบกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงโดยอิทธิพลของแผ่นเหล็กเกินร้อยละ 2

5.2.7 อิมพีแดนซ์ที่มีความถี่เสียง

บัลลาสต์ที่มีสัญลักษณ์ Z สำหรับความถี่ของสัญญาณทุก ๆ ค่าระหว่าง 400 ถึง 2000 เฮิรตซ์ อิมพีแดนซ์ของบัลลาสต์เมื่อทำงานร่วมกับหลอดอ้างอิงและป้อนด้วยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดและความถี่ที่กำหนดต้องมีลักษณะสมบัติเชิงเหนี่ยวนำ อิมพีแดนซ์ในหน่วยโอมห์อย่างน้อยที่สุดต้องเท่ากับค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่จะใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากับหลอดกับบัลลาสต์รวมกันที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดและความถี่ที่กำหนดอิมพีแดนซ์ของบัลลาสต์จะถูกวัดด้วยแรงดันของสัญญาณเท่ากับร้อยละ 3.5 ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของแหล่งจ่าย สำหรับบัลลาสต์ที่ความถี่ระหว่าง 250 ถึง 400 เฮิรตซ์ อิมพีแดนซ์ของบัลลาสต์จะต้องมีค่าอย่างน้อยที่สุดเท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าต่ำสุดที่ต้องการระหว่างความถี่ 400 ถึง 2000 เฮิรตซ์ หมายเหตุ สำหรับการทดสอบนี้วงจรระงับการแทรกสอดของคลื่นวิทยุที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุขนาดต่ำกว่า 0.2 ไมโครฟารัด (ค่าทั้งหมด) ซึ่งอาจถึงต่อรวมกันไว้ในบัลลาสต์ อาจจะถูกปลดออกก็ได้

5.2.8 แรงดันไฟฟ้าเกินชั่วครู่ของแหล่งจ่ายประธาน

แรงดันไฟฟ้าชั่วครู่ของแหล่งประธานซึ่งไม่ว่าจะมีสภาพขั้วเช่นใด มีเฟสแบบสุ่มและถูกซ้อนทับอยู่บนแรงดันไฟฟ้าประธาน จะต้องไม่รบกวนการทำงานที่มุ่งหมายของบริภัณฑ์หรือสร้างความเสียหายใด ๆ ทั้งสิ้น อิทธิพลโดยตรงของฟ้าผ่าที่มีต่อแหล่งจ่ายประธานไม่รวมอยู่ในข้อกำหนดนี้

5.2.9 การทำงานในภาวะผิดปกติ

5.2.9.1 การถอดหลอดออก

หลอดจะต้องจุดติดและทำงานได้เป็นปกติ อย่างน้อยที่สุดหลังจากจ่ายไฟให้อีกครั้ง

5.2.9.2 หลอดจุดไม่ติด

หลอดจะต้องจุดติดและทำงานได้เป็นปกติ อย่างน้อยที่สุดหลังจากจ่ายไฟให้อีกครั้ง

5.2.10 ความทนทาน (endurance)

เมื่อทดสอบตามข้อ 5.2.7 บัลลาสต์ต้องสามารถจุดหลอดที่เหมาะสมและทำให้หลอดติดสว่างได้อย่างถูกต้องเป็นเวลา 15 นาที

5.2.11 สัญญาณรบกวนความถี่วิทยุ

5.2.11.1 สัญญาณรบกวนที่นำมาตามสาย

5.2.11.2 สัญญาณรบกวนที่ขั้วต่อสายประธาน

ขีดจำกัดแรงดันรบกวนที่ขั้วต่อสายประธานในช่วงความถี่9กิโลเฮิรตซ์ถึง30 เมกะเฮิรตซ์การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 5.2.7

ตาราง 6 ขีดจำกัดแรงดันรบกวนที่ขั้วต่อสายประธาน

พิสัยความถี่	ขีดจำกัด dB (μV)[1]	
	ค่ายอดเสมือน	ค่าเฉลี่ย
9 กิโลเฮิรตซ์ ถึง 50 กิโลเฮิรตซ์ [2]	110	-
50 กิโลเฮิรตซ์ ถึง 150 กิโลเฮิรตซ์ [2]	90 ถึง 80[3]	-
150 กิโลเฮิรตซ์ ถึง 0.5 เมกะเฮิรตซ์	66 ถึง 56[3]	56 ถึง 46[3]
0.5 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 5 เมกะเฮิรตซ์	56	46
5 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 30 เมกะเฮิรตซ์	60	50

หมายเหตุ 1) ที่มีความถี่ตรงรอยต่อพิสัย ให้ใช้ค่าที่ขีดจำกัดล่าง

2) ขีดจำกัดในพิสัยความถี่ 9 ถึง 150 กิโลเฮิรตซ์ ถือว่าเป็น "ขีดจำกัดยอมให้ใช้ไปก่อน" ซึ่งอาจปรับปรุงแก้ไขหลังจากได้ทดลองใช้ค่าเหล่านี้หลายปีแล้ว

3) ขีดจำกัดลดลงเป็นเชิงเส้นตามลอกการิทึมของความถี่ในพิสัย 50 ถึง 150 กิโลเฮิรตซ์ และ 150 กิโลเฮิรตซ์ ถึง 0.5 เมกะเฮิรตซ์

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:8)

5.2.11.2 สัญญาณรบกวนที่ขั้วต่อด้านออกและขั้วต่อควบคุม

ขีดจำกัดแรงดันรบกวนที่ขั้วต่อด้านออกและขั้วต่อควบคุมในช่วงความถี่ 0.15 ถึง 30 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งให้เป็นไปตามตารางที่ 3การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 5.2.7

ตาราง 7 ขีดจำกัดแรงดันรบกวนที่ขั้วต่อด้านออกและขั้วต่อควบคุม

พิสัยความถี่ เมกะเฮิรตซ์	ขีดจำกัดdB (μV)*	
	ค่ายอดเสมือน	ค่าเฉลี่ย
0.15 ถึง 0.50	80	70
0.50 ถึง 30	74	64

หมายเหตุ * ที่ความถี่ตรงรอยต่อพิสัย ให้ใช้ค่าที่ขีดจำกัดล่าง

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:9)

5.2.11.3สัญญาณรบกวนที่แผ่กระจายเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขีดจำกัดค่ายอดเสมือนของสัญญาณรบกวนที่แผ่กระจายเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วง ความถี่ 9 กิโลเฮิรตซ์ ถึง 30 เมกะเฮิรตซ์ ให้เป็นไปตามตาราง8 การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 5.2.7

ตาราง 8 ขีดจำกัดสัญญาณรบกวนที่แผ่กระจายเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

พิสัยความถี่	ขีดจำกัด dB(A)[1]		
	เส้นผ่านศูนย์กลางของสายอากาศบ่วง[2]		
	2 เมตร	3 เมตร	4 เมตร
9 กิโลเฮิรตซ์ ถึง 70 กิโลเฮิรตซ์	88	81	75
70 กิโลเฮิรตซ์ ถึง 150 กิโลเฮิรตซ์	88 ถึง 58[3]	81 ถึง 51[3]	75 ถึง 45[3]
150 กิโลเฮิรตซ์ ถึง 2.2 เมกะเฮิรตซ์	58 ถึง 26[3]	51 ถึง 22[3]	45 ถึง 16[3]
2.2 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 3.0 เมกะเฮิรตซ์	58	51	45
3.0 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 30 เมกะเฮิรตซ์	22	15 ถึง 16[4]	9 ถึง 12[4]

หมายเหตุ 1) ที่ความถี่ตรงรอยต่อพิสัย ให้ใช้ค่าที่ขีดจำกัดล่าง

2) ขีดจำกัดสำหรับสายอากาศบ่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร ใช้กับตัวอย่างที่มีความยาวไม่เกิน 1.6 ขีดจำกัดสำหรับสายอากาศบ่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร ใช้กับตัวอย่างที่มีความยาวไม่เกิน 1.6 กับ 2.6 เมตรขีดจำกัดสำหรับสายอากาศบ่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เมตร ใช้กับตัวอย่างที่มีความยาวไม่เกิน 2.6 และ 3.6 เมตร

3) ลดลงเป็นเชิงเส้นตามลอการิทึมของความถี่

4) เพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นตามลอการิทึมของความถี่

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:9)

5.2.12 คุณลักษณะที่ต้องการด้านความปลอดภัยและการทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก.885

5.2.13 เครื่องหมาย และ ฉลาก ที่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ทุกตัว อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมาย แจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เป็นได้ง่าย ชัดเจน และถาวรตัวประกอบกำลังของวงจร เช่น 0.85ถ้าตัวประกอบกำลังน้อยกว่า 0.95 กระแสนำหน้าให้เติมตัวอักษร C ต่อท้ายตัวเลข เช่น 0.85 Cสัญลักษณ์ Z (เฉพาะประเภทผ่านเกณฑ์อิมพีแดนซ์ความถี่เสี่ยง) เครื่องหมายและฉลากตามข้อ 5.1 ของ มอก.885ที่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ทุกตัว หรือที่แคตาล็อกทุกชุด อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่ายและชัดเจนแบบของการจุดหลอด (เผาไส้ก่อน หรือไม่เผาไส้ก่อน) สิ่งที่แสดงว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ต้องการอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดหรือไม่ผู้ทำอาจจะแสดงข้อมูลต่อไปนี้เพิ่มเติมความถี่ด้านออกที่กำหนด ที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด เมื่อมีหลอดและไม่มีหลอดและไม่มีหลอดทำงานร่วมอยู่ด้วยขีดจำกัดของพิสัยอุณหภูมิโดยรอบ ซึ่งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สามารถทำงานได้ในพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่แจ้งไว้ตัวประกอบการส่อง

สว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ และกำลังทั้งหมดของวงจรในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

5.2.14การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

5.2.14.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทเดียวกัน ที่ทำขึ้นในภาวะเดียวกัน ช่วงเวลาเดียวกัน และจากโรงงานเดียวกัน

5.2.14.2 การชักตัวอย่าง และ เกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

5.2.14.2.1 การชักตัวอย่างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวนตามที่กำหนดไว้ในตาราง8

5.2.14.2.1.1 เกณฑ์ตัดสิน

จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ5.2ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตาราง 9จึงจะถือว่าบัลลาสต์รุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ตาราง 9 แผนการชักตัวอย่าง

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

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:11)

5.2.15 การทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

5.2.15.1 ข้อสังเกตทั่วไปในการทดสอบ

การทดสอบตามมาตรฐานนี้เป็นการทดสอบเฉพาะแบบการทดสอบจะดำเนินการเรียงตามลำดับข้อที่กำหนดในมาตรฐานนี้ นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่นตัวอย่างจะถูกทดสอบทุกรายการทดสอบโดยทั่วไปการทดสอบทั้งหมดจะทำกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละแบบหรือในกรณีที่เกี่ยวข้องกับพิสัยของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่คล้ายกันก็จะทำที่กำลังไฟฟ้าแต่ละค่าที่กำหนดในพิสัยหรือทำกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัวที่เลือกจากพิสัยตามที่ตกลงกับผู้ผลิตส่วนหลอดซึ่งไม่อยู่ในรายการมาตรฐานของ มอก. หรือ IEC ผู้ทำจะต้องจัดเตรียมข้อมูลไว้ให้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาทดสอบตามมาตรฐานนี้

5.2.16 ข้อกำหนดทั่วไปของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

5.2.16.1อุณหภูมิโดยรอบการทดสอบจะทำให้ห้องที่ปราศจากกระแสลมและมีอุณหภูมิโดยรอบอยู่ในพิสัย 20 ถึง 40 องศาเซลเซียส สำหรับการทดสอบที่ต้องการสมรรถนะของหลอดที่คงที่ อุณหภูมิโดยรอบหลอดจะต้องอยู่ในพิสัย 23 ถึง27 องศาเซลเซียส และต้องไม่เปลี่ยนแปลงเกิน 1 องศาเซลเซียส

5.2.16.2 แรงดันไฟฟ้าและความถี่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าและความถี่ทดสอบ

ถ้าไม่ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ต้องให้บัลลาสต์ที่จะทดสอบทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด และให้บัลลาสต์อ้างอิงทำงานที่แรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่กำหนดสำหรับบัลลาสต์ที่แสดงเครื่องหมายให้ใช้ในพิสัยแรงดันไฟฟ้าหรือมีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดแตกต่างจากแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดทั่วไป ให้เลือกแรงดันไฟฟ้าใด ๆ ในช่วงนั้นค่าหนึ่งขึ้นมาเป็นแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด ในการทดสอบส่วนใหญ่ แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย (ความถี่ด้วย สำหรับบัลลาสต์อ้างอิง) จะต้องอยู่ในพิสัย ± ร้อยละ 0.5 อย่างไรก็ตามระหว่างการวัดจริงค่าแรงดันไฟฟ้าจะถูกปรับได้ไม่เกิน ± ร้อยละ 0.2 ของค่าทดสอบที่ระบุไว้ ส่วนฮาร์มอนิกทั้งหมด (total harmonic content) ของแหล่งจ่ายต้องน้อยกว่าร้อยละ 3 ส่วนฮาร์มอนิกทั้งหมด หมายถึง ผลรวมของค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยของส่วนประกอบแต่ละส่วนโดยใช้ส่วนประกอบหลักมูลเป็นร้อยละ100ถ้าไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ไม่อนุญาตให้วัตถุแม่เหล็กเข้าใกล้บัลลาสต์อ้างอิงหรือบัลลาสต์ที่จะทดสอบภายในระยะ 25 มิลลิเมตร

5.2.18 การติดตั้งและการต่อหลอดอ้างอิง

เพื่อจะทำให้มั่นใจถึงความสม่ำเสมอของลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของหลอดอ้างอิง หลอดจะถูกติดตั้งตามที่ตารางข้อมูลของหลอดกำหนดไว้ ในกรณีที่ไม่มีการกำหนดวิธีการติดตั้งหลอดไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้อง หลอดจะถูกติดตั้งในแนวระดับ

5.2.19 เสถียรภาพของหลอดอ้างอิง

หลอดจะต้องทำงานอยู่ในภาวะเสถียรก่อนการวัด โดยไม่มีการควงของลำแสง (swirling) เกิดขึ้น ต้องตรวจสอบลักษณะสมบัติของหลอดทันทีทั้งก่อนและหลังชุดรายการทดสอบแต่ละชุดโดยดำเนินการตามข้อกำหนดในตารางข้อมูลของหลอด

5.2.20 บัลลาสต์อ้างอิง

บัลลาสต์อ้างอิงที่ใช้จะต้องเป็นไปตามที่แสดงไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้อง

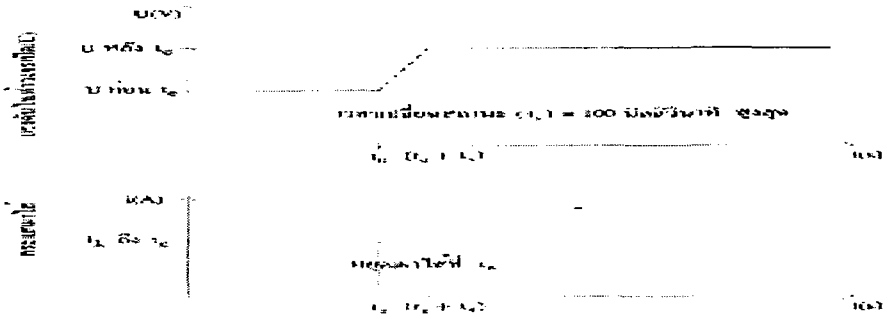
5.2.21 ลักษณะสมบัติของเครื่องมือ

วงจรแรงดันของเครื่องมือที่ต่อคร่อมหลอดจะต้องไม่ทำให้กระแสไหลผ่านเกินร้อยละ 3 ของกระแสไฟฟ้าทำงานที่ระบุเครื่องมือที่ต่ออนุกรมอยู่กับหลอดจะต้องมีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำเพียงพอที่จะไม่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเกินร้อยละ 2 ของแรงดันไฟฟ้าที่ประสงค์ของหลอดเมื่อเครื่องมือวัดถูกต่อแทรกเข้ากับวงจรเผาไส้แบบขนาน ค่าอิมพีแดนซ์ทั้งหมดของเครื่องมือจะต้องไม่เกิน 0.5 โอห์มเครื่องมือวัดจำเป็นต้องไม่เกิดค่าผิดพลาด (errors) เนื่องจากความเพี้ยนของรูปคลื่น และจะต้องเหมาะสมกับความถี่ใช้งานในการใช้เครื่องมือวัดต้องใช้ความระมัดระวังเพื่อให้เป็นที่แน่ใจว่าความจุไฟฟ้าต่อลงดิน (earth capacitance) ของเครื่องมือจะไม่รบกวนการทำงานของบัลลาสต์ในขณะทดสอบ

5.2.22 ภาวะการจุดหลอด

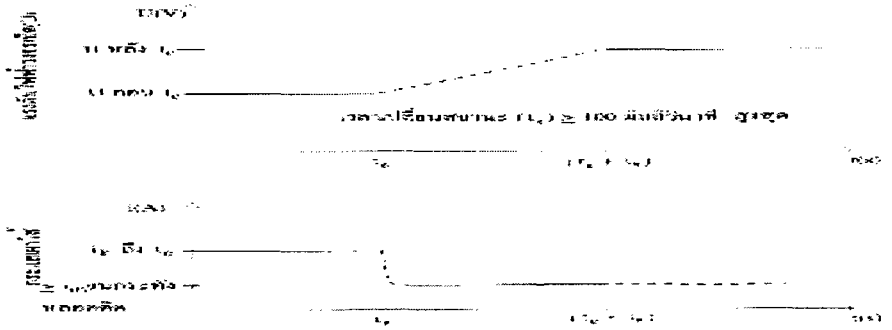
บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการจุดหลอดโดยการเผาไส้ก่อนควบคุมด้วยกระแส ให้ต่อตัวต้านทานที่ปราศจากการเหนี่ยวนำ (non - inductive)ตามค่าที่ระบุในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องแทนไส้หลอด โดย ขณะทำงานบัลลาสต์จะต้องสามารถจ่ายกระแสเผาไส้หลอดได้อย่างน้อย ตามเวลาและกระแสตามที่ระบุ

ไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องเวลาเผาไส้หลอดต่ำสุดสัมบูรณ์ต้องเป็น0.45 วินาทีเป็นอย่างน้อย นอกจากจะระบุไว้เป็นค่าอื่นในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องและกระแสเผาไส้ประสิทธิภาพผลสูงสุดและจะต้องไม่เกินขีดจำกัดที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องที่เวลาแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด(open-circuit voltage) ระหว่างคู่ของตัวต้านทานใดๆ ที่นำมาใช้แทนหลอดจะต้องไม่เกินค่าสูงสุดตามที่ระบุในตารางข้อมูลของหลอดระหว่างที่ทำการเผาไส้หลอด โดยหลังจากระยะเวลาเผาไส้หลอดผ่านไปแล้ว ค่าแรงดันนี้จะมีค่าไม่น้อยกว่าค่าต่ำสุดของแรงดันจุดหลอด (starting voltage) ตามที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอด และถ้ากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานสมมูลจะถูกตัดออกไปก่อนที่แรงดันจุดหลอดจะถึงค่าต่ำสุด ตามที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอด โดยจะใช้เวลาที่ใช้ในการเพิ่มขึ้นของแรงดันจุดหลอด จนถึงค่าต่ำสุดตามที่ระบุในตารางข้อมูล จะต้องมีค่าไม่ เกิน 0.1 วินาที ถ้าการเพิ่มขึ้นของแรงดันไฟฟ้าใช้เวลาเกิน 0.1 วินาที กระแสไหลผ่านตัวต้านทานสมมูลจะต้องไม่ตกลงต่ำกว่าค่าต่ำสุดสัมบูรณ์ ค่าตัวประกอบยอดคลื่นของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดต้องไม่เกิน 1.8 แม้แต่ค่าแรงดันยอดแคบมาก ๆ ซึ่งไม่กระทบต่อค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยก็จะต้องไม่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลาเผาไส้ก่อนน้อยที่สุด (minimum preheat period)



ภาพประกอบ 32 บัลลาสต์ที่หยุดป้อนกระแสเผาไส้ก่อน เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดเพิ่มขึ้น

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:14)



ภาพประกอบ 33 บัลลาสต์ที่มีเวลาเปลี่ยนสถานะของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดมากกว่า 100 มิลลิวินาที

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:14)

5.2.23 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการจุดหลอดโดยการเผาไส้ก่อนควบคุมด้วยแรงดัน

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดนี้จะต้องจ่ายแรงดันเผาไส้หอลด แรงดันไฟฟ้าจุดหลอดและแรงดันไฟฟ้าใช้งานของไส้หลอดที่เหมาะสมให้แก่หลอด ค่าขีดจำกัดต่าง ๆ และค่าความต้านทานที่ใช้แทนหลอดได้ระบุอยู่ในตารางข้อมูลของหลอดตาม มอก.236 มอก.956 IEC 81 และ IEC 901หลอดไม่ว่าจะมีค่าความต้านทานไส้หลอดสูงหรือต่ำก็สามารถจะทำงานได้ด้วยวิธีนี้

5.2.24บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้าเผาไส้หลอดที่มีค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยภายในขีดจำกัดที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดให้แก่ตัวต้านทานที่นำมาแทนหลอดเมื่อบัลลาสต์ได้รับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของไส้หลอด (maximum cathode voltage) อาจจะเกินค่าที่กำหนดได้หากกระแสผ่านไส้หลอดสูงสุดเป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับการเผาไส้หลอดก่อนควบคุมด้วยกระแสช่วงเวลาที่จะให้แรงดันเผาไส้หลอดจะต้องไม่น้อยกว่า 0.4 วินาที แรงดันไฟฟ้าเผาไส้หลอดหลังจาก 0.4 วินาทีและให้เป็นไปตามตารางข้อมูลของหลอด ซึ่งอาจเป็นดังนี้

5.2.24.1 ป้อนตลอดเวลาในระหว่างการทำงาน

5.2.24.2 ลดลงสู่ระดับที่ต่ำกว่า

5.2.24.3 ลดลงเป็นศูนย์

5.2.25บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องให้แรงดันไฟฟ้าจุดหลอดตามที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดดังนี้

5.2.25.1 ค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าคร่อมหลอด

5.2.25.2 ค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าที่ให้แก่อุปกรณ์ช่วยจุดหลอด(ถ้าต้องมี)คุณลักษณะที่ต้องการด้านจุดหลอดสำหรับวงจรอนุกรมแบบต่างๆ อาจได้รับการระบุไว้สำหรับการทำงานของหลอดในวงจร ขนานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องทำให้เกิดเงื่อนไขการจุดหลอดแต่ละหลอดตรงตามลักษณะของหลอดที่เกี่ยวข้องแรงดันไฟฟ้าจุดหลอดอาจถูกป้อนให้แก่หลอดพร้อมๆ กับแรงดันไฟฟ้าเผาไส้ หรืออาจจะถูกเพิ่มค่าให้สูงขึ้นจนถึงระดับที่ทำให้เกิดการจุดหลอดหลังจากเวลาผ่านไป 0.4 วินาทีแล้ว แรงดันไฟฟ้าใดๆ ที่ป้อนก่อน 0.4วินาทีต้องต่ำกว่าระดับที่จะทำให้เกิดการจุดหลอดหรือต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้สำหรับการเผาไส้ก่อนควบคุมด้วยกระแส

5.2.26 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการจุดแบบไม่เผาไส้ก่อน

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แบบนี้จะต้องออกแบบให้มีช่วงการปล่อยประจุรุ่งแสงสะสม (cumulation glow discharge period) ระหว่างการจุดไม่เกิน 100 มิลลิวินาที เมื่อวัดด้วยหลอดอ้างอิง โดยไม่มีส่วนที่เป็นโลหะต่อลงดินอยู่ใกล้กับหลอดเพื่อช่วยการจุด ช่วงเวลาการปล่อยประจุรุ่งแสงจะถือได้ว่าจบลงเมื่อกระแสผ่านหลอดมีค่าอย่างน้อยร้อยละ 80 ของกระแสที่ระบุของหลอด

5.2.27 อุปกรณ์ช่วยจุดหลอดและระยะห่าง

หลอดที่ถูกจุดด้วยบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ตามมาตรฐานนี้อาจต้องการอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดตามที่ระบุไว้ใน มอก.236 หรือ IEC 81 แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดและแรงดันไฟฟ้าที่ให้แก่อุปกรณ์ช่วยจุดหลอด (ถ้าต้องมี) ระหว่างการเผาไส้และการเริ่มจุดหลอด จะต้องอยู่ภายในขีดจำกัดที่ระบุในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องที่ใช้สำหรับการออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

5.2.28 การจุดแบบไม่เผาไส้ก่อน

จะถือว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีคุณสมบัติตรงเมื่อเป็นไปตามภาวะต่อไปนี้

5.2.28.1 แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด

การวัดสามารถทำได้ด้วยออสซิลโลสโคปโดยการแทนที่ไส้หลอดด้วยตัวต้านทานปราศจากความเหนี่ยวนำ R_c ซึ่งมีค่าตามที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอด แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องเมื่อใช้หลอด 2 หลอด ต่ออนุกรมกัน ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่ป้อนให้แก่หลอดแต่ละหลอดจะถูกวัดทีละครั้งโดยการใส่หลอดอ้างอิงในตำแหน่งของหลอดใดหลอดหนึ่งและใส่ตัวต้านทานสมมูลซึ่งมีค่าตามที่ระบุในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องแทนไส้หลอดของอีกหลอดหนึ่ง แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดจะต้องวัดระหว่างตัวต้านทานที่ใสแทนไส้หลอดและจะต้องเป็นไปตามค่าที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องสำหรับหลอดเดี่ยว(หมายเหตุ กรณีที่มีการเผาไส้หลอดระหว่างที่ทำการจุดหลอด แรงดันไฟฟ้าคร่อมหลอดอาจจะมีค่าต่ำกว่าที่ระบุไว้ก็ได้ แต่ทั้งนี้เวลาการปล่อยประจุรุ่งแสงจะต้องไม่เกิน 100 มิลลิวินาที)

5.2.28.2 การทดสอบอิมพีแดนซ์ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

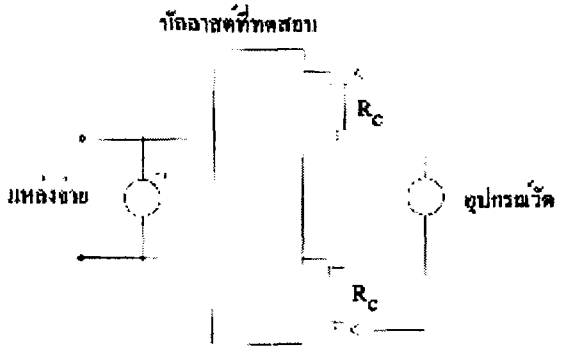
โดยการแทนหลอดด้วยตัวต้านทานที่ปราศจากความเหนี่ยวนำ R_L และแทนไส้หลอดด้วยตัวต้านทานที่ปราศจากความเหนี่ยวนำ R_c ที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอด และใช้แรงดันร้อยละ 92ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องจ่ายกระแสไม่น้อยกว่าค่าต่ำสุดที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลหลอด

5.2.28.3 กระแสไส้หลอด

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการจุดแบบไม่เผาไส้อาจให้ความร้อนแก่ไส้หลอดระหว่างกระบวนการจุดหลอด กระแสไส้หลอด (ถ้ามี) ต้องไม่เกินค่าสูงสุดที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลหลอดที่เกี่ยวข้อง การวัดจะทำโดยใช้ตัวต้านทานแทนไส้หลอด R_l (ดูรูปที่ 3 ค) ซึ่งคำนวณค่าจากสูตรต่อไปนี้

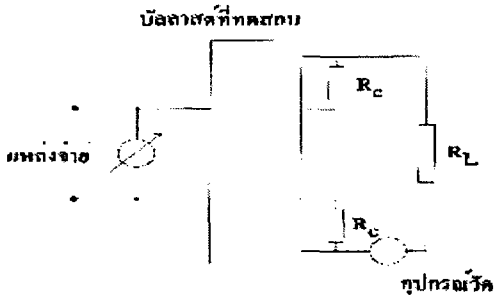
$$R_l = 11\ (2.1\ I_n)^{-1}$$

เมื่อ I_n คือ ค่าที่ระบุของกระแสทำงานของหลอด



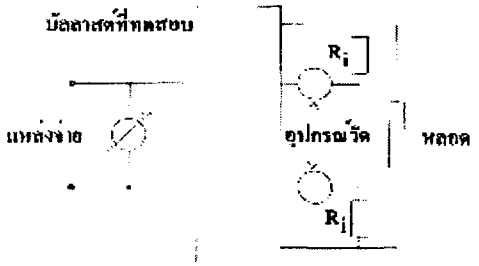
ภาพประกอบ 39 วงจรทดสอบแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:17)



ภาพประกอบ 35 วงจรทดสอบอิมพีแดนซ์ของบัลลาสต์

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:17)



ภาพประกอบ 36 วงจรทดสอบกระแสไส้หลอด

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:17)

5.2.28.4 การวัดรูปคลื่นกระแส

ส่วนประกอบฮาร์มอนิกในกระแสของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานจะต้องวัดโดยใช้โวลต์มิเตอร์แบบเลือกความถี่ (selective voltmeter) หรือเครื่องวิเคราะห์คลื่น (wave analyzer) และตัวต้านทาน R ที่นำไปต่อในวงจรจะต้องเป็นไปตามข้อ 5.2. หรือโดยใช้เครื่องมืออื่นที่ให้ผลเท่าเทียมกันโวลต์มิเตอร์แบบเลือกความถี่หรือเครื่องวิเคราะห์คลื่นควรรับประกันว่าการวัดที่กระทำกับฮาร์มอนิกใด ๆจะต้องไม่ได้รับผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญจากฮาร์มอนิกอื่น ๆความเพี้ยนของแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายซึ่งกำหนดไว้สูงสุดร้อยละ 3 จะต้องนำมาพิจารณาในการประเมินผลการทดสอบ ในกรณีที่เกิดข้อสงสัยจะต้องใช้แหล่งจ่ายที่ปราศจากความเพี้ยน

5.2.28.5 การวัดอิมพีแดนซ์ที่ความถี่เสียง

แสดงถึงบริดจ์ที่ใช้ในการหาค่าอิมพีแดนซ์ Z ที่ความถี่เสียงของชุดประกอบของหลอดกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ให้ R' และ R" แทนค่าความต้านทานของตัวต้านทาน R_1 และ R_2 ในแผนภาพวงจร ซึ่งมีค่า 5 โอห์ม และ 200000 โอห์ม ตามลำดับ (ค่าหลังไม่ใช่ค่าที่มีความสำคัญมากนัก) เมื่อปรับค่า R และ C จนถึงจุดได้ดุลสำหรับค่าความถี่เสียงที่เลือกใช้กับเครื่องวิเคราะห์คลื่น (หรือเครื่องมือแบบเลือกความถี่ที่เหมาะสมอื่นใด) โดยทั่วไปจะได้ว่า

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

ถ้าตัวต้านทาน R_1 และ R_2 มีค่าตรงตามที่ระบุมาพอดี สมการข้างต้นจะกลายเป็น

$$Z = 10^6 (1/R + j\omega C)$$

เมื่อ A คือ หม้อแปลงแหล่งจ่ายความถี่ 50 หรือ 60 เฮิรตซ์

B คือ ชุดประกอบของหลอดกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกทดสอบ

Z_1 คือ อิมพีแดนซ์ที่มีค่าสูงพอที่ความถี่ 50 หรือ 60 เฮิรตซ์ และมีค่าต่ำพอที่ความถี่ 250 ถึง 2000 เฮิรตซ์ (เช่น ค่าความต้านทาน 15 โอห์ม+ค่าความจุไฟฟ้า16ไมโครฟารัด)

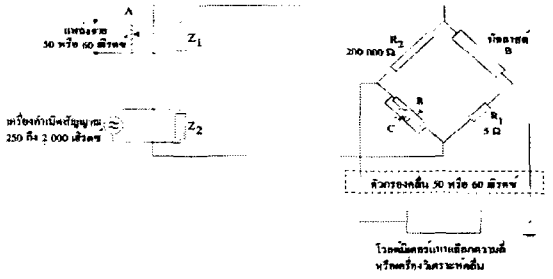
Z_2 คือ อิมพีแดนซ์ที่มีค่าต่ำพอที่ความถี่ 50 หรือ 60 เฮิรตซ์ และมีค่าสูงพอที่ความถี่ 250 ถึง 2000 เฮิรตซ์ (เช่น ค่าความเหนี่ยวนำ 20 มิลลิเฮนรี

หมายเหตุ ไม่จำเป็นต้องต่ออิมพีแดนซ์ Z_1 และ/หรือ Z_2 ถ้าแหล่งจ่ายที่ Z_1หรือ Z_2 ต่อคร่อมอยู่มี อิมพีแดนซ์ภายในต่ำสำหรับกระแสจากแหล่งจ่ายอีกแหล่งหนึ่ง

5.2.28.6 การวัดค่าต่าง ๆ ในกรณีที่จุดหลอดโดยการเผาไส้ก่อนควบคุมด้วยกระแส

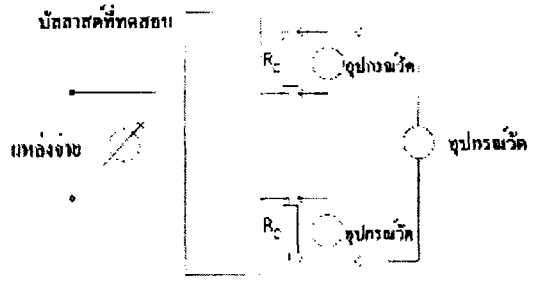
5.2.28.6.1 บริภัณฑ์ทดสอบ

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะถูกต่อดังรูปที่ 5 ค่า Rc ซึ่งใช้แทนไส้หลอดจะถูกระบุอยู่ในตารางข้อมูลของหลอดเครื่องมือวัดอาจจะเป็นออสซิลโลสโคปซึ่งมีโพรบแรงดันไฟฟ้า และ/หรือ โพรบกระแสไฟฟ้า ถ้าเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับหลอดมากกว่า 1 หลอดต่อขนานกัน ตัวต้านทานสมมูลของไส้หลอดจะต้องถูกต่อเข้ากับจุดต่อที่เกี่ยวข้องทุกจุด และการวัดจะต้องทำกับตัวต้านทานทุกตัวตามลำดับทีละคู่ของตัวต้านทานที่แทนตำแหน่งของหลอดแต่ละหลอดถ้าเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับหลอด2 หลอดต่ออนุกรมกันให้วัดโดยใช้ตัวต้านทานสมมูลแทนไส้หลอดทั้งสองของทั้งสองหลอดถ้าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยหม้อแปลงขดลวดแยกให้ต่อปลายด้านหนึ่งของขดลวดทุติยภูมิลงดินถ้าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ไม่มีหม้อแปลงขดลวดแยกให้ใส่หม้อแปลงขดลวดแยกที่ด้านเข้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดรวมจะถูกวัดคร่อมหลอดทั้งสองระหว่างการเผาไส้หลอด แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดจะต้องมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าค่าที่ระบุไว้สำหรับหลอดเดียวระหว่างจุด (ignition) แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดจะต้องมากกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดสำหรับหลอด 2 หลอดที่ต่ออนุกรมกันแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่อุปกรณ์ช่วยจุดหลอด (ถ้ามี) จะต้องมีค่าตามที่ระบุไว้(หมายเหตุ ค่าความต้านทาน 200000 โอห์ม สำหรับแขนงหนึ่งของปริดจ์เป็นค่าที่อาจคลาดเคลื่อนได้บ้าง)



ภาพประกอบ 37 การวัดอิมพีแดนซ์ที่ความถี่เสียง

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:19)



ภาพประกอบ 38 วงจรทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดจุดหลอดโดยมีการเผาไส้ก่อนควบคุมด้วยกระแส

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:20)

5.29 การวัด

กระแสเผาไส้และแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดจะวัดเทียบกับเวลาสำหรับกระแสไฟฟ้าค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยสถานะอยู่ตัว ค่าประสิทธิผลของกระแสเผาไส้จะวัดโดยการสังเกตในช่วงหนึ่งคาบของคลื่นความถี่สูงที่วัดค่าประสิทธิผลและตัวประกอบยอดคลื่นการวัดค่าประสิทธิผลโดยตรงอาจจะสามารถกระทำได้โดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับกระแสที่เปลี่ยนแปลง ค่าประสิทธิผลของกระแสเผาไส้หลอดจะถูกนิยามให้เป็นค่าที่สมมูลกับกระแสไฟฟ้าค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยสถานะอยู่ตัวที่ให้ความร้อนได้เท่ากัน (ดูรูปที่ 6) ให้คำนวณเวลาเผาไส้ก่อนปล่อยอิเล็กตรอน (time to emission) จากสูตรที่มีอยู่ในตารางข้อมูลของหลอด (ดูข้อ.5.1.1(1)) การหาค่าประสิทธิผลของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดจะทำในทำนองเดียวกันกับการหาค่าประสิทธิผลของกระแส

ตัวอย่างที่ 1 บัลลาสต์ที่เป็นไปตามข้อ 4.2.1.1 กระแสไฟฟ้าค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลง (i_p) จะไม่ตกต่ำลงกว่ากระแสไฟฟ้าค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยที่สถานะอยู่ตัว (i_k) (ที่เวลา t_e)เลย ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยของขอบของกระแส (r.m.s.envelope of current)i_p เพื่อแสดงว่า

$$\int_o^{te} i_p^{\,2}\,dt > \int_o^{te} i_k^{\,2}\,dt$$

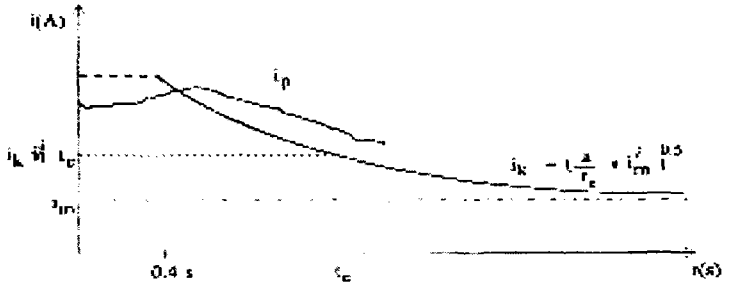
ตัวอย่างที่ 2 บัลลาสต์ไม่เป็นไปตามข้อ 4.2.1.1 กระแสไฟฟ้าค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลง (i_p) จะขึ้นถึงระดับกระแสไฟฟ้าค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยที่สถานะตัวอยู่ (i_k) (ที่เวลา t_e) ก่อนเวลา t_e เล็กน้อย ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยของขอบของกระแส i_p เพื่อแสดงว่า

$$\int_o^{te} i_p^{\,2}\,dt < \int_o^{te} i_k^{\,2}\,dt$$

ตัวอย่างที่ 3 บัลลาสต์อาจจะเป็นหรือไม่เป็นไปตามข้อ 4.2.1.1 กระแสไฟฟ้าค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลง (i_p) จะสูงกว่ากระแสไฟฟ้าค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยที่สถานะตัวอยู่ (i_k) (ที่เวลา t_e) ในบางช่วงเวลาก่อนถึง t_e เท่านั้น จึงจำเป็นต้องวัดหรือคำนวณค่าพลังงานเพื่อพิจารณาว่าอสมการต่อไปนี้เป็นจริงหรือไม่

$$\int_o^{te} i_p^{\,2}\,dt \geq \int_o^{te} i_k^{\,2}\,dt$$

ผลทางความร้อนทั้งหมดของกระแสเผาไส้ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาตั้งแต่เริ่มแรกจนถึงเวลา t_e จะต้องไม่น้อยกว่าค่าสมมูลทางความร้อนที่ได้จากกระแสไฟฟ้าค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยสถานะตัวอยู่ (i_k) (ที่เวลา t_e)เหตุการณ์ที่อาจเป็นไปได้มีแสดงไว้ในตัวอย่าง 3 ตัวอย่างข้างต้น



ภาพประกอบ 39 แสดงกระแสเผาไส้หลอด

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:21)

5.2.29 การทดสอบแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วครู่

5.2.29.1ตัวอย่างบริภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบนี้คือ Schaffiner NSG 233 สำหรับพัลส์พลังงานสูงแบบช้า (slow high energy pulse), NSG 222A สำหรับพัลส์พลังงานต่ำแบบเร็ว (fast low energy pulse), NSG 200C สำหรับแรงดันไฟฟ้า 220 ถึง 240 โวลต์ และความถี่ 50 เฮิรตซ์ หรือ NSG 200D สำหรับแรงดันไฟฟ้า 110 ถึง 120 โวลต์ และความถี่ 60 เฮิรตซ์ (ปีที่ระบุ 1983) หรือบริภัณฑ์อื่นที่ทัดเทียมกัน พัลส์จะถูกป้อนในโมดดิฟเฟอเรนเชียล (ซึ่งเป็นการป้อนระหว่างเฟสกับกราวนด์ของระบบหรือสายดินป้องกัน หรือระหว่างสายกลางกับกราวนด์ของระบบหรือสายดินป้องกัน

ตาราง 10 แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้เครื่องกำเนิดพัลส์ที่ไม่มีโหลด

แอมพลิจูด โวลต์	เวลาขึ้น ns	ความกว้างพัลส์ μs	อิมพีแดนซ์แหล่ง-จ่าย (โอห์ม)	การซ้ำพัลส์ (สูงสุด)	พลังงานที่ได้ (สูงสุด)จูล
พลังงานสูง แบบช้า คอมมอน 2500	300	50	45	1/8 ของความถี่ แหล่งจ่าย ประธาน	1
พลังงานสูง แบบช้า ดิฟเฟอเรเชียล 1000	300	50	5	1/8 ของความถี่ แหล่งจ่าย ประธาน	1
พลังงานต่ำแบบเร็ว คอมมอน 2500	5	0.10	50	1/5 ของความถี่ แหล่งจ่าย ประธาน	0.002

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:22)

5.2.29.2 การทดสอบพัลส์พลังงานสูงแบบช้า

ทดสอบพัลส์ตามลักษณะสมบัติที่เกี่ยวข้องที่ระบุไว้ในข้อ 5.2.29.1 ดังนี้

5.2.29.2.1 ตำแหน่งเฟสของพัลส์ : เฟสของพัลส์จะถูกเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องจาก 80^0 ถึง 460^0 โดยการค่อยๆ หมุนปุ่มอย่างช้า ๆ จากสุดตำแหน่งเฟสข้างหนึ่งไปยังสุดตำแหน่งเฟสอีกข้างหนึ่ง และกลับสู่ตำแหน่งเดิมอย่างช้า ๆ ภายใน 1 นาที

5.2.29.2.2 สภาพขั้วพัลส์ : + และ –

5.2.29.2.3 บริภัณฑ์จะถูกทดสอบโดยตั้งค่าควบคุมต่างๆ ไว้ที่ตำแหน่งให้ผลเลวที่สุดถ้าเป็นไปได้ควรเลือกใช้โปรแกรมอัตโนมัติให้ตรวจสอบการทำงานที่เหมาะสมและความถูกต้องสมบูรณ์ของส่วนประกอบด้านแหล่งจ่ายประธานของบริภัณฑ์เช่น ชุดกรองคลื่น และหม้อแปลง(หมายเหตุ เนื่องจากพัลส์พลังงานสูงที่เกิดขึ้นติดต่อกันอย่างรวดเร็วอาจทำให้เกิดการเกินกำลังในส่วนประกอบแหล่งจ่ายประธานของบริภัณฑ์ได้ ดังนั้นในบางครั้งจึงควรขยายเวลาการซ้ำพัลส์ออกไปให้ถึงค่าสูงสุดไม่เกิน 10 วินาที)

5.2.29.3 เนื่องจากการทดสอบนี้สามารถทำให้ชิ้นส่วนเสื่อมคุณภาพได้ เช่น ตัวต้านทานขึ้นกับ แรงดัน (VDR) ซึ่งใช้เป็นตัวระงับภาวะชั่วครู่ของแหล่งจ่ายประธาน และไทรแอก ดังนั้น รายงานการทดสอบจะต้องบอกเวลาการซ้ำพัลส์ที่ใช้แฟละจำนวนพัลส์ที่ป้อนจริงให้เปลี่ยนส่วนประกอบที่ทราบว่าได้รับผลกระทบจากการทดสอบนี้

5.2.29.4 การทดสอบพัลส์พลังงานต่ำแบบเร็ว

ทดสอบพัลส์ตามลักษณะสมบัติที่เกี่ยวข้องที่ระบุไว้ในข้อ 5.2.29.4.1 ดังนี้

5.2.29.4.1 แหน่งเฟสของพัลส์ : เฟสของพัลส์จะถูกเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องจาก 80^0 ถึง 460^0 โดยการค่อยๆ หมุนปุ่มอย่างช้า ๆ จากสุดตำแหน่งเฟสข้างหนึ่งไปยังสุดตำแหน่งเฟสอีกข้างหนึ่ง และกลับสู่ตำแหน่งเดิมอย่างช้า ๆ ภายใน 1 นาที

5.2.29.4.2 สภาพขั้วพัลส์ : + และ -

ให้ตรวจสอบการทำงานที่เหมาะสมและความถูกต้องสมบูรณ์ของส่วนประกอบด้านแหล่งจ่ายประธานของบริภัณฑ์ เช่น ชุดกรองคลื่น และหม้อแปลง

5.2.30 การทดสอบสัญญาณรบกวนความถี่วิทยุ

5.2.30.1 การทดสอบสัญญาณรบกวนที่นำมาตามสาย ให้เป็นไปตาม CISPR 15

5.2.30.2 การทดสอบสัญญาณรบกวนแผ่กระจายเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นไปตามCISPR 15

5.2.31 การทดสอบการทำงานในภาวะผิดปกติ

5.2.31.1 การทดสอบการถอดหลอดออก

ในระหว่างที่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์กำลังทำงานอยู่โดยที่แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายมีค่าเท่ากับร้อยละ 110 ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด และต่ออยู่กับหลอดที่เหมาะสม ให้ถอดหลอดออกโดยไม่ต้องตัดแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย 1 ชั่วโมง แล้วให้ใส่หลอดกลับเข้าไปในวงจรตามเดิม

5.2.31.2 การทดสอบหลอดจุดไม่ติด

ต่อตัวต้านทานสมมูลแทนไส้หลอดแต่ละไส้โดยให้มีค่าตามที่ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้อง แล้วให้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ต่อกับแหล่งจ่ายที่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับร้อยละ 110 ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดเป็นเวลา1 ชั่วโมง แล้วให้ถอดตัวต้านทานสมมูลออก และต่อหลอดที่เหมาะสมเข้าไป

5.2.32 การทดสอบความต้านทาน

5.2.32.1 ก่อนที่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะถูกนำไปทดสอบบัลลาสต์จะต้องถูกทดสอบวัฏจักรอุณหภูมิและวัฏจักรการสวิตช์วงจรเปิด ดังนี้

5.2.32.1.1 การทดสอบวัฏจักรอุณหภูมิ (temperature cycle test)

เริ่มแรกบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิขีดจำกัดล่างของอุณภูมิโดยรอบ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นถึงอุณหภูมิ t_c (นิยาม มอก.885) เป็นเวลาอีก 1 ชั่วโมง ทำเช่นนี้ 5 วัฏจักรถ้าไม่ได้กำหนดขีดจำกัดล่างของอุณหภูมิโดยรอบไว้ให้ใช้ค่า +10 องศาเซลเซียส

5.2.32.1.2 การทดสอบวัฏจักรการสวิตช์ (switching cycle test)

ที่แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายที่กำหนด บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะถูกต่อกับแหล่งจ่าย 30 วินาที และถูกตัดออกจากแหล่งจ่าย 30 วินาที สลับกันไป ทำเช่นนี้ 1000 วัฏจักร โดยที่ขั้วต่อด้านออกของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ถูกเปิดวงจร

5.2.33 หลังจากทดสอบตามข้อ 5.2.32แล้ว ให้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ทำงานร่วมกับหลอดที่เหมาะสมที่แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายที่กำหนดและอุณหภูมิโดยรอบซึ่งทำให้เกิดอุณหภูมิ t_c ของบัลลาสต์ จนกระทั่งระยะเวลาผ่านไปถึงชั่วโมงที่ 200 จึงนำบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ออกมาปล่อยให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ต้องสามารถจุดหลอดที่เหมาะสมและทำให้หลอดติดสว่างได้อย่างถูกต้องเป็นเวลา 15 นาทีระหว่างการทดสอบนี้หลอดจะวางอยู่ภายนอกเตาอบที่อุณหภูมิโดยรอบ 25 + 5 องศาเซลเซียส

5.2.33.1 t_c ที่กล่าวถึง t_c หมายถึง ซึ่งวัดที่ตำแหน่งหรี่ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิมากที่สุด ตำแหน่งหรี่นี้อาจทราบได้โดยการหารือกับผู้ทำ

หมายเหตุ เมื่อทดสอบอุณหภูมิ t_c ภายในดวงโคม ให้ใช้ตำแหน่งหรี่ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิมากที่สุดตำแหน่งเดียวกัน

5.2.34 ภาคผนวก ก. บัลลาสต์อ้างอิง

5.2.34.1 การทำเครื่องหมาย

ที่บัลลาสต์อ้างอิงอย่างน้อยต้องมีเลข อักษร สัญลักษณ์ หรือข้อความต่อไปนี้ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนและถาวร

5.2.34.1.1 คำว่า "บัลลาสต์อ้างอิง" หรือ "บัลลาสต์อ้างอิงความถี่สูง"

5.2.34.1.2 ชื่อผู้ทำ หรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

5.2.34.1.3 หมายเลขลำดับ

5.2.34.1.4 กำลังไฟฟ้าที่กำหนดของบัลลาสต์และกระแสไฟฟ้าสอบเทียบ

5.2.34.1.5 แรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่กำหนดของแหล่งจ่าย

5.2.34.1.6 ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทย

5.2.34.2 ลักษณะสมบัติในการออกแบบ

5.2.34.2.1 การอกแบบทั่วไปสำหรับความถี่ 50 หรือ 60 เฮิรตซ์

บัลลาสต์อ้างอิง หมายถึง ขดลวดเหนี่ยวนำตนเอง ที่อาจมีตัวต้านทานประกอบด้วยหรือไม่ก็ได้ และออกแบบเพื่อให้ลักษณะสมบัติการทำงานตามข้อ ก.3 อาจใช้บัลลาสต์อ้างอิงในวงจรที่ใช้สตาร์เตอร์หรือในวงจรที่มีแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแยก ต่างหากเพื่อเผาไส้หลอด

5.2.34.2.2 บัลลาสต์อ้างอิงความถี่สูงสำหรับความถี่ 25 กิโลเฮิรตซ์

บัลลาสต์อ้างอิงความถี่สูง หมายถึง ตัวต้านทานหรือขดลวดโช้ก (choke coil) ออกแบบเพื่อให้มีลักษณะสมบัติการทำงานตามข้อ5.34.2เนื่องจากบัลลาสต์อ้างอิงความถี่สูงชนิดนี้ประสงค์จะให้ใช้เป็นบรรทัดฐานถาวร จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำให้บัลลาสต์นี้มีอิมพีแดนซ์คงที่ในภาวะใช้งานปกติสำหรับจุดประสงค์นี้ อาจจะต้องมีวิธีการที่เหมาะสมในการทำให้ค่าความต้านทานอ้างอิงกลับสู่ค่าเดิมบัลลาสต์อ้างอิงความถี่สูงจะต้องถูกปิดหุ้มอยู่ในกล่องที่ป้องกันทั้งทางกลและทางไฟฟ้าและให้ระมัดระวังเรื่องการระบายความร้อนเนื่องจากกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (wattage loss) ในตัวบัลลาสต์ด้วย

5.2.34.2.3 การป้องกัน

บัลลาสต์อ้างอิงต้องมีสิ่งป้องกันอิทธิพลของสารแม่เหล็ก เช่น ใช้กล่องหุ้มทำด้วยเหล็กกล้าที่เหมาะสมโดยที่อัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าาต่อกระแสไฟฟ้าที่ค่ากระแสไฟฟ้าสอบเทียบเปลี่ยนแปลงได้ไม่เกินร้อยละ 0.2 เมื่อใช้แผ่นเหล็กกล้าละมุนธรรมดา (ordinary mild steel) หนา 12.5 มิลลิเมตร วางห่าง 25 มิลลิเมตร จากด้านใด ๆ ของกล่องหุ้มบัลลาสต์อ้างอิงนอกจากนั้นต้องมีการป้องกันความเสียหายทางกลด้วย ลักษณะสมบัติการทำงานสำหรับความถี่ 50 หรือ 60 เฮิรตซ์

5.2.34.2.4แรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่กำหนดที่จ่ายให้กับบัลลาสต์อ้างอิงต้องเป็นไปตามค่าที่ให้ไว้ใน ตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้อง

5.2.34.2.5 อัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าต่อกระแสไฟฟ้า

อัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าต่อกระแสไฟฟ้าของบัลลาสต์อ้างอิงให้เป็นไปตามที่กำหนดในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้อง โดยยอมให้คลาดเคลื่อนได้ดังนี้

5.2.34.2.5.1 ± ร้อยละ 0.5 ที่ค่ากระแสไฟฟ้าสอบเทียบ

5.2.34.2.5.2 ± ร้อยละ 3 ที่ค่ากระแสไฟฟ้าอื่นใด ๆ ตั้งแต่ร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 115 ของกระแสไฟฟ้าสอบเทียบ

5.2.34.2.5.3 ตัวประกอบกำลัง

ตัวประกอบกำลังของบัลลาสต์อ้างอิงเมื่อวัดที่กระแสไฟฟ้าสอบเทียบต้องเป็นไปตามค่าที่กำหนดในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้อง โดยยอมให้คลาดเคลื่อนได้ ±0.005

5.2.34.2.5.4 อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

เมื่อบัลลาสต์อ้างอิงถูกใช้งานในที่ซึ่งมีอุณหภูมิโดยรอบระหว่าง 20ถึง27องศาเซลเซียส และใช้ค่ากระแสไฟฟ้าสอบเทียบที่ความถี่ที่กำหนดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของขดลวดบัลลาสต์หลังจากเข้าสู่ภาวะเสถียรทางความร้อนแล้วต้องไม่เกิน25เคลวิน ทั้งนี้เมื่อวัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นโดยใช้การเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทาน

5.2.34.2.5.5 ลักษณะสมบัติการทำงานสำหรับความถี่ 25กิโลเฮิรตซ์

5.2.34.3 ข้อกำหนดทั่วไป

ข้อกำหนดรายละเอียดต่างๆต่อไปนี้ใช้กับการวัดค่าที่แรงดันไฟฟ้าด้านเข้าและความถี่ที่กำหนดของบัลลาสต์อ้างอิงความถี่สูงที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 25.5 องศาเซลเซียส หลังจากอุณหภูมิของบัลลาสต์อ้างอิงเข้าสู่ภาวะเสถียรแล้ว

5.2.34.3.1 อิมพีแดนซ์

อิมพีแดนซ์ของบัลลาสต์อ้างอิงความถี่สูงจะต้องมีค่าตามที่ให้ไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้อง โดยยอมให้คลาดเคลื่อนได้ดังนี้

5.2.34.3.2 ± ร้อยละ 0.5 ที่ค่ากระแสไฟฟ้าสอบเทียบ

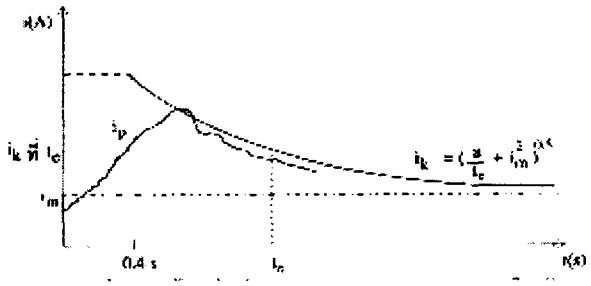
5.2.34.3.3 ± ร้อยละ 1 ที่ค่ากระแสไฟฟ้าอื่นใด ๆ ตั้งแต่ร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 115 ของกระแสไฟฟ้าสอบเทียบ

5.2.34.3.4 ความเหนี่ยวนำอนุกรมและความจุไฟฟ้าขนาน

ความเหนี่ยวนำอนุกรมของตัวต้านทางอ้างอิงต้องน้อยกว่า0.1มิลลิเฮนรีและความจุไฟฟ้าขนานต้องน้อยกว่า 1 นาโนฟารัด

5.2.34.3.4 วงจรสำหรับความถี่ 25 กิโลเฮิรตซ์ (ดูภาพประกอบ45)

การเผาไส้หลอดอาจใช้บัลลาสต์อ้างอิงความถี่สูงในวงจรที่ใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแยกต่างหากเพื่อเผาไส้หลอดสำหรับช่วยในการจุดหลอดอย่างเหมาะสม แต่ต้องปลดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเหล่านี้ออกเมื่อจะวัดที่หลอดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงซึ่งใช่ในการปรับแต่งหรือใช้ทดสอบกับบัลลาสต์อ้างอิงความถี่สูงต้องอยู่ในลักษณะที่ เมื่อรับโหลดเต็มที่ ผลรวมค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยของส่วนฮาร์มอนิกต้องไม่เกินร้อยละ3 ของส่วนประกอบหลัก



ภาพประกอบ 40 วงจรอ้างอิงความถี่สูง

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:21)

5.2.34.4.3 แหล่งจ่ายนี้ต้องคงที่ และ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้ได้ผลดีที่สุดแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายจะต้องถูกคุมค่าอยู่ภายในร้อยละ 0.2สำหรับบัลลาสต์อ้างอิงแบบตัวต้านทานความถี่จะต้องไม่เปลี่ยนแปลงเกินร้อยละ2สำหรับบัลลาสต์อ้างอิงแบบขดลวดโช้กความถี่จะต้องไม่เปลี่ยนแปลงเกินร้อยละ 0.5

5.2.34.4.4 อุปกรณ์

อุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้กับบัลลาสต์อ้างอิงความถี่สูงจะต้องเหมาะสมกับการทำงานที่ความถี่สูง

5.2.34.4.5 การเดินสาย

สายเคเบิลที่ใช้ต่อต้องให้สั้นและตรงที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อหลีกเลี่ยงความจุไฟฟ้าปรสิตความจุไฟฟ้าปรสิตที่ขนานอยู่กับหลอดต้องน้อยกว่า 1 นาโนฟารัด

5.2.35 ภาคผนวก ข.

5.2.35.1หลอดอ้างอิง

หลอดที่ผ่านการบ่มอย่างน้อย100ชั่วโมงจะถือว่าเป็นหลอดอ้างอิง เมื่อใช้ร่วมกับบัลลาสต์ในภาวะต่างๆ ที่นิยามไว้ในภาคผนวกก.และทำงานที่อุณหภูมิโดยรอบ 25 องศาเซลเซียสแล้ว กำลังไฟฟ้าของหลอด แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วหลอดหรือกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดในภาวะเสถียร ไม่เบี่ยงเกินร้อยละ 2.5 จากค่าที่ประสงค์หรือค่าที่ระบุที่สมนัยกันตามความเหมาะสมกับที่กำหนดในตารางข้อมูลของหลอดของมอก.236IEC81และIEC901 สำหรับหลอดที่ทำงานโดยไม่ใช้สตาร์ตเตอร์ ค่าความต้านทานของไส้หลอดจะต้องเบี่ยงเบนไม่เกินร้อยละ 10 จากค่าที่ประสงค์สำหรับชนิดของหลอดที่ใช้ถ้าค่าความต้านทานสูงกว่านี้อาจลดค่าลงได้โดยใช้ตัวต้านทานขนานหลอดอ้างอิงต้องเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้กับบัลลาสต์ที่นำมาทดสอบโดยเฉพาะรูปคลื่นของกระแสที่ผ่านหลอดอ้างอิงในภาวะเสถียรขณะทำงานร่วมกับบัลลาสต์อ้างอิงจะต้องเป็นอย่างเดียวกันทุกๆครึ่งวัฏจักรที่ต่อเนื่องกัน(หมายเหตุข้อกำหนดนี้เป็นตัวจำกัดการก่อกำเนิดฮาร์โมนิกคู่ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากผลของการเรียงกระแส)

5.2.36 ภาคผนวก ค.

5.2.36.1 คำอธิบายเรื่องภาวะการจุดหลอด

5.2.36.1.1 บทนำ

ภาคผนวกนี้ระบุคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ต้องการเกี่ยวกับภาวะการจุดหลอดที่กำหนดไว้ในข้อ 4.2 และข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ให้ไว้ในตารางข้อมูลของหลอดตาม มอก.236 และ IEC เพื่อรวบรวมวิธีการจุดหลอดที่แตกต่างซึ่งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะสามารถใช้ได้โดยวิธีการจุดหลอดเหล่านี้อาจจะซับซ้อนกว่าวิธีการจุดหลอดของวงจร 50 หรือ 60 เฮิรตซ์ แบบดั้งเดิม ภาคผนวกนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อช่วยตีความคุณลักษณะที่ต้องการของมาตรฐานและข้อมูลที่ได้ระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอด

5.2.36.1.2 ลักษณะสมบัติที่ส่งผลกระทบต่อการจุดหลอดลักษณะสมบัติทางกายภาพหลักอยู่5ลักษณะที่มีอิทธิพลต่อกลไกการจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์

5.2.36.1.3 การเผาไส้หลอด กระแสเผาไส้ก่อน และระยะเวลาที่ใช้

5.2.36.1.4 แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด แรงดันไฟฟ้าคร่อมหลอดและแรงดันไฟฟ้าที่ให้แก่อุปกรณ์ช่วยจุดหลอดทั้งในระหว่างการเผาไส้ก่อน และขณะที่หลอดเริ่มจุดติด

5.2.36.1.5 ภาวะแวดล้อม อุณหภูมิโดยรอบและความชื้นสัมพันธ์

5.2.36.1.6 ภาวะทางกายภาพของหลอด ชนิดของก๊าซและความดันที่บรรจุไว้ภายในหลอด มิติของหลอด และการมีฟิลม์ตัวนำภายใน

5.2.36.1.7 ภาวะของแหล่งจ่ายและดวงโคม ความถี่การใช้งาน มิติและระยะห่างของอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดลักษณะสมบัติเหล่านี้ทั้งหมดจะมีผลต่อกันในลักษณะที่ซับซ้อนและสำหรับวิธีการจุดหลอดอย่างใดอย่างหนึ่งที่เลือกใช้ ถ้าลักษณะสมบัติทั้งห้ารวมกันอย่างไม่ถูกต้องสมรรถนะของหลอดอาจจะเลวลง (เช่น อายุหลอดสั้นลง จำนวนครั้งของการจุดหลอดลดลงสำหรับอายุการใช้งานของหลอดที่กำหนดให้ ปลายหลอดดำมากเกินปกติ)

5.2.36.1.8 วิธีการหลักของการจุดหลอด

วิธีการหลักของการจุดหลอดที่ใช้กับบัลลาสต์ความถี่ 50 หรือ 60 เฮิรตซ์ เท่าที่ใช้กันแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

5.2.36.1.9 การจุดแบบเผาไส้ก่อน

5.2.36.1.10 การจุดแบบไม่เผาไส้ก่อน

ทั้ง 2 วิธีนี้สามารถนำมาใช้ได้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ แต่เนื่องจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สามารถสร้างให้มีลักษณะทางเทคโนโลยีที่สูงกว่าได้ จึงมักจะต้องปรับปรุงวิธีการระบุ การวัด และการประเมินลักษณะการจุดหลอดเสียใหม่ถึงแม้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์อาจจะทำให้เกิดภาวะการจุดหลอดที่ซับซ้อนกว่าบัลลาสต์50 ถึง 60 เฮิรตซ์แบบดั้งเดิมก็ตาม ก็สามารถใช้หลักการเดียวกันได้ถ้าต้องการให้หลอดมีสมรรถนะดี

5.2.36.1.11 วิธีการเฉพาะของการจุดหลอด

5.2.36.1.11.1 การจุดแบบเผาไส้ก่อน

วิธีการพื้นฐาน 2 วิธีที่ทำให้สามารถจุดหลอดแบบเผาไส้ก่อนได้ก็คือ

5.2.36.1.11.1.1 การเผาไส้ก่อนแบบควบคุมด้วยกระแส หรือ

5.2.36.1.11.2 การเผาไส้ก่อนแบบควบคุมด้วยแรงดัน

เพื่อให้หลอดมีสมรรถนะเป็นที่น่าพอใจ จะต้องมีข้อกำหนดในระหว่างการจุดหลอด ดังนี้

ก่อนที่ไส้หลอดจะปล่อยอิเล็กตรอน แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดคร่อมหลอด และ/หรือ แรงดันไฟฟ้าจากหลอดไปยังอุปกรณ์ช่วยจุดหลอด แรงดันไฟฟ้าของวงจรเปิดต้องเพียงพอที่จะทำให้หลอดจุดได้อย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงจากแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดค่าต่ำไปเป็นค่าสูงจะต้องเกิดขึ้นในขณะที่ไส้หลอดยังคงอยู่ที่อุณหภูมิปล่อยอิเล็กตรอนในระหว่างการเผาไส้ก่อน กระแสเผาไส้หรือแรงดันไฟฟ้าเผาไส้จะต้องไม่สูงเกินไปจนทำให้สารปล่อยอิเล็กตรอนที่ไส้หลอดถูกทำลายเพราะร้อนมากเกินไปเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่ต้องการสำหรับการจุดแบบเผาไส้ก่อนนั้นมีค่าค่อนข้างต่ำ ดังนั้น วงจรที่ต่อหลอดหลายหลอดอนุกรมกันจึงสามารถใช้ได้เฉพาะกับหลอดบางชนิดเท่านั้นในกรณีเช่นนี้บางครั้งอาจใช้ตัวเก็บประจุช่วยจุดโดยต่อขนานเข้ากับกลุ่มหลอดบางกลุ่มในขณะที่ป้อนแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดเต็มที่คร่อมหลอดที่ไม่มีตัวเก็บประจุต่อขนานอยู่ขนาดของตัวเก็บประจุช่วยจุดขึ้นอยู่กับกระแสรุ่งแสงที่อาจก่อปัญหาในระหว่างช่วงเริ่มต้นของการจุด ในการนี้ต้องระมัดระวังเรื่องการเลือกใช้ขนาดของตัวเก็บประจุช่วยจุด โดยจะต้องให้สอดคล้องกับการจุดติดง่ายและลักษณะเชิงสมรรถนะอื่นๆ ของหลอดและบัลลาสต์การจุดหลอดแบบไม่เผาไส้ก่อนการจุดหลอดแบบนี้อาศัยข้อดีของการปล่อยอิเล็กตรอนด้วยสนามไฟฟ้าจากไส้หลอดโดยไม่ต้องมีการเผาในขณะที่ป้อนแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดค่าสูงคร่อมหลอดอย่างทันทีทันใดระดับของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดและอิมพีแดนซ์แหล่งจ่ายของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่หลอดจะใช้ในการเปลี่ยนจากขั้นตอนกระแสรุ่งแสงของการปล่อยประจุไปสู่สถานะอาร์กเต็มที่ เหตุผลหลักอย่างหนึ่งของการที่ปลายขั้วหลอดดำมากเกินปกติ และหลอดเสียก่อนเวลาอันควรก็คือกระแสปล่อยประจุรุ่งแสงมีค่าสูง และหรือใช้เวลานานเกินไปในช่วงกระบวนการจุด เพื่อที่จะลดผลเสียหายเนื่องจากกระแสปล่อยประจุรุ่งแสงดังกล่าวนี้ให้ต่ำที่สุดจึงจำเป็นต้องทำให้แน่ใจว่ามีการป้อนแรงดันไฟฟ้าวงจร เปิดต่ำที่สุดและบัลลาสต์มีความสามารถที่จะจุดหลอดได้อย่างรวดเร็วในช่วงเวลานี้ โดยไม่มีการจุดซ้ำหลังจาก 100 มิลลิวินาทีบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์บางชนิดจะใช้กระแสที่ไหลผ่านไส้หลอดเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆนอกเหนือจากการเผาไส้หลอดที่เพียงพอ (เช่น เพื่อสนับสนุนการจุดที่แรงดันไฟฟ้าจุดหลอดลดต่ำลงได้) กรณีเช่นนี้จะต้องเคร่งครัดเรื่องขีดจำกัดของกระแสผ่านไส้หลอดสูงสุดเพื่อหลีกเลี่ยงมิให้ไส้หลอดร้อนจัดเกินไป

5.2.36.1.12 การตีความตามข้อ 4.2 และข้อมูลจากตารางข้อมูลของหลอด

5.2.36.1.12.1 การจุดแบบผาไส้ก่อน

บัลลาสต์ที่ใช้การเผาไส้ก่อนแบบควบคุมด้วยกระแสเผาไส้ประสิทธิผลและเวลาการปล่อยอิเล็กตรอน(t_e) ค่าต่ำสุดของกระแสเผาไส้ประสิทธิผลปริมาณความร้อนที่จำเป็นสำหรับทำให้ไส้หลอดชนิดที่กำหนดให้สามารถร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิปล่อยอิเล็กตรอนต่ำสุดนั้นสามารถบอกได้ในเทอมของเวลากระแสและค่าคงตัว ซึ่งหาได้จากสมบัติทางกายภาพของไส้หลอดชนิดที่กำหนดให้ความสัมพันธ์แสดงด้วยสมการต่อไปนี้

$$t_e = a(i_k^2 - i_m^2)^{-1}$$

เมื่อ t_e คือ เวลาเผาไส้ก่อนปล่อยอิเล็กตรอน * เป็นวินาที

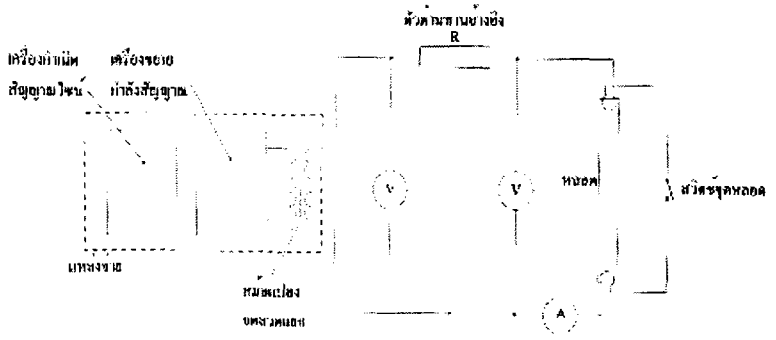
a คือ ค่าคงตัวสำหรับชนิดของไส้หลอด

i_k คือ กระแสเผาไส้ประสิทธิผลต่ำสุดที่จำเป็นถึงเวลา เป็นแอมแปร์

i_m คือ ค่าต่ำสุดสัมบูรณ์ของกระแสเผาไส้ประสิทธิผล เป็นแอมแปร์

เพื่อให้เกิดการปล่อยอิเล็กตรอนถ้ากระแสนี้ไหลเป็นระยะเวลานานพอ (เช่น $\geq$ 30 จากตอนที่ไส้หลอดเย็น)

หมายเหตุ * เวลาเผาไส้ก่อนปล่อยอิเล็กตรอนที่น้อยกว่า 0.4 วินาทีตามปกติจะไม่เป็นที่ยอมรับเพราะจากประสบการณ์แสดงให้เห็นว่าการเผาไส้ก่อนที่น่าพอใจนั้นจะไม่สามารถทำได้เสมอไปในทางปฏิบัติค่าคงตัว (a) และค่ากระแสต่ำสุดสัมบูรณ์ (i_m) จะดูได้จากตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่ใช้ต่อแทนไส้หลอดกระแสเผาไส้ประสิทธิผลต่ำสุด (i_k) สามารถคำนวณได้โดยการแทนค่าที่วัดได้ของ t_e ลงในสมการที่ให้มาในตารางข้อมูลของหลอดแต่ละตารางค่าสูงสุดของกระแสเผาไส้ประสิทธิผลผลการทลองในทางปฏิบัติได้แสดงให้เห็นว่าเราสามารถป้อนกระแสเผาไส้ประสิทธิผลที่ค่อนข้างสูงให้แก่ไส้หลอดได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ ($\leq$ 0.4 วินาที) โดยไม่ทำให้ไส้หลอดเสียหาย แต่เราจะต้องลดกระแสนี้ลงเรื่อย ๆ หลังจาก 0.4 วินาที และที่เวลาตั้งแต่ 2 วินาทีเป็นต้นไป ค่ากระแสนี้ไม่ควรเกินค่าหนึ่งซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากค่าที่ได้กำหนดไว้สำหรับโกลว์สตาร์ทเตอร์ ที่ใช้กับความถี่ 50 หรือ 60 เฮิรตซ์ระดับสูงสุดของกระแสเผาไส้ประสิทธิผลให้ไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งค่าความต้าน ทานของตัวต้านทานที่ใช้ต่อไส้หลอดซึ่งจำเป็นสำหรับการทดสอบกราฟแสดงข้อกำหนดต่าง ๆ เหล่านี้ให้ไว้ในภาพประกอบ 46



ภาพประกอบ 41 ความต้องการด้านกระแสเผาไส้หลอดสำหรับบัลลาสต์ชนิดจุดหลอดโดยมีการเผาไส้ควบคุมด้วยกระแส

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:27)

แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดและเวลาเปลี่ยนสถานะ (t_s) ข้อมูลในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องมีให้ไว้สำหรับระบบที่ต้องการอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดและระบบที่ไม่ต้องการอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดก่อนที่จะเริ่มการทดสอบ จำเป็นจะต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าระบบถูกต้องเมื่อแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดถูกทำให้เพิ้มขึ้นที่เวลา t_e เวลาเปลี่ยนสถานะ (t_s) จะต้องน้อยกว่า 100 มิลลิวินาที ถ้าหยุดการเผาไส้ที่เวลา t_eเวลาเปลี่ยนสถานะที่มากกว่า 100 มิลลิวินาทีเป็นที่ยอมรับได้ถ้าไส้หลอดยังคงถูกทำให้ปล่อยอิเล็กตรอนอยู่ในช่วงเวลาเปลี่ยนสถานะเนื่องจากไส้หลอดจะต้องถูกทำให้ปล่อยอิเล็กตรอนในช่วงเวลาt_e จึงจำเป็นที่จะต้องแน่ใจว่าค่ากระแสเผาไส้ประสิทธิผลจะไม่ลดลงต่ำกว่าค่าต่ำสุดสัมบูรณ์ (i_m) ในช่วงเวลาการเปลี่ยนสถานะ/การจุดติดของหลอดค่าสูงสุดของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดก่อนถึงเวลา t_e และค่าต่ำสุดของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดหลังจากเวลา t_e ถูกระบุไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องสำหรับหลอดบางประเภท ตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องจะระบุค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดสูงสุดก่อนถึงเวลา t_e ซึ่งมากกว่าหรือเท่ากับค่าต่ำสุดของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดหลังจากเวลา t_e บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบมาสำหรับหลอดชนิดต่างๆ เหล่านี้ไม่จำเป็นต้องเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดเพื่อการจุดหลอดอย่างถูกต้องกราฟแสดงข้อกำหนดต่างๆเหล่านี้ให้ไว้ในรูปที่2บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในการเผาไส้ก่อน แบบควบคุมด้วยแรงดันแรงดันไฟฟ้าค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ ถึงแม้ว่าการควบคุมกระแสเป็นวิธีการพื้นฐานในการควบคุมภาวะการเผาไส้ก่อนก็ตาม การควบคุมด้วยแรงดันก็ง่ายต่อการระบุและวัดค่าสำหรับวิธีที่ควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้าไส้หลอดที่เหมาะสมเพื่อให้ได้อุณหภูมิปล่อยอิเล็กตรอนและหลีกเลี่ยงอุณหภูมิที่สูงเกินไปนั้นสามารถหาได้จาก การทดลองในทางปฏิบัติจากการทดลองพบว่าอุณหภูมิการปล่อยอิเล็กตรอนของไส้หลอดเกิดขึ้นเมื่อระดับแรงดันไฟฟ้าคร่อมไส้หลอดสูงเกินค่าต่อไปนี้ และถูกป้อนในช่วงเวลาอย่างน้อย 0.4 วินาทีสำหรับไส้หลอดความต้านต่ำ :3.0 โวลต์ ค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยสำหรับไส้หลอดความต้านต่ำ :6.0 โวลต์ ค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยเพื่อหลีกเลี่ยงมิให้อุณหภูมิที่ไส้หลอดสูงเกินไป ขีดจำกัดอย่างอื่น ๆ จะถูกกำหนดไว้การเกิดอาร์กตามขวาง (transverse arcing) จะปรากฏคร่อมไส้หลอดทั้งหมดเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้สูงเกิน 10 โวลต์ ค่ารากของกำลังสองเฉลี่ย และสำหรับไส้หลอดความต้านทานต่ำ ค่าสูงสุดของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้นั้นได้ถูกหาไว้แล้วจากการทดลองที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์อื่น ๆ ของสมรรถนะของหลอด ค่าขีดจำกัดนี้โดยปกติจะตั้งไว้ต่ำกว่าระดับการเกิดอาร์กตามขวาง แต่ก็ยอมให้เกิดอาร์กตามขวางได้ถ้าระมัดระวังมิให้กระแสไหลในวงจรเผาไส้สูงเกินไปจนทำลายไส้หลอดหรือบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ หลอดชนิดไส้หลอดความต้านทานต่ำมีแบบการทำงานอยู่หลายแบบต่าง ๆ กัน ในที่นี้ยอมให้ใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าเผาไส้ก่อนที่คงค่าอยู่ตลอดการทำงาน อย่างไรก็ตาม ในระบบอื่น ๆ อาจจะลดแรงดันไฟฟ้านี้ลงหลังจากจุดหลอดข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะที่ต้องการเหล่านี้ให้ไว้ในตารางข้อมูลของหลอดแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดก่อนถึงเวลาปล่อยอิเล็ก ตรอนด้วยความร้อนของไส้หลอด ถ้าค่าของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดของหลอดต่ำกว่าค่าที่สามารถจุดติดได้ขณะเย็น แล้วก็สามารถทำการเผาไส้ก่อนและป้อนแรงดันไฟฟ้าคร่อมหลอดพร้อมกันได้ ถึงแม้ว่าวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะมีวิธีควบคุมแรงดันไฟฟ้าได้หลายวิธีหลักการที่ยังคงใช้ได้ก็คือให้รักษาแรงดันไฟฟ้าคร่อมหลอดต่ำกว่าระดับจุดติดได้ขณะเย็นเอาไว้จนกระทั่งมีการปล่อยอิเล็กตรอนด้วยความร้อนสำหรับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ จะต้องใช้ค่าสูงสุดและต่ำสุดของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่เกี่ยวข้องเท่านั้นค่าเหล่านี้มีแสดงไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องภายใต้หัวข้อ "ภาวะก่อนจุด-การเผาไส้ก่อนด้วยแรงดัน" สำหรับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดถูกเพิ่มค่าขึ้นหลังจากการปล่อยอิเล็กตรอนของไส้หลอด จะต้องใช้ค่าของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่แสดงไว้ในตารางข้อมูลของหลอดที่เกี่ยวข้องภายใต้หัวข้อ "ภาวะก่อนจุด-การเผาไส้ก่อนด้วยแรงดัน" ในกรณีนี้ให้ t_e เท่ากับ 0.4วินาทีการจุดหลอดด้วยวิธีนี้โดยปกติจำเป็นต้องใช้ระนาบที่มีการ

ต่อลงดินเป็นอุปกรณ์ช่วยจุดหลอด สำหรับหลอดทุกชนิดยกเว้นที่มีอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดอยู่ภายใน จะต้องทำให้แรงดันไฟฟ้าค่ายอด (V_p) ค่าต่ำสุดค่าหนึ่งขึ้นระหว่างไส้หลอดกับอุปกรณ์ช่วยจุดหลอด และมีแรงดันไฟฟ้าคร่อมหลอด (V_a) ตามที่จำเป็น ความถี่ใช้งานของวงจรจะมีผลกระทบต่อแรงดันไฟฟ้าเหล่านี้ กล่าวคือ ส่วนมากการเพิ่มความถี่จะทำให้ใช้ค่า

V_p ที่ต่ำลงได้แต่ต้องใช้ V_a ที่สูงขึ้น การใช้ผิวเคลือบนำไฟฟ้าภายในหลอดอาจเพิ่มค่า

V_a ที่ความถี่สูงได้อย่างมีนัยสำคัญ ความใกล้กันของอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดภายนอกกับหลอดจะมีผลกระทบทั้ง V_p และ V_a โดยทั่วไปการเพิ่มระยะห่างของอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดจะทำให้ต้องใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าจุดหลอดสูงขึ้น จะต้องใช้ระยะห่างต่ำสุดของอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดเพื่อหลีกเลี่ยงกระแสค่าสูงสุดของอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดการจุดแบบไม่เผาไส้ก่อนการวัดแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดอย่างเดียวไม่ได้รับประกันว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะจุดหลอดได้ราบรื่นโดยใช้ช่วงเวลาการเกิดกระแสรุ่งแสงที่ต้องการสั้นที่สุดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์บางชนิดไม่สามารถป้อนกระแสที่จำเป็นสำหรับการขับหลอดอย่างรวดเร็วผ่านสถานะรุ่งแสงไปสู่สถานะอาร์กเพื่อหลีกเลี่ยงสถานการณ์นี้การทดสอบอิมพีแดนซ์ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จึงทำกับตัวต้านทานที่ใช้ต่อแทนหลอดค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่ใช้ต่อแทนหลอดและระดับกระแสต่ำสุดซึ่งจะต้องปรับให้ได้ในตัวต้านทานนี้มีแสดงไว้ในตารางข้อมูลของหลอด คำว่า "กระแสประสิทธิผล" ในการกล่าวถึงผลของความร้อนถึงเวลา t ที่จะเกิดขึ้นจากกระแสที่แปรตามเวลาและที่สมมูลกับกระแสไฟฟ้าค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยในสถานะอยู่ตัวที่ให้ผลทางความร้อนเท่ากัน ซึ่งก็จะแสดงค่าสำหรับข้อมูลที่ต้องการได้ในทันที หรือมิฉะนั้นก็อาจใช้อุปกรณ์แบบดั้งเดิมร่วมกับการคำนวณข้อมูลด้วยมือ

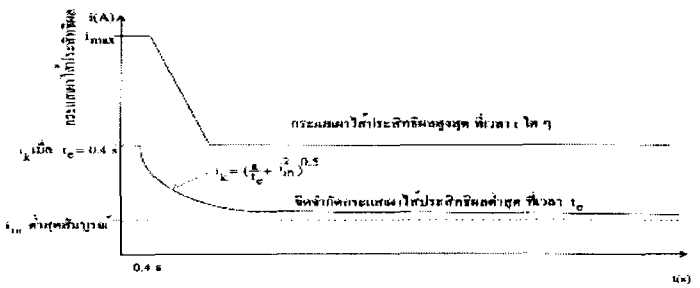
5.2.37 ภาคผนวก ง. ตัวเชื่อมต่อควบคุมสำหรับบัลลาสต์หรี่แสงได้

5.2.37.1 ขอบข่าย

ภาคผนวกนี้ระบุตัวเชื่อมต่อควบคุมสำหรับบัลลาสต์หรี่แสงได้ กำลังของหลอด (แสงที่ออกมา) ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ถูกควบคุมให้อยู่ระหว่างค่าต่ำสุด/ปิด กับ ค่าสูงสุด ด้วยสัญญาณควบคุมที่ป้อนให้กับขั้วต่อควบคุมของบัลลาสต์ถ้าไม่ได้ต่อสัญญาณควบคุมบัลลาสต์จะให้กำลังของหลอดค่าสูงสุดตามที่กำหนดไว้ในมอก.885ภาคผนวกนี้ไม่ครอบคลุมถึงข้อกำหนดต่าง ๆ สำหรับชุดควบคุม

5.2.37.2 การควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

5.2.37.3 แผนภาพวงจร ; ข้อกำหนดคุณลักษณะเชิงหน้าที่สำหรับการควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แผนภาพวงจรดังแสดงในภาพประกอบ47



ภาพประกอบ 42 การควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:31)

กำลังของหลอด (แสงที่ออกมา) ของบัลลาสต์หรี่แสงได้ถูกควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงบนทางเข้าควบคุมของบัลลาสต์หรี่แสงได้ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีลักษณะสมบัติดังต่อไปนี้

พิสัยสัญญาณควบคุม

$V_{1,2}$ = 10 โวลต์ : ค่าสูงสุดของกำลังของหลอด

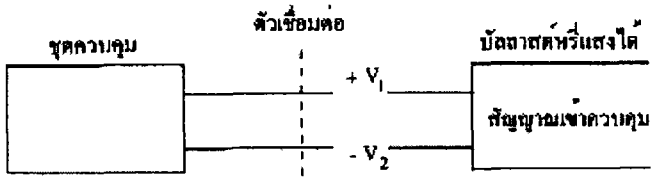
$V_{1,2}$ = 1โวลต์ : ค่าสูงสุดของกำลังของหลอด

$V_{1,2}$ อยู่ระหว่าง 1 กับ 10 โวลต์ : กำลังของหลอดสูงขึ้นจากค่าต่ำสุดถึงสูงสุด

$V_{1,2}$ อยู่ระหว่าง 1 กับ 10 โวลต์ : กำลังของหลอด

$V_{1,2}$ อยู่ระหว่าง 1 กับ 10 โวลต์ : แสงออกมาต่ำที่สุด

5.2.37.4 แผนภาพการต่อสามารถต่อบัลลาสต์หรี่แสงได้หลายตัวเข้ากับชุดควบคุมชุดหนึ่งได้โดยวิธีตามภาพประกอบ48ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิสัยสามารถนำกระแส

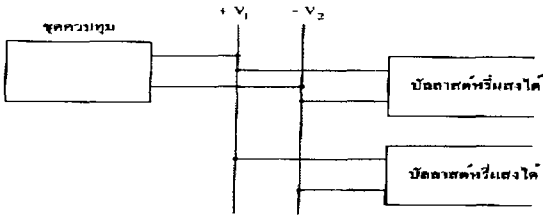


ภาพประกอบ 43 การต่อบัลลาสต์หรี่แสงได้หลายตัวเข้ากับชุดควบคุมชุดหนึ่ง

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:36)

5.2.37.5 ข้อกำหนดคุณลักษณะทางไฟฟ้า

บัลลาสต์หรี่แสงได้เป็นแหล่งกำเนิดกระแสดังแสดงในภาพประกอบ49



ภาพประกอบ 44 บัลลาสต์หรี่แสงได้เป็นแหล่งกำเนิดกระแส

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:37)

5.2.37.6 ขีดจำกัดแรงดันไฟฟ้าเข้าควบคุม

บัลลาสต์ต้องไม่ชำรุดเมื่อแรงดันไฟฟ้าเข้าควบคุม $V_{1,2}$ อยู่ระหว่าง –20 กับ +20 โวลต์บัลลาสต์ต้องไม่สร้างแรงดันไฟฟ้าที่เกินค่าขีดจำกัดสำหรับชุดควบคุมและไม่ว่ากรณีใดๆ ต้องไม่เกินต่อไปนี้ $V_{1,2}$ อยู่ระหว่าง –20 กับ +20 โวลต์ขั้วต่อควบคุมต้องได้รับการป้องกันการกลับขั้ว ในกรณีนั้นบัลลาสต์ต้องทำงาน

โดยมีแสงที่ออกมาน้อยที่สุดหรือไม่ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าเข้าควบคุมระหว่าง 0 กับ 11 โวลต์ แสงที่ออกมาต้องมีเสถียรภาพการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

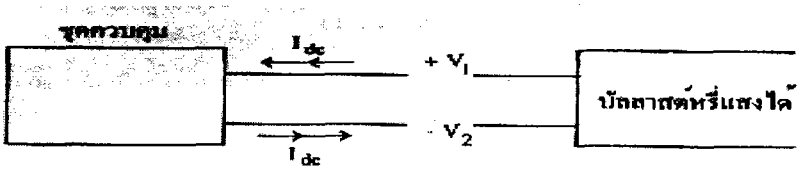
5.2.37.7ขีดจำกัดกระแสเข้าควบคุมขีดจำกัดสำหรับกระแสเข้าควบคุมซึ่งป้อนให้ชุดควบคุมคือ ต่ำสุด 10 ไมโครแอมแปร์ และสูงสุด 2 มิลลิแอมแปร์ต้องระบุหรือบอกค่ากระแสเข้าควบคุมไว้บนบัลลาสต์

5.2.37.7.8 การเปิดสวิตซ์ (switch-on)

อนุญาตให้มีการเปิดสวิตซ์ที่ตำแหน่งหรี่แสงใด ๆ ได้

5.2.37.7.9 การควบคุมด้วยการมอดุเลตความกว้างพัลส์ (pulse width modulation : PWM)

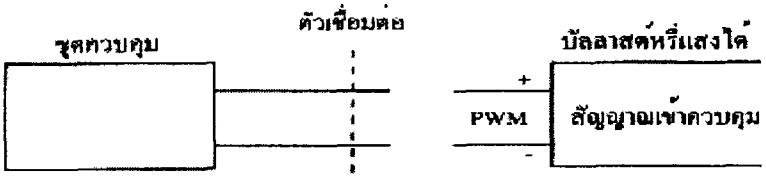
5.2.37.7.9.1 แผนภาพวงจร ; ข้อกำหนดคุณลักษณะเชิงหน้าที่สำหรับการควบคุม PWMแผนภาพวงจรดังแสดงในภาพประกอบ50



ภาพประกอบ 45 การควบคุมด้วยการมอดุเลตความกว้างพัลส์

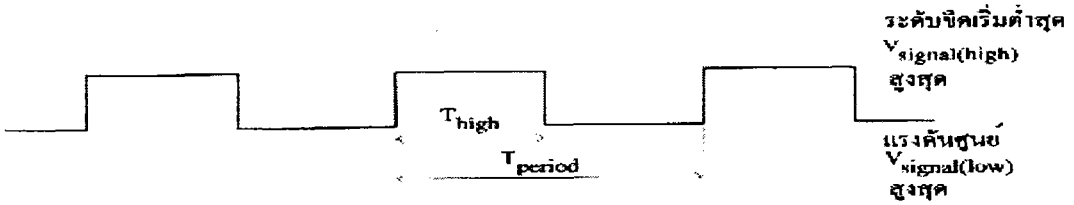
(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:37)

กำลังของหลอด(แสงที่ออกมา)ของบัลลาสต์หรี่แสงได้ถูกควบคุมด้วยสัญญาณการมอดุเลตความกว้างพัลส์บนสัญญาณเข้าควบคุมของบัลลาสต์หรี่แสงได้กำลังของหลอดถูกเปลี่ยนโดยการเปลี่ยนค่าร้อยละของเวลาซึ่งสัญญาณมอดุเลตความกว้างพัลส์อยู่ที่ V_{signal}สัญญาณมอดุเลตความกว้างพัลส์มีลักษณะสมบัติดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 51 สัญญาณมอดุเลตความกว้างพัลส์ (ตัวอย่างแบบ)

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:38)



ภาพประกอบ 52 สัญญาณมอดุเลตความกว้างพัลส์สำหรับแสงที่ออกมาสูงสุดและต่ำสุด

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:39)

แรงดันไฟฟ้าของสัญญาณอยู่ระหว่าง V_{signal} (low) กับ V_{signal} (high) โดยที่

V_{signal} (low) ต่ำสุดคือ 0 โวลต์

V_{signal} (low) สูงสุดคือ 1.5 โวลต์

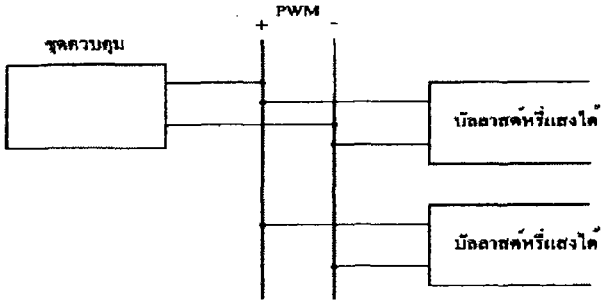
V_{signal} (high) ต่ำสุดคือ 10 โวลต์

V_{signal} (high) สูงสุดคือ 25 โวลต์

T_{period} (cycle time) คือ 1 มิลลิวินาทีต่ำสุด และ 10 มิลลิวินาทีสูงสุด

แสงที่ออกมาเต็มที่เมื่อความกว้างสัญญาณ - T(high) - เป็น ร้อยละ 0 ถึง ร้อยละ 5 ± หรือแสงที่ออกมาน้อยที่สุดเมื่อความกว้างสัญญาณ - T(high) - เป็นร้อยละ 95 ± ร้อยละ 1 ปิดสวิตช์เมื่อความกว้างสัญญาณ - T(high) - มากกว่าร้อยละ 95(หมายเหตุ ส่วนของสัญญาณนี้ถูกกลับขั้วเพื่อปิดสวิตช์ อย่างไรก็ตามถ้าบัลลาสต์ไม่มีลักษณะเช่นนี้ ควรคงด้านออกของบัลลาสต์ไว้ที่ค่าต่ำสุดไม่มีการปิดสวิตช์เมื่อความกว้างสัญญาณ - T(high) - น้อยกว่าร้อยละ 95)

5.2.37.7.9.2 แผนภาพการต่อสามารถต่อบัลลาสต์หรี่แสงได้หลายตัวเข้ากับชุดควบคุมชุดหนึ่งได้โดยวิธีตามภาพประกอบที่52ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิสัยสามารถนำกระแส



ภาพประกอบ 53 การต่อบัลลาสต์หรี่แสงได้หลายตัวเข้ากับชุดควบคุมชุดหนึ่ง

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:40)

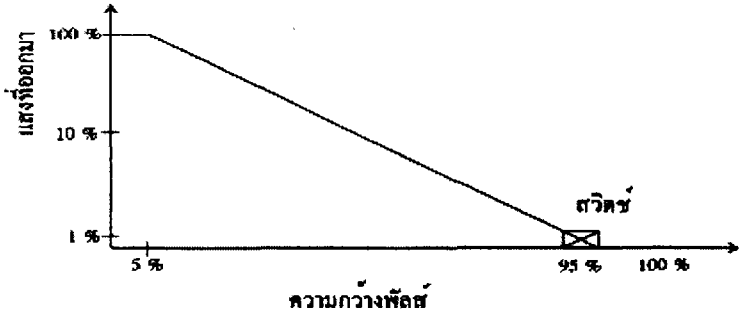
5.2.37.7.9.3ข้อกำหนดคุณลักษณะทางไฟฟ้าชุดควบคุมเป็นแหล่งกำเนิดกระแสและบัลลาสต์เป็นแหล่งรับกระแส

5.2.37.7.9.4ขีดจำกัดแรงดันไฟฟ้าสัญญาณบัลลาสต์ต้องไม่ชำรุดเมื่อแรงดันสัญญาณต่ำกว่า 25 โวลต์ขั้วต่อควบคุมต้องได้รับการป้องกันการกลับขั้ว ในกรณีนั้นบัลลาสต์ต้องไม่ทำงาน

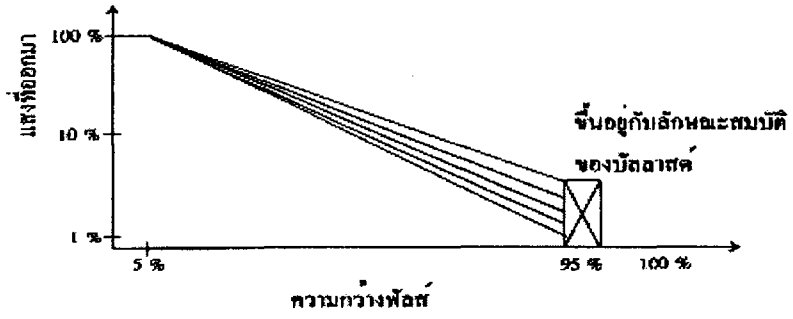
5.2.37.7.9.5อิมพีแดนซ์ของขั้วต่อควบคุมอิมพีแดนซ์ของขั้วต่อควบคุมต้องอยู่ระหว่าง 1 กับ 10 กิโลโอห์ม

5.2.37.7.9.6กระแสเข้าต้องระบุหรือบอกค่ากระแสเข้าเสถียรแล้วที่12 โวลต์

5.2.37.7.9.7ตัวอย่างของลักษณะสมบัติควบคุมเป็นไปตามภาพประกอบ56ความกว้างพัลส์เส้นการหรี่สำหรับบัลลาสต์ที่มีแสงที่ออกมาต่ำสุดร้อยละ1ความกว้างพัลส์เส้นการหรี่สำหรับบัลลาสต์ที่มีแสงที่ออกมาต่ำสุดมากกว่าร้อยละ 1



เส้นการหรี่สำหรับบัลลาสต์ที่มีแสงที่ออกมาต่ำสุดร้อยละ 1



เส้นการหรี่สำหรับบัลลาสต์ที่มีแสงที่ออกมาต่ำสุดมากกว่าร้อยละ 1

รูปที่ ง.7 ตัวอย่างของลักษณะสมบัติควบคุม
(ข้อ ง.3.4)

ภาพประกอบ 49 ตัวอย่างของลักษณะสมบัติควบคุม

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2541:41)

5.2.38 ภาคผนวกจ. ข้อแนะนำในการอ้างถึงอายุการใช้ในงานของผลิตภัณฑ์และอัตราการล้มเหลว

5.2.38.1เพื่อให้อายุการใช้งานและอัตราการล้มเหลวของผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ของผู้ผลิตรายต่างๆ เปรียบเทียบได้อย่างมีเหตุผล

5.2.38.2อุณหภูมิพื้นผิวสูงสุด สัญลักษณ์ t_t(t – lifetime) ของผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ หรืออุณหภูมิสูงสุดของชิ้นส่วน ซึ่งมีผลต่ออายุการใช้งาน วัดในภาวะการใช้งานปกติและที่แรงดันไฟฟ้าระบุหรือที่ค่าสูงสุดของพิสัยแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด ซึ่งทำให้ได้อายุการใช้งาน 50000 ชั่วโมง

5.2.38.3 อัตราการล้มเหลว (ถ้าผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ทำงานอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ t_tสูงสุดควรอ้างอัตราการล้มเหลวในหน่วย การล้มเหลวเป็นเวลา(พอดี)

5.2.38.4 สำหรับวิธีที่ใช้หาข้อมูลที่ให้ไว้ (การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ การทดสอบความเชื่อถือได้ฯลฯ) ผู้ผลิตควรจัดเตรียมข้อมูลอย่างละเอียดที่ประกอบด้วยรายละเอียดต่างๆของวิธีการหากมีการร้องขอ

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิติศักดิ์ วรรณแก้ว(2542:40) ได้ทำการวิเคราะห์เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างพบว่าในการเลือกอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างจะต้องพิจารณาถึงความคุ้มทุนและคุณภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ได้จะทำให้การประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเกิดประสิทธิภาพซึ่งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานที่มีการรณรงค์ให้ใช้ในปัจจุบันประเภทหนึ่งก็คือ บัลลาสต์ลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แต่การเลือกเพื่อนำมาใช้งานจะต้องพิจารณาถึงสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นเมื่อนำบัลลาสต์ลาสต์อิเลคทรอนิกส์มาใช้งานเนื่องจากการใช้งานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ขาดประสิทธิภาพและไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดจะทำให้อุปกรณ์ต่างๆในบริเวณดังกล่าวทำงานผิดพลาดได้

ทิพวรรณ ขวัญศรีสุทธิ์(2540:35) ได้ทำการศึกษาเรื่องการยอมรับการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าและยอมรับการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในบ้านของประชาชนในกรุงเทพมหานคร พบว่าประชาชนรู้จักอุปกรณ์ และยอมรับการใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้า นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางในการชะลอการสร้างแหล่งผลิตไฟฟ้า และยังพบอีกว่าการลงทุนในการเพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน มีค่าน้อยกว่าการลงทุนในการจัดหา แหล่งพลังงาน และยังมีอัตราการคืนทุนที่เร็วกว่าด้วย

จิโรจน์ พรวัฒนา(2540:35)ได้ทำการศึกษาเรื่องการลดความเค้นของอุปกรณ์ ในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์พบว่าความเค้นเกิดขึ้นเนื่องจากการจุดหลอดของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิคส์การทำงานของสวิตช์อินเวอร์เตอร์,การขับสวิตช์ผิดจังหวะของวงจรขับนำที่ใช้หม้อแปลงอิ่มตัวรวมทั้งความเค้นที่เกิดจากการออกแบบและการเลือกค่าที่ไม่เหมาะสม จากการวิเคราะห์ประเด็นดังกล่าวจะทำให้เข้าใจในสาเหตุ และแนวทางการแก้ไขความเค้นที่เกิดกับอุปกรณ์ภายในวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ไพศาล บุญเจียม(2543:114) ได้ทำการศึกษาออกแบบวงจรจุดหลอดของบัลลาสต์แต่ละชนิดจะมีขีดจำกัดและพฤติกรรม การทำงานที่แตกต่างกัน จะต้องเลือกค่าอุปกรณ์ที่เหมาะสม มาใช้งานเพื่อให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ

บรรเทิง ศรีโสภณ(2543:20) ได้ทำการศึกษาการออกแบบ และสร้างเครื่องลดกระแสไฟฟ้าโดยวิธีบาลานซ์โหลด โดยการเปรียบเทียบกับวงจรที่ไม่มีเครื่องลดกระแสไฟฟ้าโดยวิธีบาลานซ์โหลดต่อเข้ากับวงจรของเครื่องใช้ไฟฟ้าพบว่าวิธีการดังกล่าวสามารถช่วยประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมได้

ประยูร บุญฤทธิ์(2543:96) ได้ทำการศึกษาการออกแบบ และสร้างโคมฉายไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ พบว่าอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ และสามารถใช้งานได้ในระยะเวลา 5 ชั่วโมงแต่ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้เนื่องจากปริมาณแสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงทำให้ปริมาณการประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ไม่สม่ำเสมอ และผลจากฝุ่นละอองที่มาเกาะบริเวณแผ่นเซลแสงอาทิตย์ยังมีผลทำให้ปริมาณแสงผ่านเข้าไปยังเซลแสงอาทิตย์ได้น้อย เป็นผลให้กระแสไฟฟ้าที่ได้ลดลงด้วย

สรุปผู้วิจัยสนใจที่จะออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36 วัตต์ จำนวน2หลอดซึ่งมีคุณสมบัติและประสิทธิภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ : มอก.885-2532 และ มอก.1506-2541)

บทที่3
วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการทดลองการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยตามหัวข้อต่อไปนี้

1 เกณฑ์ข้อกำหนดของการออกแบบและสร้างเครื่องมือในการวิจัย

2 ลำดับขั้นตอนในการวิจัย

3 สถานที่ที่ใช้ในการทำทดสอบ

4 การวิเคราะห์ผลข้อมูลการทดสอบ

5 การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1 เกณฑ์ข้อกำหนดของการออกแบบและสร้างเครื่องมือในการวิจัย

1.1 การออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ซึ่งมีคุณสมบัติและประสิทธิภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก.885-2532)และ (มอก.1506-2541)

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก.885-2532และมอก.1506-2541) กำหนดให้มีส่วนประกอบดังนี้

1.1.1 วงจรคอนเวอร์เตอร์(Converter Circuit) เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาดแรงดันไฟฟ้า220โวลท์,กระแสไฟฟ้า0.05 แอมป์แปร์ แปลงเป็น แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง400โวลท์,กระแสไฟฟ้า2แอมป์แปร์ จำนวน1ชุดซึ่งในส่วนของวงจรจะใช้ IC เป็นตัวควบคุม และปรับปรุงตัวประกอบกำลัง(Power Factor) ของ วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ให้มีค่าเหมาะสม ซึ่งจะทำให้การนำไปใช้งานเกิดประสิทธิภาพ

1.1.2 วงจรอินเวอร์เตอร์(Inverter Circuit) เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง400โวลท์ให้เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ170โวลท์กระแสไฟฟ้า0.05แอมป์แปร์ จำนวน1ชุด

1.2 ตัวแปรที่จะศึกษาเป็นการศึกษาประสิทธิภาพของ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ไอซีเป็นตัวขับสวิตช์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก.885-2532และมอก.1506-2541) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.2.1.เป็นบัลลาสต์สำหรับใช้กับแรงดันไฟฟ้า220โวลท์±10%ความถี่50เฮิรท์แรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 1000 โวลท์

1.2.2 มีค่าฮาร์มอนิกรวมของกระแสไฟฟ้าด้านเข้าไม่เกิน15%ตามมาตรฐานมอก.1506-2541

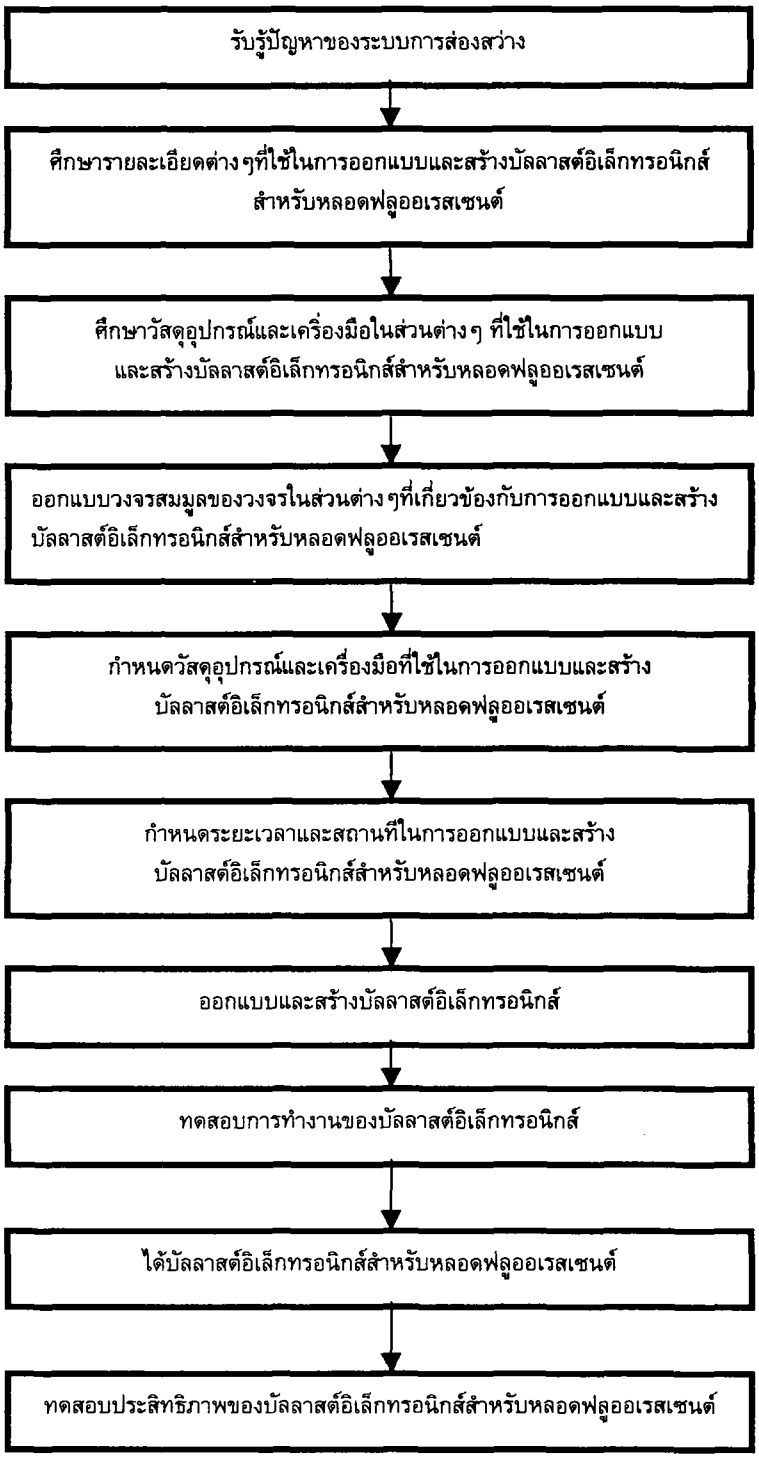
1.2.3. มีค่าตัวประกอบกำลังของวงจรไม่น้อยกว่า 0.85 มอก.1506-2541

1.2.4. กำลังไฟฟ้าเข้าวงจรเมื่อทดสอบตามมาตรฐาน มอก.1506-2541 ต้องมีค่า ไม่เกิน 37 วัตต์ กรณีใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36 วัตต์

1.2.5. มีวงจรป้องกันความเสียหายเมื่อบัลลาสต์ถูกทดสอบตามภาวะบกพร่อง (Fault Condition)หรือ ภาวะผิดปกติตามมาตรฐานมอก. 885-2532และ มอก.1506-2541

ลำดับขั้นตอนในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะดำเนินการตามขั้นตอนดังแสดงในภาพประกอบ 50



ภาพประกอบ 50 แสดงขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

2.1 รับรู้ปัญหาของระบบการส่องสว่าง

เนื่องจากผู้วิจัยทำหน้าที่รับผิดชอบในด้านการควบคุมการจราจรบนทางด่วนซึ่งปฏิบัติงานอยู่ภายในอาคารศูนย์ระบบควบคุมทางด่วนโดยจะต้องมีการใช้ระบบส่องสว่างตลอดเวลาจากปัญหาของระบบการส่องสว่าง ที่มีความต้องการในการใช้งานตลอด24ชั่วโมงจะประสบปัญหาทางด้านระบบการส่องสว่างที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งานเนื่องจากปัญหาของการกระพริบของหลอด,ปัญหาสัญญาณรบกวนความถี่วิทยุสื่อสารและสัญญาณควบคุมของระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งในทางปฏิบัติบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กยังได้รับความนิยมแพร่หลาย ถึงแม้ว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิคส์กำลังเป็นที่รู้จักมากขึ้นก็ตามโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งของอุปกรณ์แสงสว่างกันอย่างจริงจังการเลือกซื้อบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความสำคัญถึงแม้ว่าราคายังค่อนข้างสูงแต่การนำบัลลาสต์ประสิทธิภาพสูงมาใช้ก็ไม่ควรคำนึงถึงค่าใช้จ่ายเพียงอย่างเดียว ควรคิดว่าบัลลาสต์ชนิดนี้มีอายุการใช้งานนาน และผลดีด้านอื่นๆ คือต้นทุนที่สูงกว่าจะถูกชดเชยในเรื่องค่าไฟฟ้าที่ลดลงและระบบแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพในระยะยาว

2.2 ศึกษารายละเอียดในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

2.2.1 ศึกษาค้นคว้าจากเอกสารตำราและงานวิจัยเชิงทดลองที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์และงานวิจัยเชิงทดลองทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง

2.2.2 ศึกษาคุณสมบัติของส่วนประกอบของแหล่งจ่ายไฟที่มีคุณสมบัติในการจ่ายกระแส และแรงดันเพื่อจัดหาอุปกรณ์และวงจรสมมูลของวงจรต่างๆมาประกอบเป็นชุดของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

2.3 ศึกษาวัสดุและเครื่องมือในส่วนต่างๆที่ใช้ในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์

2.3.1 วัสดุเป็นการศึกษาถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ประกอบด้วย

2.3.1.1 กล่องบรรจุอุปกรณ์

2.3.1.2 แผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์

2.3.1.3 สกูร น็อต และอื่นๆ

2.3.1.4 เทอร์มินอล สำหรับต่อสาย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 mm.

2.3.1.5 แผ่นฮีทซิงค์ สำหรับระบายความร้อน

2.3.1.6 สาย Wire Lab สำหรับเชื่อมต่อวงจร

2.3.2 อุปกรณ์เป็นการศึกษาถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ และสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์

2.3.2.1 เป็นการศึกษาถึงอุปกรณ์ที่เป็นไอซี(IC) ที่ต้องการให้ขยายสัญญาณและรวมสัญญาณ เพื่อควบคุมกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมซึ่งจากการศึกษาอุปกรณ์จะเลือกใช้อุปกรณ์ที่เป็นไอซี(IC)ประเภทที่สามารถควบคุมค่าตัวประกอบกำลังอยู่ภายในตัวเอง(Power Factor corrector)ซึ่งเป็นเหตุผลที่เลือกมาใช้งานเนื่องจากทำให้ลดความยุ่งยากของวงจร และสามารถปรับความถี่ได้ตามต้องการ

2.3.2.2 เป็นการศึกษาถึงอุปกรณ์ที่เป็นตัวเก็บประจุ (C) ซึ่งตัวเก็บประจุที่ใช้จะมีลักษณะแบบตัวเก็บประจุแบบคงที่ โดยความสามารถในการเก็บพลังงานไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ จะขึ้นอยู่กับสนามไฟฟ้าระหว่างเพลท และความเพี้ยนของวงโคจรอิเล็กตรอน

2.3.2.3 เป็นการศึกษาถึงอุปกรณ์ที่เป็นตัวต้านทาน (R) ซึ่งความต้านทาน เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบ และผลิตขึ้นมาให้มีค่าเฉพาะค่าหนึ่ง โดยคุณสมบัติที่เกิดขึ้นจะใช้ในการต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าเพื่อจำกัดค่ากระแสและแรงดันให้มีค่าตามที่ต้องการ

2.3.2.4 เป็นการศึกษาถึงอุปกรณ์ที่เป็นไดโอด(D) ซึ่งไดโอดจะเป็นตัวป้องกันการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า โดยคุณสมบัติของไดโอดจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทางเดียว การใช้งานจะขึ้นอยู่กับการออกแบบ และการสร้าง

2.3.2.5 เป็นการศึกษาถึงอุปกรณ์ที่เป็นตัวเหนี่ยวนำ(L) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบ ให้มีค่าเหนี่ยวนำ โดยตัวเหนี่ยวนำจะมีลักษณะเป็นขดลวดตัวนำพันรอบแกนอากาศ และพันรอบแกนเฟอร์ไรท์ การใช้งานจะขึ้นอยู่กับการออกแบบ และการสร้าง

2.3.2.6 เป็นการศึกษาถึงอุปกรณ์ที่เป็นเพาเวอร์มอสเฟท (Power MOSFET) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานได้ดีที่ความถี่สูงตั้งแต่ 50 KHz ไปจนถึงประมาณ 200-400 KHz และเนื่องจากว่าตัวมันใช้เวลาในการเปลี่ยนสถานะค่อนข้างสั้นเพราะค่าความต้านทานระหว่างเดรน(Drain)และซอร์ส(Source)ขณะนำกระแสจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณภูมิสูงขึ้นทำให้กระแสที่ไหลผ่านมีค่าน้อยลงซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าวจึงนำมาใช้ทำหน้าที่เป็นตัวสวิตชิ่งขยายสัญญาณไฟฟ้า

2.3.3 เครื่องมือ เป็นการศึกษาถึงเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบและสร้าง ในส่วนใช้และทำการตรวจสอบคุณสมบัติของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

2.3.3.1 สว่านไฟฟ้า ใช้ในการเจาะยึดอุปกรณ์ จำนวน 1 ตัว

2.3.3.2 หัวแร้ง ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆในวงจร จำนวน 1 ตัว

2.3.3.3 ตะกั่ว ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆในวงจร จำนวน 1 ม้วน

2.3.3.4 ตะไบชนิดแบนใช้ในการแก้ไขอุปกรณ์ต่างๆให้เหมาะสมจำนวน1 ตัว

2.3.3.5 ไขควง ใช้ในการขันน็อต และสกรูเพื่อยึดติดอุปกรณ์ จำนวน 1 ตัว

2.3.3.6 คีมปลายแหลม ใช้ในการจับอุปกรณ์ในบริเวณที่แคบ จำนวน 1 ตัว

2.3.3.7 คีมตัดสายไฟใช้ในการตัดขาอุปกรณ์ และตัดสายไฟจำนวน 1 ตัว

2.3.3.8 ที่ดูดตะกั่ว ใช้ในการถอดเปลี่ยนอุปกรณ์ จำนวน 1 ตัว

2.3.3.9 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ ใช้ในการตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจำนวน1 ตัว

2.3.3.10 ดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์ ใช้ในการตรวจวัดกระแสไฟฟ้า จำนวน 1 ตัว

2.3.3.11 R,L,C มิเตอร์ จำนวน 1 ตัว

2.3.3.12 ออสซิลโลสโคป ใช้ในการตรวจสอบสัญญาณทางไฟฟ้าของวงจร จำนวน 1 ตัว

2.4 ออกแบบวงจรสมมูลของวงจรในส่วนต่างๆของการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ โดย ใช้ไอซีเป็นตัวขับสวิตช์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ จะมีการแบ่งวงจรออกเป็นสองส่วนดังนี้

2.4.1 ออกแบบวงจรสมมูลของชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์

2.4.1.1วงจรกรองกระแสด้านเข้า และวงจรป้องกัน (Input Filter and Protection Circuit)

วงจรกรองกระแสด้านเข้าและวงจรป้องกัน มีหน้าที่ลดสัญญาณรบกวนจากภายนอกที่จะเข้ามารบกวนบัลลาสต์ และจากบัลลาสต์ที่จะออกไปยังสายส่ง ป้องกันกระแสกระชาก (Surge Current) และแรงดันเกินชั่วขณะในตอนเปิดไฟเข้าวงจร และเนื่องจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานในย่านความถี่สูงซึ่งสามารถเกิดการแทรกแซงของคลื่นความถี่วิทยุ(Radio Frequency Interference : RFI)เข้ามาในตัวบัลลาสต์ซึ่งอาจจะทำให้การทำงานของบัลลาสต์เกิดผิดพลาดไปได้ในขณะเดียวกันตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ก็สามารถสร้างสัญญาณรบกวนแม่หล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Interference : EMI) ออกไปรบกวนอุปกรณ์อุปกรณ์ภายนอก การแพร่กระจายของสัญญาณรบกวน ส่วนใหญ่จะมาจากแหล่งกำเนิด เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากตัวนำและสายส่งสัญญาณที่นำมาใช้เป็นทางผ่านของสัญญาณไฟฟ้าซึ่งจะเป็นทั้งตัวแพร่กระจาย และตัวรับสัญญาณรบกวนที่เราไม่ต้องการ มีผลให้วงจรหลักรับภาระมากเกินไปเกิดการ Overload ทำให้การทำงานของวงจรเกิดบกพร่อง และเกิดผลกระทบกับอุปกรณ์ใกล้เคียงทำให้การทำงานผิดพลาดได้ ดังนั้นการป้องกันการรบกวนอันเนื่องจากRFIและ EMIเราสามารถที่จะประกอบวงจรได้ดังแสดงในภาพประกอบ27ซึ่งจะแสดง วงจรสมมูลในส่วนของ วงจรกรองด้านเข้าและวงจรป้องกัน จะประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ และอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกิน(วาริสเตอร์) ปกติการทำงานของบัลลาต์อิเลคทรอนิกส์จะมีการกำเนิดความถี่สูงออกมา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรที่กรองสัญญาณความถี่สูงไม่ให้ผ่านออกมารบกวนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์สื่อสารภายนอก โดยวงจรนี้จะทำหน้าที่ลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการทำงานของบัลลาสต์ ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยมีตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่เป็นวงจรกรองผ่านต่ำ(Low pass Filter) ที่ยอมให้เฉพาะความถี่ต่ำเท่านั้นที่ผ่านไปได้และในเนื่องจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีจุดอ่อนที่ไม่สามารถทนต่อแรงดันเกินได้ดังนั้นในวงจรอิเล็กทรอนิกส์จึงควรมีการป้องกันแรงดันเกิน ซึ่งในวงจรนี้เลือกใช้วาริสเตอร์มาใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันการสวิตช์จากแรงดันเกินชั่วขณะ(Surge Current)

2.4.1.2 วงจรเรียงกระแส(Rectifier Circuit)

ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อจ่ายให้กับวงจรของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในที่นี้เลือกใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier Circuit) และใช้ตัวเก็บประจุทำหน้าที่กรองกระแสเพื่อลดการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยเหตุที่เลือกใช้วงจรประเภทนี้เนื่องจากใช้งานง่ายและราคาถูก เราสามารถต่อวงจรได้ดังแสดงในภาพประกอบ23

2.4.1.3วงจรปรับรูปคลื่นของกระแสด้านด้านเข้า (Power Factor Circuit :PFC)

วงจรปรับรูปคลื่นของกระแสด้านด้านเข้าทำหน้าที่ในการปรับรูปคลื่นของกระแสให้เข้าใกล้สัญญาณซายน์เพื่อลดสัญญาณฮาร์มอนิกส์ และเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังด้านเข้าโดยวงจรในภาค PFC นี้จะทำการสร้างมาจากพื้นฐานของวงจร DC-DC Converter ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้กลับมาเป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง และยังทำหน้าที่ในการปรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงในด้านเอาท์พุทให้มีแรงดันไฟฟ้าที่มีความสม่ำเสมอดังแสดงในภาพประกอบ 24

2.4.1.4วงจรกรองผ่านต่ำ (Low pass Filter)

วงจรกรองผ่านต่ำทำหน้าที่ลดการกระเพื่อมของแรงดันด้านขาออกที่เกิดวงจรเรียงกระแสซึ่งในขณะที่วงจรเรียงกระแสเริ่มทำงานจะมีแรงดันเป็นสองเท่าของความถี่ทางด้านเข้าเป็นผลให้ค่าแรงดันไฟตรงมีการกระเพื่อมไปจากค่าแรงดันไฟตรงเฉลี่ยเรียกว่าแรงดันริปเปิ้ลซึ่งสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการใช้วงจรกรองแรงดันซึ่งประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มแบบไม่มีขั้วต่อขนานกับวงจรเพื่อทำหน้าที่กรองแรงดันซึ่งจะทำให้แรงดันทางด้านขาออกเรียบขึ้น ดังแสดงในภาพประกอบ25

2.4.2 ออกแบบวงจรสมมูลของชุดวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter circuit)

2.4.2.1 วงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter circuit)

วงจรแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ หรือวงจรอินเวอร์เตอร์ เป็นวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงจากวงจรเรียงกระแสให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงเพื่อป้อนให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ วงจรอินเวอร์เตอร์มีหลายชนิดแต่ส่วนใหญ่นิยมใช้วงจรบริดจ์ หรือวงจรกึ่งบริดจ์ ที่มีอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำประเภทอุปกรณ์สวิทชิ่งกำลัง (Power Switching Device) เช่นทรานซิสเตอร์กำลัง(Power Transistor) , มอสเฟตกำลัง(Power Mosfet) หรือ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไวงานที่ในแต่ละวงจรจะประกอบด้วยอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ2ตัวต่ออนุกรมกันทำงานแบบสลับกันนำกระแสที่มีการสูญเสียในสวิตช์ต่ำเนื่องจากกำลังงานทางออกของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้งานสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ 2 หลอด มีค่าไม่สูงมากนักจึงเลือกใช้วงจรอินเวอร์เตอร์ที่มีโครงสร้างแบบกึ่งบริดจ์ (Half Bridge inverter) ดังแสดงในภาพประกอบ31

2.5 กำหนดวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือในส่วนประกอบต่าง ๆในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

2.5.1 วัสดุ

2.5.1.1 กล่องบรรจุอุปกรณ์ จำนวน 1 กล่อง

2.5.1.2 สาย VAF ขนาด 1.5 Sq.mm. จำนวน 1 เมตร

2.5.1.3 แผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์ จำนวน 6 แผ่น

2.5.1.4 สกูร และน็อต

2.5.1.5 เทอร์มินอล สำหรับต่อสาย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 mm. จำนวน 12 ตัว

2.5.1.6 แผ่นฮีทซิงค์ สำหรับระบายความร้อน จำนวน 6 ตัว

2.5.1.7 สาย Wire Lab สำหรับเชื่อมต่อวงจร จำนวน 1 ม้วน

2.5.2อุปกรณ์

2.5.2.1 ตัวต้านทาน

2.5.2.2 ไดโอด

2.5.2.3 ตัวเก็บประจุ

2.5.2.4 เพาเวอร์มอสเฟต

2.5.2.5 วาริสเตอร์

2.5.2.6 ไอซี

2.5.2.7 หลอดนีออน

2.5.2.8 ฟิวส์

2.5.2.9 ซอกเกตไอซี

2.5.2.10 หลอดฟลูออเรสเซนต์

2.6 กำหนดระยะเวลาและสถานที่ที่ใช้ในการออกแบบและสร้าง

2.6.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ เริ่มตั้งแต่วันที่ 3 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2544 ถึง เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2546

2.6.2 สถานที่สำหรับใช้ในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้สำหรับเตรียมวัสดุ,อุปกรณ์,เครื่องมือเพื่อทำการทดสอบหาคุณสมบัติของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยทำการทดลองที่ห้องซ่อมบำรุง ศูนย์ควบคุมระบบทางด่วนขั้นที่2 การทางพิเศษแห่งประเทศไทย เลขที่238/7 ถนนอโศก-ดินแดง แขวงห้วยขวาง เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10320

2.7 ออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ เพื่อการวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการสร้างส่วนประกอบต่าง ๆโดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

2.7.1 การออกแบบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง

การออกแบบแหล่งจ่ายกระแสตรงจะทำโดยการแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 โวลท์ ความถี่ 50 เฮิรท์เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 400 โวลท์ กระแส 1 แอมป์แปร์ซึ่งในที่นี้เลือกใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ และเลือกใช้ไดโอดบริดจ์พิกัดแรงดัน 700 โวลท์ , กระแส 4 แอมป์แปร์ และเลือกวาริสเตอร์ต่อไว้ข้างหน้าวงจรบริดจ์ เพื่อป้องกันแรงดันเกินโดยจะเลือกใช้วาริสเตอร์เบอร์ CNR-07D821 ดังแสดงในภาพประกอบ27 ซึ่งการพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์จะเลือกใช้จากคุณสมบัติดังนี้

2.7.1.1 การเลือกใช้ไดโอดในวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

ไดโอดที่เลือกใช้จะต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ5ประการดังนี้

2.7.1.1.1 ต้องสามารถทนกระแสกระชากได้(Inrush current:I_{FSM}) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อเริ่มเปิดสวิตช์จ่ายไฟให้กับวงจรซึ่งในขณะนั้นตัวเก็บประจุยังไม่มีประจุอยู่เลยค่าความต้านทานของวงจรจะต่ำมากคือมีแค่ค่าความต้านทานแฝงในตัวเก็บประจุกับค่าความต้านทานเท่านั้น ซึ่งอัตราทนกระแสกระชากของไดโอดจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าค่าที่คำนวณได้

2.7.1.1.2 ต้องทนกระแสสูงสุดชั่วขณะได้(I_{FRM})ซึ่งเป็นค่ากระแสสูงสุดที่เกิดขึ้นขณะชาร์จตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ซึ่งจะเป็นผลทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวไดโอดโดยจะเกิดในระยะเวลาสั้น ๆ โดยทั่วไปจะกำหนดจากวงรอบการทำงานของไฟฟ้ากระแสสลับ(1/50วินาที หรือ 20มิลลิวินาที) กระแสจำนวนนี้มีค่าสูงมากและไม่ใช่ค่ากระแสตอนปฏิบัติงาน

2.7.1.1.3 อัตราการทนกระแสไบแอสตรง (Forward Bias : I_{FM}) เป็นค่ากระแสสูงสุดที่ไดโอดทนได้โดยไม่พังเสียก่อนโดยทั่วไปควรมีค่ามากกว่า 1.5 – 2 เท่าของกระแสปกติ

2.7.1.1.4 อัตราการทนแรงดันไบแอสกลับสูงสุด (Peak Reverse Bias : PRB) หรืออัตราการทนแรงดันย้อนกลับสูงสุด (Peak Reverse Voltage : PIV) เมื่อเราต่อไดโอดแบบบริดจ์จะมีแรงดันตกคร่อมไดโอดเมื่อไบแอสกลับเท่ากับแรงดันที่เอาท์พุท (Out Put) ของวงจร แต่เมื่อต่อแบบเรกติไฟร์ จะพบว่าแรงดันไบแอสกลับจะเป็น 2 เท่า ของแรงดันค่ายอดตามปกติ และเป็น 2.83 เท่าของแรงดัน RMS

2.7.1.1.5 กระแสรั่วไหล (Leakage Current) เป็นค่ากระแสที่ไหลเมื่อไดโอดในวงจรเรียงกระแสได้รับไบแอสกลับ ซึ่งค่านี้โดยทั่วไปแล้วมีค่าน้อยมากเท่าใดก็จะดีมากเท่านั้นจากข้อกำหนดที่กล่าวมาเราจะพบว่า ไดโอดที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์นี้คือ ไดโอดชนิด Rectifying Diode เบอร์ IN4007 ซึ่งสามารถทนแรงดันย้อนกลับสูงสุดได้ 1000 โวลต์ ที่กระแส 1 แอมป์ ซึ่งไดโอดชนิดนี้เป็นเบอร์ที่มีราคาถูกและหาได้ง่าย

2.7.1.2 การเลือกใช้ตัวเก็บประจุในวงจรกรองกระแสในส่วนของตัวเก็บประจุที่ใช้เป็นวงจรกรองกระแสนั้น เราเลือกใช้ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโตรไลติก (Electrolytic capacitor) ซึ่งหลักการในการเลือก

ใช้นั้นขึ้นอยู่กับอัตราทนกระแสกระเพื่อม (Ripple Current) RMS กระแสกระเพื่อมขึ้นอยู่กับค่าของตัวเก็บประจุ โหลดและแรงดันอินพุท

2.7.1.2.1 แรงดันกระเพื่อม ข้อกำหนดนี้ใช้กำหนดค่าของตัวเก็บประจุอย่างต่ำในวงจรโดยทั่วไปในการออกแบบวงจรเรกติไฟร์และวงจรกรองกระแสจะกำหนดให้แรงดันกระเพื่อมได้ไม่เกิน 10 % ของแรงดันไฟตรงที่ด้านออก (Out Put) แรงดันกระเพื่อมนี้จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อโหลดใช้กระแสมาก

2.7.1.2.2 อัตราทนแรงดัน ตัวเก็บประจุที่ใช้ควรทนแรงดันได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของแรงดันไฟตรงเอาท์พุท เช่นที่แรงดันไฟตรง 300 โวลต์ ตัวเก็บประจุของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์จะต้องทนได้ 450 โวลต์ เป็นอย่างต่ำ

2.7.1.2.3 ช่วงเวลาโฮลด์อัพ (Hold up time) เป็นระยะเวลาอย่างต่ำ ที่แหลงจ่ายจะยังคงสามารถรักษาระดับแรงดันด้านออกให้อยู่ในขีดจำกัดของการรักษาระดับคงที่ด้านออก (output regulation) ได้โดยที่เมื่อแหล่งจ่ายทางด้านเข้า(input) หยุดจ่ายหรือลดลงต่ำกว่าค่าการรักษาระดับแรงดันด้านเข้า (input regulation) ที่กำหนด ช่วงเวลาโฮลด์อัพนี้จะขึ้นอยู่กับค่าของตัวเก็บประจุ, โหลด, แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุในขณะที่แรงดันด้านเข้าตกหรือหยุดจ่ายไป

2.7.1.3 เกณฑ์การเลือกใช้วาริสเตอร์ป้องกันแรงดันเกินในการเลือกใช้วาริสเตอร์ป้องกันแรงดันเกินจะตต้องเลือกพิกัดการทนแรงดัน ให้มีความเหมาะสมกับการป้องกันแรงดันเกินในการใช้งาน โดยควรเผื่อแรงดันเกินของแหล่งจ่ายที่อาจจะเป็นไปได้ไว้ด้วย เช่นในกรณีเป็นอย่างน้อยแรงดัน220โวลท์ ก็ควรเผื่อแรงดันแหล่งจ่ายไว้10%เป็นอย่างน้อยทำให้ต้องเผื่อแรงดันจากแหล่งจ่ายเป็น242โวลท์จึงเลือกวาริสเตอร์ที่มีพิกัดแรงดันสูงกว่าซึ่งจะเลือกใช้ที่พิกัดแรงดัน275โวลท์ เผื่อไว้โดยหากเลือกวาริสเตอร์ให้มีแรงดันสูงมากขึ้นจะเกิดผลดีคือทำให้มีกระแสรั่วไหลลดลง

2.7.1.4เพาเวอร์มอสเฟต

เพาเวอร์มอสเฟต เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยแรงดัน และต้องการกระแสอินพุทต่ำมาก มีความเร็วในการสวิตช์สูง ใช้เวลาในการสวิตช์ต่ำมากเป็นนาโนวินาที แต่เพาเวอร์มอสเฟตก็มีปัญหาเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตย์และต้องการการเก็บรักษาอย่างพิเศษ ซึ่งเพาเวอร์มอสเฟตจะสามารถทำงานได้ดีทีความถี่สูงตั้งแต่ 50 KHz ไปจนถึงประมาณ200-400KHzเนื่องจากตัวมันใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงสถานะค่อนข้างสั้นและการพัฒนาในปัจจุบันมีแนวโน้มจะทำให้เพาเวอร์มอสเฟตสามารถทำงานได้ที่ความถี่สูงขึ้นไปได้อีกจึงเป็นการลดขนาดของอินเวอร์เตอร์

2.7.1.4.1 ข้อพิจารณาในการเลือกใช้งานเพาเวอร์มอสเฟต

อัตราการทนกำลังสูญเสียของเพาเวอร์มอสเฟต จะถูกจำกัดด้วยค่าความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตนำกระแสอุณหภูมิจะสูงขึ้นทำให้เกิดค่าความต้านทานระหว่างขาเดรน(Drain)และขาซอรส์(Source)เป็นผลทำให้กระแสที่ไหลผ่านเพาเวอร์มอสเฟตมีค่าน้อยลง จึงจำเป็นต้องศึกษารายละเอียดและคุณสมบัติเฉพาะของตัวเพาเวอร์มอสเฟตที่เลือกมาใช้งานโดยละเอียด

2.7.1.5 ไดโอดคอมมิวเตติ้ง(Commutating Diode)

เป็นไดโอดที่ใช้สำหรับป้องกันการเกิดแรงดันสไปค์ ในขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตเริ่มหยุดนำกระแสเนื่องจากความเหนี่ยวนำแฝงในหม้อแปลง โดยพลังงานที่สะสมอยู่ในตัวเหนี่ยวนำแฝงนี้จะถูกถ่ายทอดไปยังตัวคอมมิวเตติ้งไดโอด จึงเป็นการป้องกันการเกิดแรงดันสไปค์เมื่อเพาเวอร์มอสเฟตเริ่มหยุดนำกระแสซึ่ง

ไดโอดที่นำมาใช้เป็นไดโอดคอมมิวเตติ้งนั้นจะต้องเป็นไดโอดชนิด Fast Recovery หรือ Ultra fast Recovery และจะต้องทนแรงดันย้อนกลับได้อย่างน้อยสองเท่าของแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟตขณะเริ่มหยุดนำกระแส

2.7.2 การออกแบบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ

การออกแบบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ จะสามารถทำโดยการแปลงจากไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าซึ่งเรียกว่าวงจรคอนเวอร์เตอร์ มีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวงจรภายใน โดยวงจรแต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไปโดยเราพอจะแยกวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ทำงานที่พบกันบ่อย ๆ ได้แก่

2.7.2.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ (Flyback Converter)

เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่ให้กำลังงานได้ไม่สูงนัก โดยอยู่ในช่วงไม่เกิน 150 วัตต์ และให้ค่าสัญญาณรบกวน RFI/EMI ค่อนข้างสูง และใช้อุปกรณ์จำนวนน้อย และมีราคาถูก

2.7.2.2 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ (Forward Converter)

เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่สามารถจ่ายกำลังงานได้สูงตั้งแต่ 500 วัตต์ขึ้นไป แต่มีข้อเสียคือ มักเกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์แม่เหล็กของแกนหม้อแปลงซึ่งจะมีผลต่อการพังเสียหายของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้ง่าย อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันเทคนิคการควบคุมกระแสจะทำให้ลดปัญหานี้ลงได้

2.7.2.3 วงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ (Push-pull Converter)

เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่มีข้อดีคือ ปริมาตรของแกนเล็กลง กระแสคอลเล็กเตอร์สูงสุดที่ทรานซิสเตอร์แต่ละตัวต่ำ ทรานซิสเตอร์ทั้งสองถูกขับด้วยกราวด์เดียวกัน ทำให้วงจรขับเบสไม่ยุ่งยาก มีข้อเสียคือ ทรานซิสเตอร์ที่ใช้จะต้องสามารถทนแรงดันได้มากกว่า2เท่า ของแรงดันอินพุทบวกกับแรงดันสไปค์ซึ่งเกิดจากค่าความเหนี่ยวนำรั่วไหลของหม้อแปลงเป็นปัญหาในการนำไปใช้กับโหลดที่ต้องการกำลังสูง ๆเพราะทรานซิสเตอร์ที่ทนกระแสและแรงดันสูง ๆ หายาก และราคาแพงมาก

2.7.2.4 วงจรฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Half-Brdge Converter)

จัดเป็นคอนเวอร์เตอร์ในตระกูลเดียวกับพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ และให้กำลังงานได้ค่อนข้างสูง ข้อดีของฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ก็คือ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรมีค่าแรงดันตกคร่อมขณะไม่นำกระแสน้อยกว่าคอนเวอร์เตอร์ทั้ง 3 แบบที่กล่าวมา และลดการเกิดไม่สมมาตรฟลักซ์ได้ โดยกำลังงานสูงสุดที่สามารถทำได้จะอยู่ในช่วงไม่เกิน 500 วัตต์

2.7.2.5 วงจรฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full-Bridge Converter)

เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่สามารถจ่ายกำลังงานได้สูงตั้งแต่500วัตต์ถึง1,000วัตต์คอนเวอร์เตอร์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นั้นมีหลายวงจรด้วยกัน เช่น วงจรแบบ Push-pull , วงจรแบบ Full-Bridgeแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะคอนเวอร์เตอร์แบบเนื่องจากเป็นวงจรคอนเวอร์เตอร์ ที่นิยมใช้กันในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

2.8 สร้างวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ไอซีเป็นตัวขับสวิตช์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ในการสร้างวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์จะเริ่มจากการพิจารณาข้อกำหนดการออกแบบซึ่งประกอบด้วยคุณสมบัติของแหล่งจ่ายไฟฟ้าได้แก่แรงดันไฟฟ้าด้านเข้า(line voltage,v_{supply}),วงจรกรองสัญญาณรบกวน,วงจรเรียงกระแส,วงจรปรับรูปคลื่นกระแสด้านเข้าที่ใช้(PFC circuit), วงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงและวงจรขับนำสวิตช์ดังมีรายละเอียดของวงจรในส่วนต่าง ๆดังนี้

2.8.1วงจรกรองแบบพาสซีพที่ใช้ แอล-ซี LC(Passive Filter)

วงจรกรองแบบพาสซีพที่ใช้แอล-ซี จะเป็นวงจรกรองเพื่อช่วยลดการรบกวนคลื่นวิทยุ(Radio Frequency Interference:EMI)ที่ความถี่สูง และการรบกวนคลื่นสนามแม่เหล็ก(Electromagtic Interfe:EMI)ที่เกิดจากวงจรคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งในขณะที่ไอซีเปลี่ยนแปลงสถานะจาก Low to High หรือ High to Low สิ่งที่แฝงอยู่จากเปลี่ยนแปลงสถานะเมื่อความถี่สูง ๆคือHamonics ของ Frequency Spectrum ซึ่งจะมีผลโดยตรงกับBandwidthของคลื่นสัญญาณEMIที่แพร่กระจายออกมาส่วนที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือในการแพร่กระจายของคลื่นสัญญาณEMIและยังช่วยลดผลของทรานเซียนต์จากสายส่งที่เกิดจากการเปลี่ยนสถานะทางเอาท์พุทของไอซีโดยความถี่ที่เป็นLowpass cutoffของฟิลเตอร์นี้ไม่เกิน2-3เท่าของความถี่ในการทำงานดังแสดงในภาพประกอบ27 ซึ่งในงานวิจัยฉบับจะนี้เลือกใช้วงกรองสัญญาณแบบ Pi Filter และเนื่องจากวงจรที่สร้างขึ้นมามีความถี่สูงจึงต้องสร้างวงจรกรองสัญญาณรบกวนให้มีคอยล์ที่ทำหน้าที่ชดเชยกระแสซึ่งจะมีโครงสร้างประกอบไปด้วยเส้นลวด2เส้นพันรอบแกนของวัสดุที่มีความซึมซับแม่เหล็กสูงในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับกระแสที่วิ่งในเส้นลวดในแต่ละข้าง(จากLine ไป Neutral)ทำให้เกิดการหักล้างกันของเส้นแรงแม่เหล็กซึ่งค่าความเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะไปลดทอนสัญญาณรบกวนได้ โดยจะสามารถคำนวณเพื่อออกแบบวงจรได้ดังนี้

Input voltage	=	220	volt
Output voltage	=	337	volt
Current	=	0.5	Amp
Maximum output current	=	0.6	Amp
Maximum ripple current	=	2	Amp(I max)
(ΔI)	=	20	%
I peak	=	2.25	Amp
I Full load (Irms)	=	3.732	Amp
Power output	=	202.2	watt
Frequency	=	50	Hertz
Time operating	=	0.02	sec
Efficiency(η)	=	0.4	
Temperature rise	=	30	°c
Duty ratio	=	1.53	
Inductance(L)	=	1.64	mH
Reactance(xL)	=	0.51	Ω
Ferrite core	=	EE-22	
Area product(Ap)	=	$1.8x10^{-3}$	cm^5
Total window area(Aw)	=	0.196	cm^2
Core area (Ap)	=	0.41	cm^2
Center pole area(Ae)	=	3.99	cm
Awg wire no.	=	30	

Capacitance(C) = 7 NF

เลือกใช้ตัวเก็บประจุ ขนาด10 nF

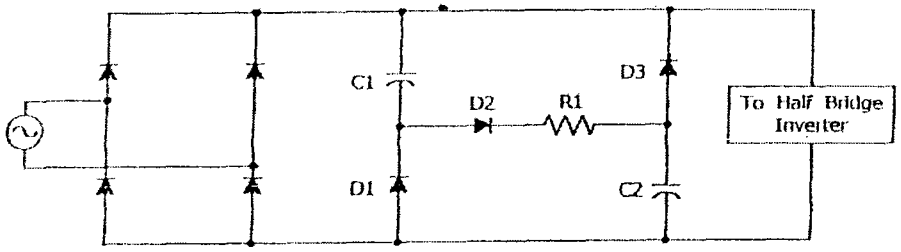
เลือกใช้ตัวเก็บประจุเพื่อกรองความถี่ขนาด 1 μF

ปกติค่าความจุของตัวเก็บประจุจะมีค่าความคลาดเคลื่อน20% ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการใช้งานจะเลือกใช้อัตราทนแรงดันสูงสุดอย่างน้อย40%ของค่าแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟ โดยจากแหล่งจ่ายไฟ 220โวลท์อัตราการทนแรงดันสูงสุด40%จะได้ช่วงแรงดันที่ปลอดภัยสำหรับการใช้งานเท่ากับ308โวลท์จะเลือกใช้ค่าการทนแรงดันเท่ากับ400โวลท์มาใช้งาน

2.8.2 วงจรเรียงกระแส(Rectifier)

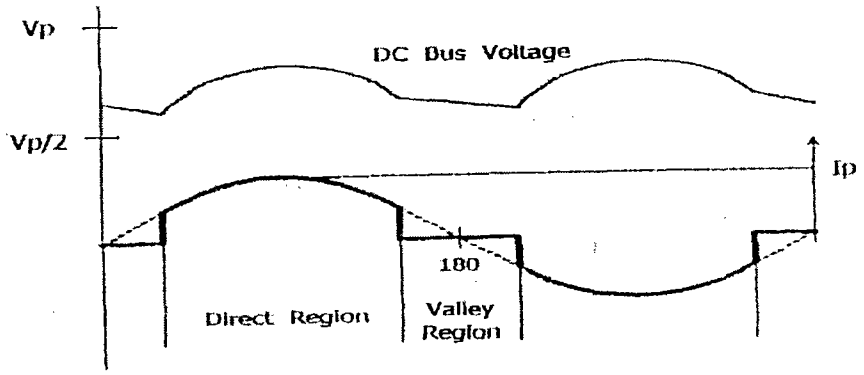
วงจรเรียงกระแสเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อจ่ายให้กับส่วนที่เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งในที่นี้เราใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์และใช้ตัวเก็บประจุทำหน้าที่เป็นวงจรกรองกระแสเพื่อลดการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเนื่องจากเป็นวงจรที่ง่ายต่อการใช้งานและมีราคาถูก ดังแสดงในภาพประกอบที่28ซึ่งไดโอดที่เลือกใช้จะเป็นไดโอดชนิดSiricon เบอร์1N4007 มีอัตราการทนแรงดันเท่ากับ1000 โวลท์ที่กระแส 1 แอมป์มาประกอบเป็นวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เนื่องจากง่ายต่อการออกแบบ และสะดวกในการใช้งาน

2.8.3 วงจรปรับรูปคลื่นกระแสด้านเข้า (Power Factor Corrector circuit : PFC circuit)ตัวประกอบกำลัง หมายถึง อัตราส่วนระหว่างกำลังงานจริง(Actual power)มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อกำลังงานที่ปรากฏ (Apprent power) มีหน่วยเป็นโวลท์-แอมป์ และถ้าค่าตัวประกอบกำลังมีค่าเป็น100%แล้วผลคูณระหว่างแรงเคลื่อนกับกระแสไฟฟ้าจะเท่ากับค่ากำลังงานไฟฟ้าพอดี กระแสไฟฟ้าจะมีทิศทางทับกัน(inphase) แต่ถ้าผลคูณระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้ามากกว่าค่ากำลังงานไฟฟ้าจะทำให้กระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่างเฟสกันซึ่งก็คือค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์จากมาตรฐานที่ใช้ในการควบคุมการผลิตบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่วางจำหน่ายในทางการค้า จะกำหนดค่าตัวประกอบกำลังวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง0.95 ซึ่งค่าตัวประกอบกำลังจะลดลงเมื่อค่าRMS ของกระแสอินพุทสูงขึ้นอีกทั้งยังมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของฮาร์มอนิกส์และอาจจะทำให้อุปกรณ์ภายในเสียหาย โดยวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังจะเป็นวงจรที่สร้างมาจากพื้นฐานของวงจรDC-DC Converter เพื่อทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้มีความสม่ำเสมออีกทั้งยังสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ตามต้องการ



ภาพประกอบ 51 วงจรปรับรูปคลื่นกระแสด้านเข้า แบบValley Fill

(ไพศาล บุญเจียม.2543:17)



ภาพประกอบ 52 สัญญาณของแรงดันวงจรปรับรูปคลื่นกระแสด้านเข้า แบบValley Fill

(ไพศาล บุญเจียม.2543:17)

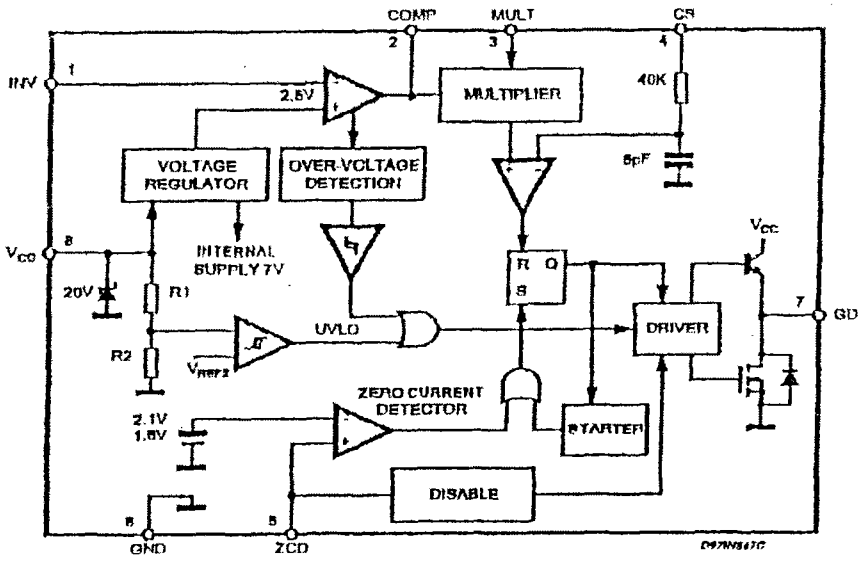
จากภาพประกอบ52 เป็นวงจรที่ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภท ตัวเก็บประจุ,ตัวต้านทานและไดโอดซึ่งในการทำงานจะเริ่มจากเมื่อตัวเก็บประจุC1,C2จะถูกชาร์ทกระแสผ่านD2ทำให้มีแรงดันออกมาในช่วงไดเร็กท์รีเจียน(Direct region) ทำให้V= $V_{line,peak}$ และตัวเก็บประจุC1,C2จะคายประจุผ่านไดโอดD1,D3ในช่วงวาเลย์รีเจียน(Valley Region)เป็นช่วง V= $V_{line,peak}$/2 ซึ่งวงจรวาเลย์ฟิลด์จะช่วยลดความผิดเพี้ยนของกระแสทางด้านเข้าทำให้กระแสฮาร์มอนิกส์ลดลงและทำให้เป็นการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังของวงจรให้ดีขึ้นซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้ไอซีเบอร์L6561ซึ่งเป็นไอซีสำหรับควบคุมระดับแรงดันและเพิ่มค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ1

2.8.3.1คุณสมบัติของไอซีในวงจรปรับรูปคลื่นกระแสด้านเข้า

การสร้างวงจรปรับรูปคลื่นกระแสด้านเข้าสำหรับงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้ไอซีเบอร์L6561เพื่อลดความยุ่งยากในการออกแบบวงจรเนื่องจากอุปกรณ์หลักคือไอซี ซึ่งผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ควบคุมPower Factor Corrector pregulatorsโดยใช้เทคนิควิธีการเปลี่ยนค่าการควบคุมให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อใช้งานร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้อย่างเหมาะสม

2.8.3.1.1ไอซีเบอร์ L6561

L6561เป็นไอซีที่ผลิตขึ้นมาสำหรับการควบคุมค่าตัวประกอบกำลังและปรับระดับแรงดันเพื่อให้มีรูปคลื่นกระแสด้านเข้าทีคงที่ และเหมาะสมกับการใช้งาน โดยแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับวงจรจะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันจะอยู่ระหว่าง85ถึง265โวลท์ซึ่งจะถูกแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อส่งไปยังวงจรboot converterโดยตัวเก็บประจุจะถูกแยกเป็น2ส่วนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองสัญญาณฮาร์มอนิกส์ซึ่งการลดจำนวนตัวเก็บประจุให้น้อยลงทำให้จุดต่อของ วงจรลดลงจึงเป็นผลให้ค่าของสัญญาณรบกวนลดลงด้วยโดยในส่วนของ วงจร boot converter จะประกอบด้วย inductor , สวิตช์ควบคุมการทำงาน และ วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าดังแสดงในภาพประกอบ53



ภาพประกอบ 53 โครงสร้างของไอซีเบอร์ L6561

(ST Microelectronic.2001:1)

2.8.3.2การทำงานของไอซีเบอร์ L6561

ส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่ใช้งานร่วมกับไอซีเบอร์ L6561มีดังนี้

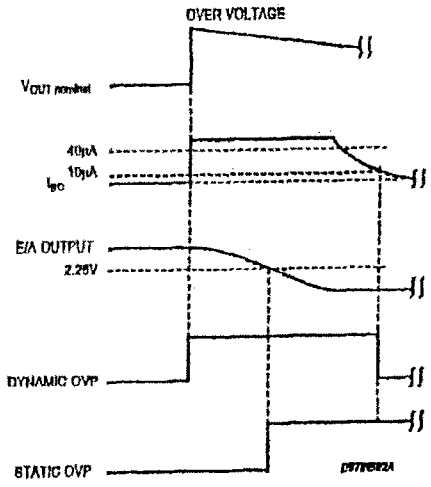
Ccomp เป็นตัวเก็บประจุที่ทำหน้าที่ในการเปรียบเทียบระดับแรงดันไฟฟ้าของวงจร Over voltage protection เพื่อตรวจสอบระดับแรงดันที่ป้อนให้กับวงจรภายในตัวไอซี

R1,R2 เป็นความต้านทานที่ทำหน้าที่ในการจำกัดกระแสที่เข้าในวงจร Over voltage protection เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในค่าที่คงที่อย่างสม่ำเสมอซึ่งในสภาวะปกติกระแสที่ไหลผ่านR1และR2สามารถคำนวณได้จากสูตร $I_{R1SC} = (V_{OUT} - 2.5) / R_1 = IR_2 = 2.5V/R_2$

ถ้ามีการชดเชยจากวงจรภายนอกโดยค่าของตัวเก็บประจุจะทำให้ค่ากระแสที่ได้เท่ากับศูนย์ และเมื่อแรงดันเพิ่มขึ้นค่ากระแสที่ตกคร่อมR1จะเท่ากับ

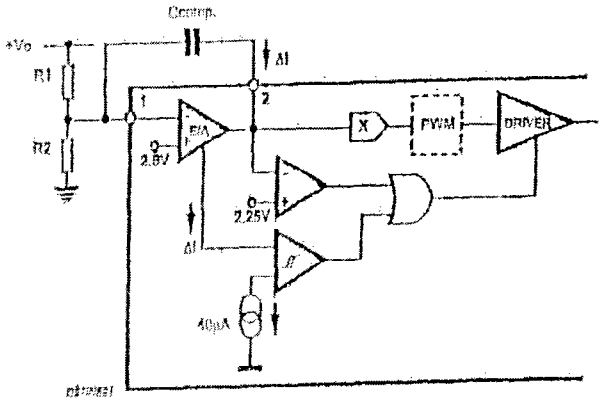
$$I_{R1} = (V_{OUTSC} + \Delta V_{OUT} - 2.5) / R_1 = IR_{1RC} + \Delta I_{R1}$$

ดังนั้นถ้าค่ากระแสที่ไหลผ่าน R_2 ไม่เปลี่ยนแปลงΔI_{R1} จะมีกระแสไหลเป็นผลทำให้วงจรในส่วนการขยายสัญญาณทำงานผิดพลาด ซึ่งค่าแรงดัน และกระแสในช่วงที่มีการทำงานจะมีค่าเท่ากับ 2.5V,3.7μAดังแสดงในภาพประกอบ54และภาพประกอบ55



ภาพประกอบ 54 แสดงสถานะการทำงานของไอซีเบอร์ L6561

(ST Microelectronic.2001:5)



ภาพประกอบ 55 แสดงวงจรOvervoltage Protection Circuit

(ST Microelectronic.2001:5)

2.8.4วงจรฮาร์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์(Half bridge innverter)

วงจรฮาร์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์คือวงจรคอนเวอร์เตอร์ในตระกูลเดียวกับพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ และให้กำลังงานได้ค่อนข้างสูง ข้อดีของฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ก็คือ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรมีค่าแรงดันตกคร่อมขณะไม่นำกระแสน้อยกว่าคอนเวอร์เตอร์ทั้ง 3 แบบที่กล่าวมา และลดการเกิดไม่สมมาตรฟลักซ์ได้ โดยกำลังงานสูงสุดที่สามารถทำได้จะอยู่ในช่วงไม่เกิน500วัตต์ซึ่งจากวงจรนี้จะใช้ขดลวดมาเป็นอุปกรณ์หลักของวงจรโดยจะให้ขดลวดด้านหนึ่งเป็นตัวเหนี่ยวนำให้ตัวเหนี่ยวนำอีกสองด้านทำงานสลับกัน

-ข้อดีของวงจร วงจรฮาร์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์(Half bridge converter)

-ค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวสวิตช์ขณะหยุดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับค่าแรงดันทางด้านอิพุท

-ลดการเกิดฟลักซ์แม่เหล็กที่ไม่สมมาตรในขดไพมารี ในกรณีใช้หม้อแปลงเป็นตัวเหนี่ยวนำ

-สัญญาณกระแสที่ได้ทางเอาท์พุทค่อนข้างเรียบ

-ประหยัดเนื่องจากใช้อุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์เพียง2ตัว

-กระแสที่ไหลผ่านหลอดจะมีค่าใกล้เคียงรูปไซน์

-กำลังทางออกของวงจรไม่สูงมากนักจึงทำให้ง่ายต่อการขับนำสวิตช์

ข้อเสียของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์

เนื่องจากแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดไพมารี(กรณีใช้หม้อแปลงเป็นตัวเหนี่ยวนำ)มีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของ แรงดันด้านอินพุท ทำให้มีกระแสไหลผ่านค่อนข้างสูง

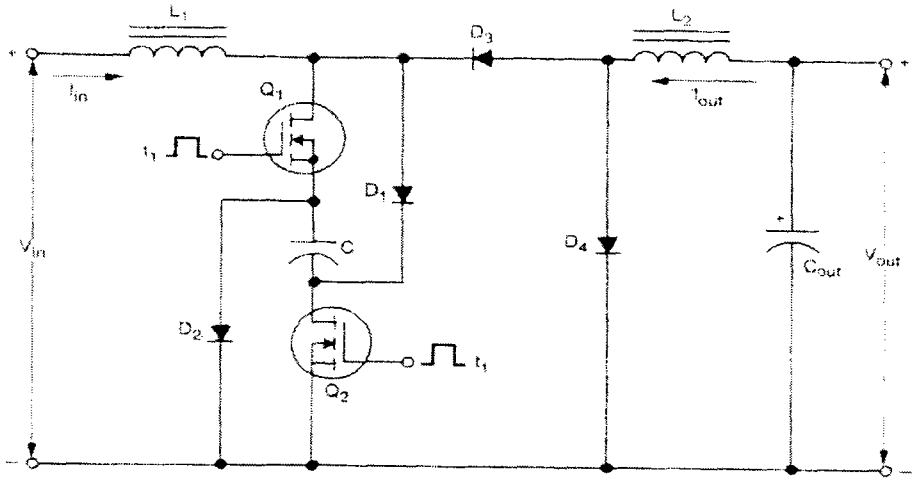


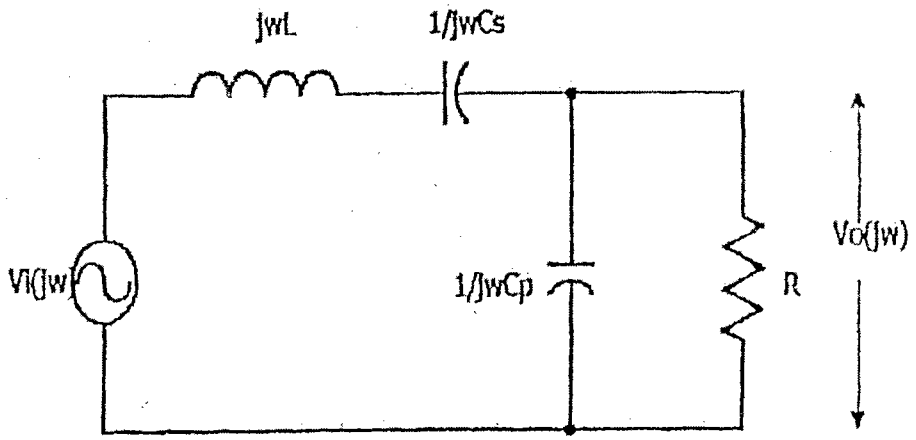
FIGURE 3-21 Schematic diagram of a nonisolated Sheppard-Taylor converter.

ภาพประกอบ 56 แสดงวงจรself half bridge inverter

(ST Microelectronic.1989:46)

2.8.5วงจรเรโซแนนท์ (Resonant Circuit)

ในวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ได้มีการนำเอาวงจรเรโซแนนท์มาประยุกต์ใช้งานเพื่อในการจุดหลอดในสภาวะเริ่มต้น โดยการเลือกวงจรวงจรเรโซแนนท์มาประยุกต์ใช้งานกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องพิจารณาที่อัตราการขยายของวงจร โดยการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันอินพุทกับแรงดันเอาท์พุทซึ่งจะต้องสามารถให้แรงดันด้านออกที่สูงมากในขณะที่ทำการจุดหลอด และลดลงเมื่อหลอดทำงานในสภาวะปกติ จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงเลือกใช้วงจรเรโซแนนท์แบบอนุกรม-ขนานกับโหลด(Series Parallel loaded Resonant:SPLR)ซึ่งเป็นวงจรที่มีการต่อวงจรแบบอนุกรมและขนานอยู่ในวงจรเดียวกัน โดยมีลักษณะการต่อวงจรดังภาพประกอบ57



ภาพประกอบ 57 วงจรเรโซแนนท์ (Resonant Circuit)

(จิโรจน์ พรวัฒนา.2543:47)

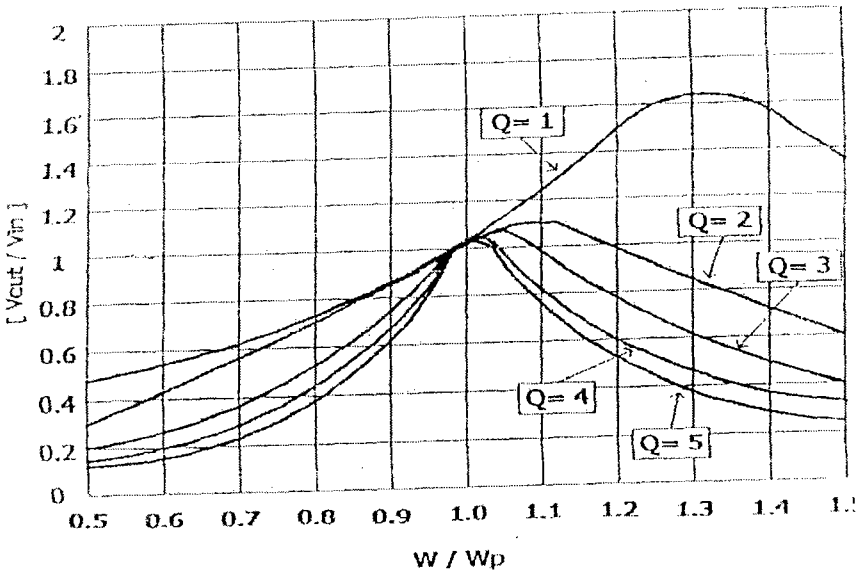
จากภาพประกอบ57 สามารถนำมาเขียนเป็นทรานเฟอร์ฟังก์ชั่นได้ดังนี้

$$\left| \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left| \frac{C_p}{C_s} \right|^2 \left| \frac{\omega}{\omega_p} \right|^2 + Q_s^2 \left| \frac{\omega}{\omega_s} - \frac{\omega_s}{\omega} \right|^2}}$$

เมื่อ Cp = Cs จะได้ สมการเป็นดังต่อไปนี้

$$\left| \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} \right| = \frac{1}{\sqrt{2 + \left| \frac{C_p}{C_s} \right|^2 \left| \frac{\omega}{\omega_p} \right|^2 + Q_s^2 \left| \frac{\omega}{\omega_s} - \frac{\omega_s}{\omega} \right|^2}}$$

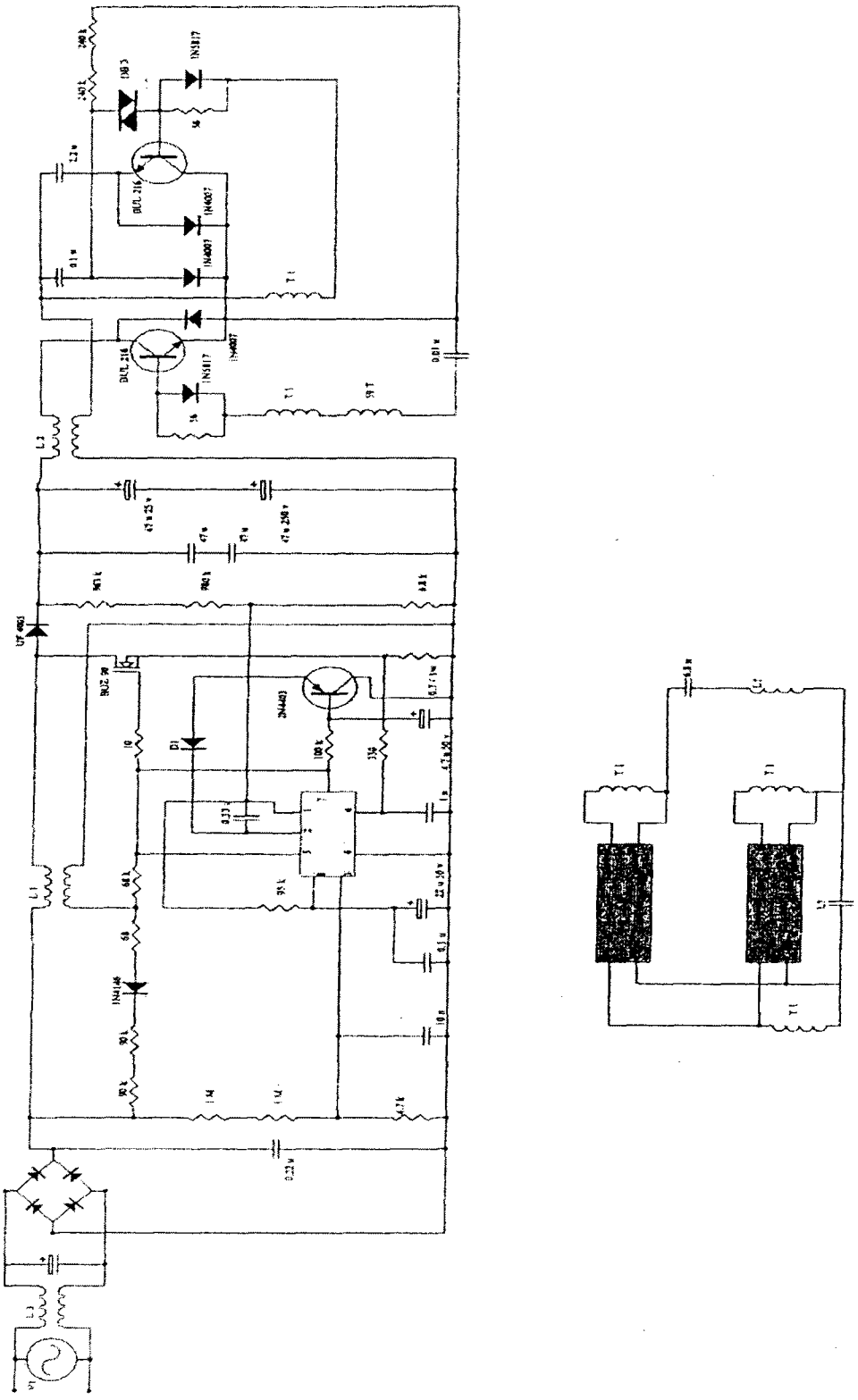
จากทรานเฟอร์ฟังก์ชั่นของวงจรเรโซแนนท์ แบบอนุกรม-ขนานกับโหลด (Series Parallel loaded Resonant:SPLR) สามารถนำมาเขียนเป็นกราฟได้ดังภาพประกอบ58



ภาพประกอบ 58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายเทียบกับความถี่เรโซแนนท์ของวงจรเรโซแนนท์แบบอนุกรม-ขนานกับโหลด(Series Parallel loaded Resonant:SPLR)

(จิโรจน์ พรวัฒนา.2543:47)

จากภาพประกอบ58 จะพบว่าเกณฑ์ที่วงจรสามารถทำงานได้มีค่ามากกว่า1 แต่ถ้าแรงดันทางด้านอินพุทมีค่าแรงดันต่ำอาจทำให้แรงดันทางเอาท์พุทไม่เพียงพอต่อการจุดหลอดจะต้องใช้หม้อแปลงปรับแรงดันให้สูงขึ้นเพื่อช่วยในการจุดหลอด



ภาพประกอบ 59 วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์

2.8.6การสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ตามวงจรที่แสดงในภาพประกอบ59 โดยการใช้ไอซีเบอร์L6561ซึ่งเป็นไอซีในการควบคุมค่าตัวประกอบกำลังและรักษาระดับแรงดันไฟตรงให้คงที่ก่อนจะส่งมายังวงจรออสซิเลตซึ่งมีการจัดวงจรแบบพุช-พูลโดยใช้ขดลวดเป็นอุปกรณ์หลักของวงจรที่ทำหน้าที่เหนี่ยวนำทำงานสลับกันเพื่อหาจุดทำงานที่เหมาะสมและส่งผ่านไปยังวงจรเรโซแนนท์เพื่อใช้สำหรับจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์

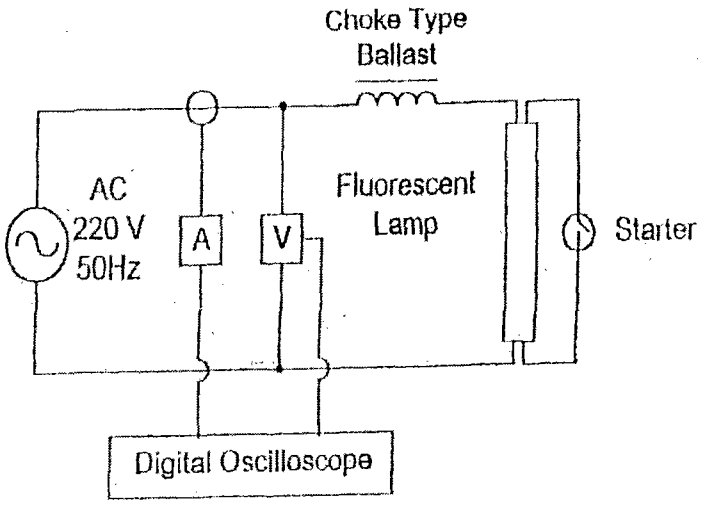
2.8.6.1สั่งทำแผ่นวงจรพิมพ์จากวงจรที่ได้ทำการออกแบบไว้ดังในภาพประกอบ64 ที่บริษัทซีเกทเซอร์กิต จำกัด 28 ถนนเจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร

2.8.6.2สั่งซื้ออุปกรณ์ตามวงจรที่ได้ทำการออกแบบไว้ดังในภาพประกอบ59 ที่บริษัทณัฐพงษ์เซลล์แอนด์เซอร์วิท 119 ถนนอัษฎางค์ แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร

2.8.6.3ประกอบอุปกรณ์ลงในแผ่นวงจรพิมพ์ที่ห้องซ่อมบำรุง ศูนย์ควบคุมระบบทางด่วนขั้นที่2 การทางพิเศษแห่งประเทศไทย เลขที่238/7 ถนนอโศก-ดินแดง แขวงห้วยขวาง เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10320

2.8.7ทดลองการทำงานของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ตามวงจรที่แสดงในภาพประกอบ59

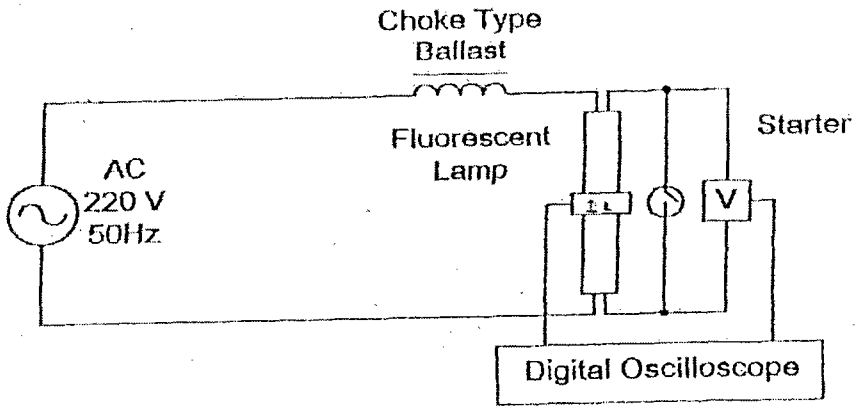
2.8.7.1ทำการทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันของอินพุทและกระแสอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์



ภาพประกอบ 60 วงจรที่ใช้วัดรูปคลื่นแรงดันของอินพุทและกระแสอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์

(ไพศาล บุญเจียม.2544:16)

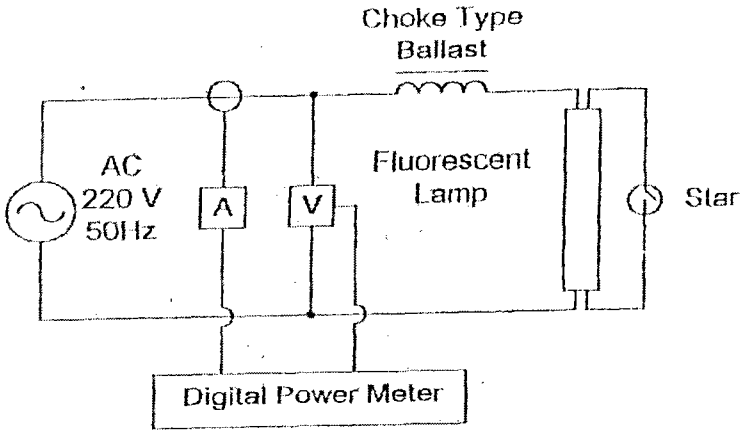
2.8.7.2ทำการทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันของหลอดฟลูออเรสเซนต์และกระแสอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์



ภาพประกอบ 61 วงจรที่ใช้ในวัดรูปคลื่นแรงดันของหลอดฟลูออเรสเซนต์และกระแสอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์

(ไพศาล บุญเจียม.2544:16)

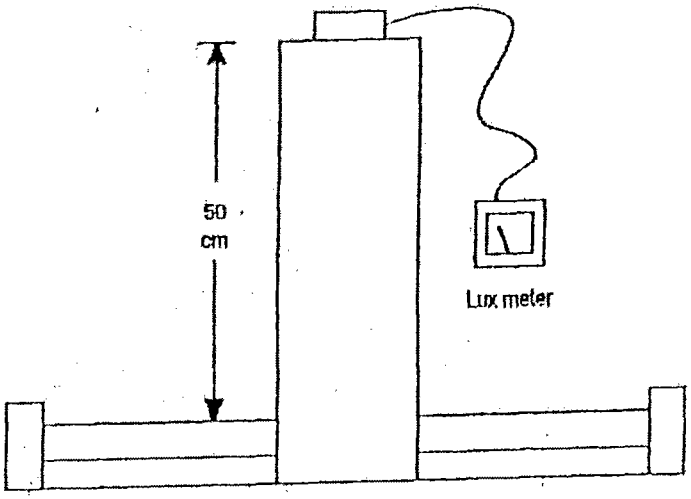
2.8.7.3ทำการทดลองวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์



ภาพประกอบ 62 การวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์

(ไพศาล บุญเจียม.2544:17)

2.8.7.4ทำการทดลองวัดค่าความสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์



ภาพประกอบ 63 การวัดค่าความสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์

(ไพศาล บุญเจียม.2544:17)

2.9 การประเมินการออกแบบและการใช้งานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์จำนวน2หลอด ทำโดยการประเมินจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ผู้เชี่ยวชาญในด้านระบบไฟฟ้า,ผู้เชี่ยวชาญในด้านระบบแสงสว่าง,ผู้เชี่ยวชาญในด้านอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยการนำบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์จำนวน2หลอดที่สร้างขึ้น ให้ผู้เชี่ยวในต่ละด้านเป็นผู้ประเมิน เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการออกแบบและการใช้งาน

2.9.1ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

2.9.1.1 ผู้เชี่ยวชาญในด้านระบบไฟฟ้า

2.9.1.1.1 ผู้เชี่ยวชาญในด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ. อยุธยา คุณวุฒิ Ed.D. ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านอิเล็กทรอนิกส์

2.9.1.1.2 ผู้เชี่ยวชาญในด้านระบบไฟฟ้าได้แก่ นายสันติ ชาตรุประชีวิน คุณวุฒิวิศวกรมศาสตร์มหาบัณฑิต ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า ปัจจุบันดำรง ตำแหน่ง วิศวกร ระดับ5 กองการผลิต บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทยเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านระบบไฟฟ้า

2.9.1.1.3 ผู้เชี่ยวชาญในด้านระบบแสงสว่างได้แก่ นายพลรัฐ วิวิธวร คุณวุฒิ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า ปัจจุบันดำรง ตำแหน่ง วิศวกร ระดับ5 กองพัฒนาบริการ บริษัททศท.คอเปอร์เรชั่นจำกัดมหาชน เป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านระบบแสงสว่าง

3. สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบอุปกรณ์

สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบอุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ขอความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ของแผนกทดสอบอุปกรณ์สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ นิคมอุตสาหกรรมบางปู ซอย8 ถนนสุขุมวิท ก.ม.37 เลขที่ 975 หมู่4 ตำบลแพรกษา อำเภอเมือง สมุทรปราการ เป็นสถานที่ทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์

4.การวิเคราะห์ผลข้อมูลการทดสอบ

4.1การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ ตามมาตรฐานตามมาตฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.885-2532 และ มอก1506-2541 แบ่งออกเป็น 5ขั้นตอนคือ

4.1.1 ค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

วิธีการทดสอบ

ค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะทำการวัดหาค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์โดยจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ95ของค่าที่ผู้ทำแจ้งไว้

4.1.2 การวัดค่าตัวประกอบกำลังของวงจร

วิธีการทดสอบ

การวัดค่าตัวประกอบกำลังจะทำการวัดหาค่าตัวประกอบกำลังของวงจรโดยจะต้องมีค่าอย่างน้อย0.85(มอก.1506-2541;2,10,26)โดยค่าที่วัดได้จะต้องมีค่าต่างกันไม่เกิน0.5จากค่าที่แสดงไว้บนตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(มอก.1506-2541;5)

4.1.3 ค่าตัวประกอบยอดคลื่นของกระแสไฟฟ้าผ่านหลอด

วิธีการทดสอบ

การวัดค่าตัวประกอบยอดคลื่นของกระแสไฟฟ้าตามมาตรฐานตามมาตฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.885-2532 และ มอก1506-2541กำหนดให้ค่าตัวประกอบยอดคลื่นของกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดมีค่าไม่เกิน 1.7(คุณลักษณะเฉพาะของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ . 2535:2)

4.1.4 การทดสอบอุณหภูมิบนตัวกล่อง

วิธีการทดสอบ

การทดสอบอุณหภูมิบนตัวกล่องจะทำการทดสอบโดยทำการวัดอุณหภูมิบนตัวกล่องขณะบัลลาสต์ทำงานอุณหภูมิที่ผิวภายนอกบัลลาสต์(มอก.885-2532;12)จะต้องมีค่าอุณหภูมิบนตัวกล่องขณะบัลลาสต์ทำงานระหว่าง 0 ถึง 50 องศาเซลเซียส (มอก.1506-2541)

4.1.5 การทดสอบอุณหภูมิโดยรอบหลอดฟลูออเรสเซนต์

วิธีการทดสอบ

การทดสอบอุณหภูมิโดยรอบหลอดฟลูออเรสเซนต์จะทำการทดสอบโดยทำการวัดอุณหภูมิโดยรอบหลอดฟลูออเรสเซนต์ต้องอยู่ในพิสัย23ถึง27องศาเซลเซียส(มอก.1506-2541;4,11)

5.การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล จะมีการนำเสนอดังนี้

5.1 การนำเสนอโดยการบรรยายเกี่ยวกับประสิทธิภาพและการทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์ ตามมาตฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.885-2532 และ มอก1506-2541

บทที่4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆที่ใช้ในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์จำนวน2หลอด โดยออกแบบวงจรและกำหนดวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือ ที่ใช้ในการสร้างตามรายละเอียดที่ได้ศึกษาค้นคว้าไว้ และกำหนดระยะเวลาในการสร้าง ทดสอบปรับปรุงและแก้ไขการทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36วัตต์ ซึ่งผลการสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ มีดังต่อไปนี้

1 การออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์จำนวน2หลอด ซึ่งมีคุณสมบัติและประสิทธิภาพตามตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก.885-2532)และ(มอก.1506-2541)มีส่วนประกอบดังนี้

1.1.1 วงจรคอนเวอร์เตอร์(Converter Circuit)เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับขนาดแรงดันไฟฟ้า220โวลท์(Volts:V) กระแสไฟฟ้า0.05แอมป์แปร(Ampre:A) แปลงเป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง400โวลท์(Volts:V)สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า2แอมป์แปร(Ampre:A)จำนวน1ชุดซึ่งจากการทดสอบโดยการป้อนแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับขนาดแรงดันไฟฟ้า220โวลท์ความถี่50เฮิรตซ์ ให้กับชุดแปลงแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดยผ่านชุดเรกติฟายเออร์เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายให้กับวงจรซึ่งมีวงจรกรองกระแสด้านเข้าและวงจรป้องกันเพื่อทำหน้าที่ลดสัญญาณรบกวนจากภายนอกที่จะเข้ามารบกวนวงจร อีกทั้งยังป้องกันกระแสกระชากและแรงดันเกินชั่วขณะในช่วงเปิดแรงดันเข้าวงจรก่อนที่จะส่งแรงดันให้กับวงจรปรับรูปคลื่นของกระแสด้านเข้า เพื่อลดสัญญาณฮาร์มอนิกส์และเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังด้านเข้าให้กับวงจรซึ่งจะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ได้มีค่ามีค่าคงที่ โดยในวงจรนี้จะมีการเลือกใช้ไอซีเป็นอุปกรณ์หลัก สำหรับงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้ไอซีเบอร์L6561เพื่อลดความยุ่งยากในการออกแบบวงจรเนื่องจากอุปกรณ์หลักคือไอซีที่เลือกมาใช้งานซึ่งจะถูกผลิตขึ้นมาเพื่อใช้สำหับการควบคุมPower Factor Corrector pregulators โดยใช้เทคนิควิธีการเปลี่ยนค่าการควบคุมให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อใช้งานร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้อย่างเหมาะสมจากนั้นจะมีวงจรกรองผ่านต่ำทำหน้าทีในการลดการกระเพื่อมของแรงดันให้มีระดับของแรงดันที่เรียบขึ้นก่อนที่จะส่งผ่านไปให้กับวงจรวงจรอินเวอร์เตอร์

1.1.2 วงจรอินเวอร์เตอร์(Inverter Circuit) เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงจากวงจรคอนเวอร์เตอร์400โวลท์(Volts:V)ให้เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ170โวลท์(Volts:V)ซึ่งจะสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า0.05แอมป์แปร(Ampre:A)จำนวน1ชุดและทำหน้าที่เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ในการควบคุมการทำงานสำหรับใช้ในการสร้างสัญญาณไปขับตัวสวิตช์ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์กำลังเบอร์ bul216 ต่อวงจรแบบ Half-bridge ทำให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมีค่าคงที่ซึ่งเป็นไปตามความมุ่งหมายของการวิจัย

2.ออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยใช้ไอซีเบอร์ L6561ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์หลักของวงจรคอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์หลักของวงจรอินเวอร์เตอร์ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออ

เรสเซนต์นั้นเมื่อมีการประกอบอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์แล้วจะทำการทดสอบตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ เพื่อให้เป็นไปตามความมุ่งหมายของการวิจัยจะกำหนดคุณสมบัติและรายละเอียดของอุปกรณ์ไว้ดังนี้

2.1.ตัวต้านทานที่ใช้ในชุดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์จะเลือกใช้ตัวต้านทานที่มี ค่าความผิดพลาดร้อยละ 1 ขนาด 1/4 วัตต์

2.2.ตัวเหนี่ยวนำที่ใช้ในชุดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์จะเลือกใช้ตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าความผิดพลาดร้อยละ 10

2.3.ตัวเก็บประจุที่ใช้ในชุดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์จะเลือกใช้ตัวเก็บประจุ ชนิดโพลีเอสเตอร์,โพลีโพไพลีน,เซรามิก และอิเล็กโตรไลติก ที่มีค่าความผิดพลาดน้อยกว่าร้อยละ 10

2.4.มอสเฟตกำลังที่ใช้ในชุดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์จะเลือกใช้มอสเฟตกำลังที่สามารถใช้งานได้ในระดับแรงดันสูง ความถี่สูง เป็นมอสเฟตกำลัง ชนิดเอ็นเซนแนล

2.5.ไอซีที่ใช้ในชุดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์จะเลือกใช้ไอซีเบอร์ L6561ซึ่งเป็นไอซีที่ผลิตขึ้นมาสำหรับการควบคุมค่าตัวประกอบกำลังและปรับระดับแรงดันให้มีรูปคลื่นกระแสด้านเข้าที่คงที่

2.6ตัวเก็บประจุ จะถูกแยกเป็น2ส่วนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองสัญญาณฮาร์มอนิกส์ ซึ่งการลดจำนวนตัวเก็บประจุให้น้อยลงจะเป็นผลทำให้จุดต่อของวงจรลดลงจึงเป็นผลให้ค่าของสัญญาณรบกวนลดลงด้วยโดยในส่วนของ วงจร boot converter จะประกอบด้วย inductor , สวิตช์ควบคุมการทำงาน ที่สามารถสร้างแรงดัน และความถี่สูง โดยมีชุดออสซิลเลเตอร์ในตัวเอง(Self-Oscilating Half-Bridge Driver)

2.7ไดโอดที่ใช้ในชุดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์คือไดโอดชนิดมีช่วงทำงานเร็ว(Fast Recorvery Diode) , ซีเนอร์ไดโอด(Zener Diode) และเร็กติไฟเออร์ไดโอด(Rectifier Diode)จากนั้นจึงได้นำบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์มาทำการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน2หลอด

การทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ ผู้วิจัยได้ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากบัณฑิตวิทยาลัยไปยังฝ่ายทดสอบ อุปกรณ์ สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ถนนพระสุเมรุ บางลำพู พระนคร กรุงเทพมหานคร เพื่อขอทำการทดสอบและวิเคราะห์แล้วนำผลจากการทดสอบและการวิเคราะห์ที่ได้มาทำการนำเสนอโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

1.การวัดรูปคลื่นแรงดันของอินพุทและกระแสเอาท์พุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน2หลอด

ตาราง 11 การทดสอบแรงดันทางอินพุทและกระแสอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์จำนวน2หลอด

การทดสอบแรงดันทางอินพุทและกระแสอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์				
ลำดับขั้นการทดสอบ	ค่าที่ได้จากการทดสอบ			หมายเหตุ
	แรงดันไฟฟ้า (v)	กระแส (I)	กำลังงานไฟฟ้า(w)	
1.แรงดันทางด้านอินพุท	219.9 V.	-	-	
2.กระแสทางด้านอินพุท	-	0.53 A.	-	
3.ค่ากำลังงานไฟฟ้า	-	-	116.54 W.	

2.การทดสอบค่าทางไฟฟ้าทางอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน2หลอด

ตาราง12การทดสอบค่าทางไฟฟ้าทางอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน2หลอด

ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบค่าทางไฟฟ้าทางอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 12 การทดสอบค่าทางไฟฟ้าทางอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

การทดสอบค่าทางไฟฟ้าทางอินพุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์				
ลำดับขั้นการทดสอบ	ค่าที่ได้จากการทดสอบ			
	แรงดันไฟฟ้า (v)	กระแส (I)	กำลังงานไฟฟ้า(w)	ค่าอื่น ๆ
1.ค่าตัวประกอบกำลัง	-	-	-	0.99
2.ค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์	-	-	-	ร้อยละ 97
3.ค่ากำลังไฟฟ้าเข้าวงจรของบัลลาสต์	219.9 V	0.53 mA	116.54 W	-
5.อุณหภูมิโดยรอบของหลอดฟลูอเรสเซนต์	-	-	-	25 °C
5.อุณภูมิบนตัวกล่องของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	-	-	-	40.2 °C

3.การทดสอบค่าทางไฟฟ้าทางเอาท์พุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน2หลอด

ตาราง13การทดสอบค่าทางไฟฟ้าทางเอาท์พุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน2หลอด

ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบค่าทางไฟฟ้าทางเอาท์พุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 13 การทดสอบค่าทางไฟฟ้าทางเอาท์พุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

การทดสอบค่าทางไฟฟ้าทางเอาท์พุทของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์				
ลำดับขั้นการทดสอบ	ค่าที่ได้จากการทดสอบ			
	แรงดันไฟฟ้า	กระแส	กำลังงานไฟฟ้า	ค่าอื่น ๆ
1.ค่าตัวประกอบกำลัง	-	-	-	0.99
2.ค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์	-	-	-	ร้อยละ 97
3.ค่ากำลังไฟฟ้าเข้าวงจรของบัลลาสต์	87.84V	0.31mA	78.53W	-
5.อุณหภูมิโดยรอบของหลอดฟลูอเรสเซนต์	-	-	-	25 °C
5.อุณภูมิบนตัวกล่องของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	-	-	-	40.2 °C

4.การทดสอบค่าความส่องสว่างวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน2หลอด

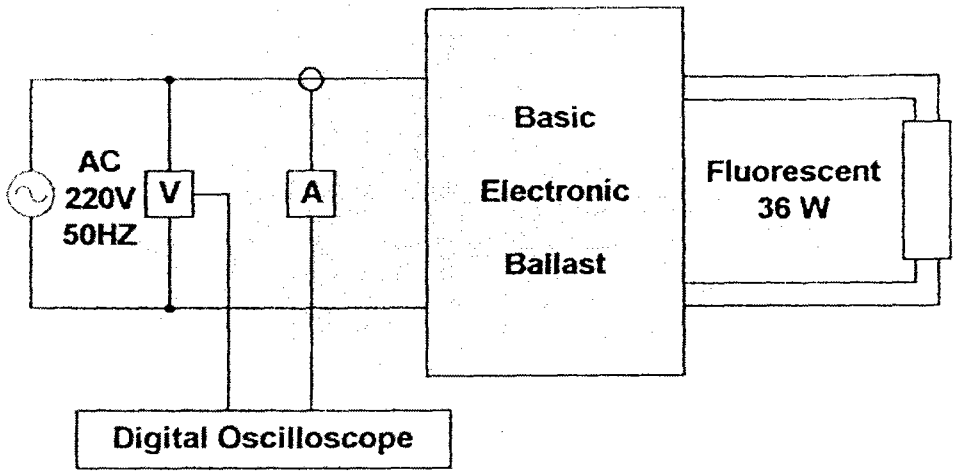
ตาราง14การทดสอบค่าความส่องสว่างวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน2หลอด

ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบค่าความส่องสว่างวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์จำนวน2หลอด มีรายละเอียดดังนี้

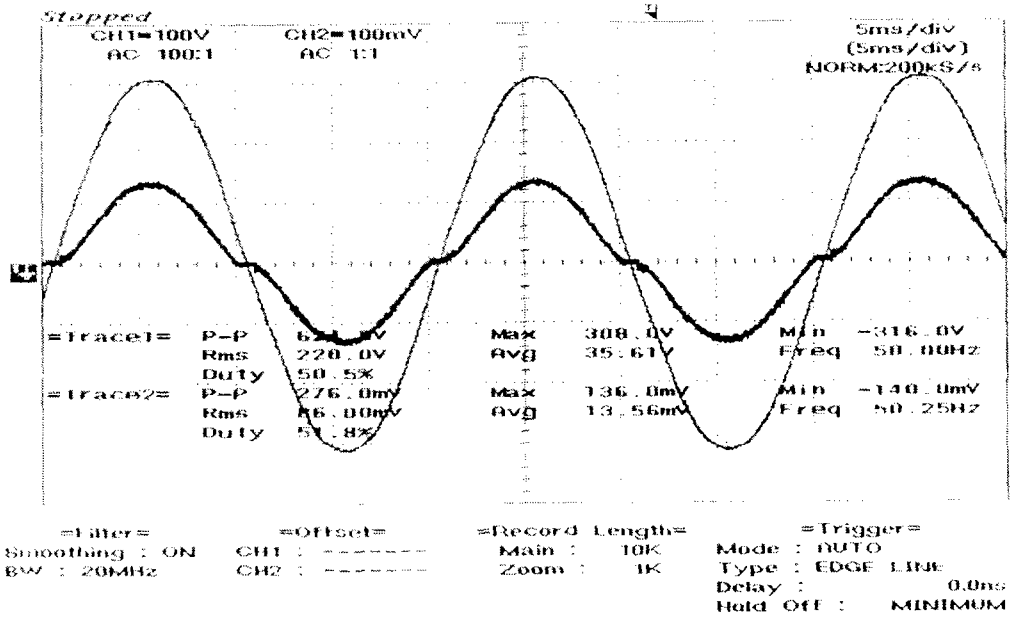
ตาราง 14 การทดสอบค่าความส่องสว่างวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน2หลอด

การทดสอบค่าความส่องสว่างวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์				
ลำดับขั้นการทดสอบ	ค่าที่ได้จากการทดสอบ			หมายเหตุ
	แรงดันไฟฟ้า (v)	กระแส (I)	กำลังงานไฟฟ้า(w)	
1.แรงดันทางด้านอินพุท	220 V.	-	-	
2.กระแสทางด้านอินพุท	-	0.31 A.	-	
3.ค่ากำลังงานไฟฟ้า	-		34 W.	
4.ค่าความสว่าง	-	-	-	2600 lumen

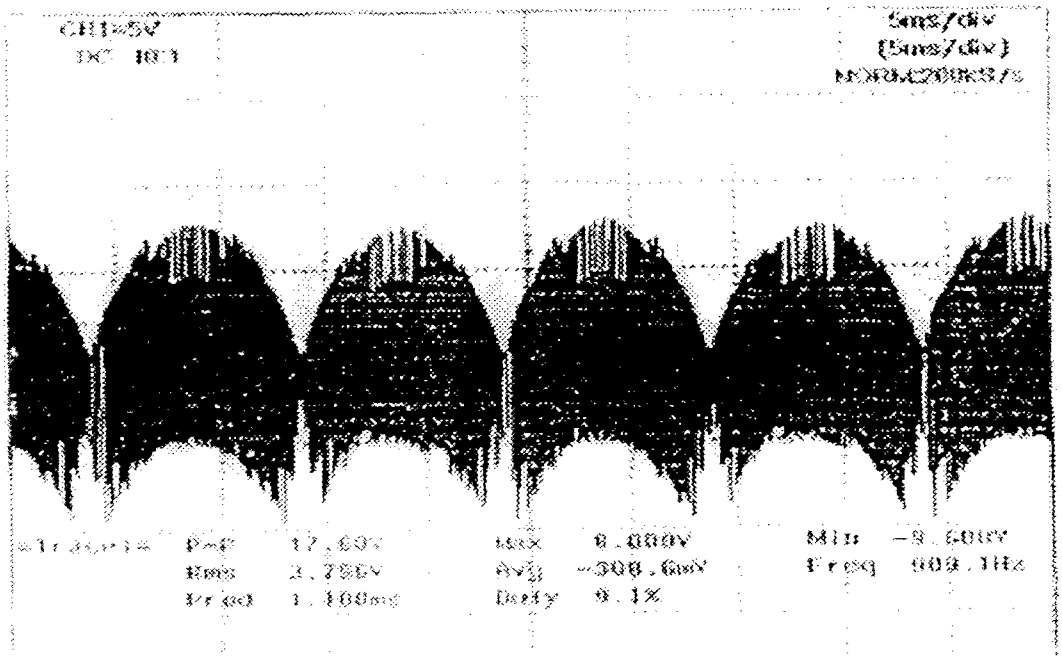


ภาพประกอบ 64 วงจรวัดรูปคลื่นกระแสและแรงดันทางอินพุท

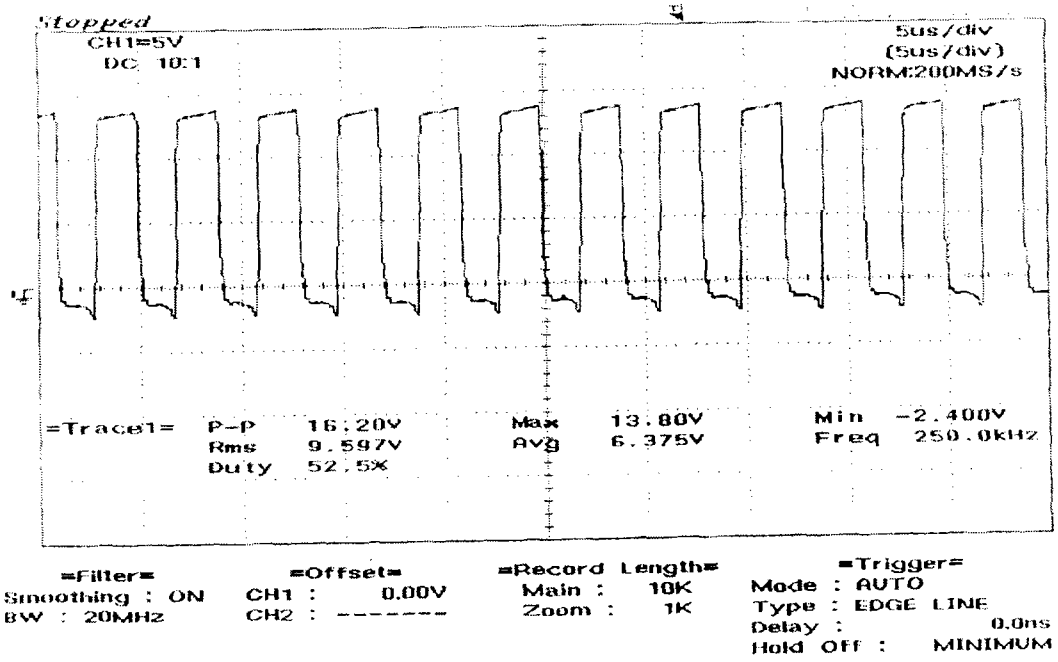
(ไพศาล บุญเจียม.2543:17)



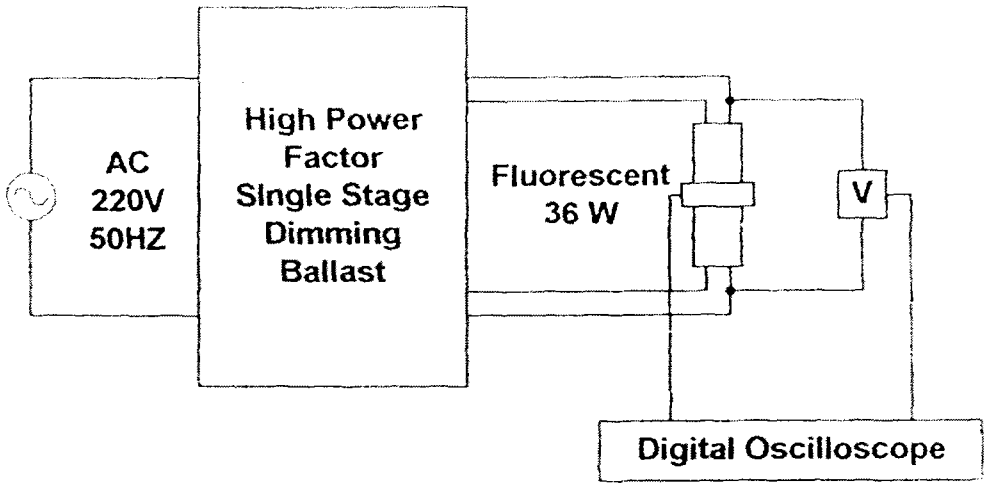
ภาพประกอบ 65 สัญญาณแรงดันและกระแสของวงจรคอนเวอร์เตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์L6561 เป็นตัวสร้างสัญญาณควบคุม



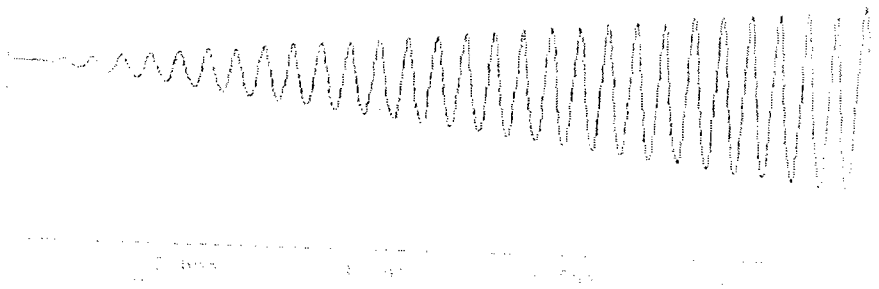
ภาพประกอบ 66 สัญญาณตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำของวงจรคอนเวอร์เตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์L6561เป็นตัวสร้างสัญญาณควบคุม



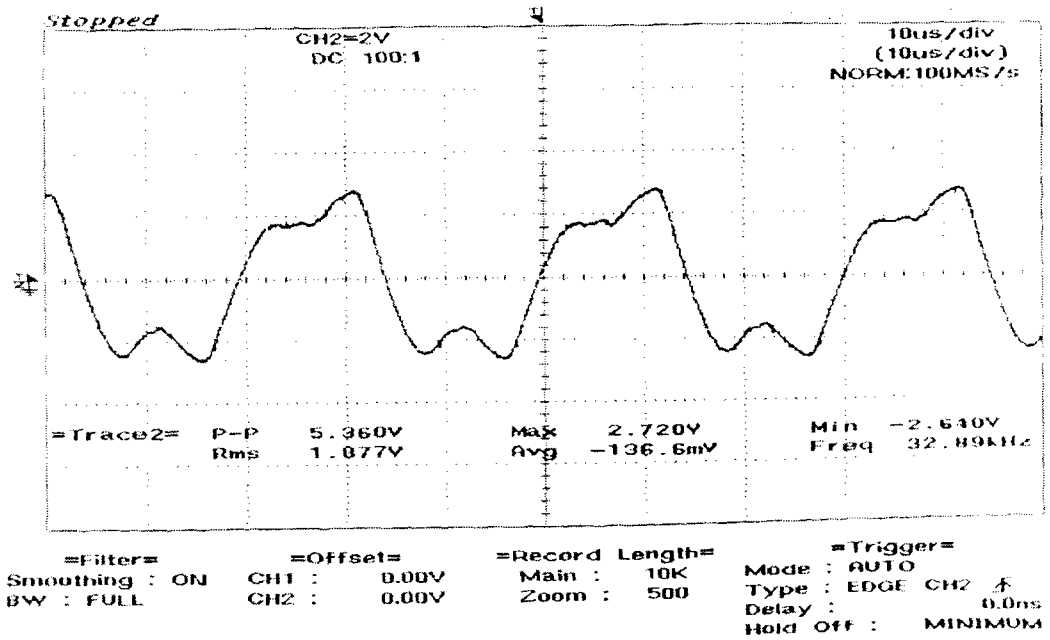
ภาพประกอบ 67 สัญญาณจากขาเกทของวงจรคอนเวอร์เตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์L6561 เป็นตัวสร้างสัญญาณควบคุม



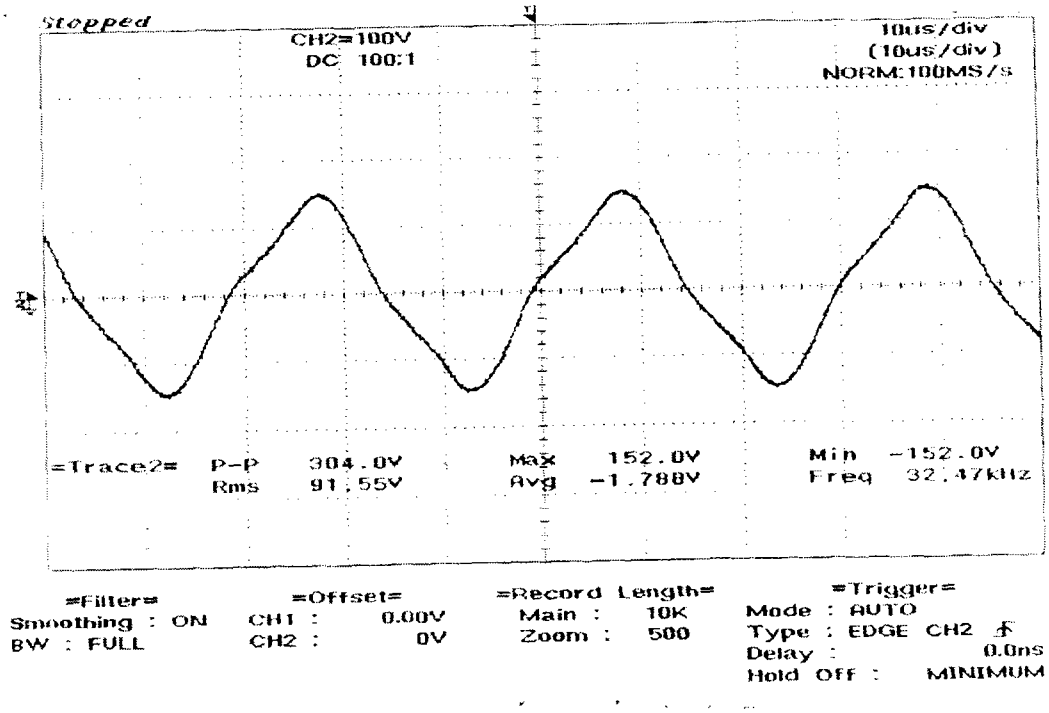
ภาพประกอบ 68 วงจรที่ใช้วัดรูปคลื่นกระแสและแรงดันที่ตัวหลอดฟลูออเรสเซนต์



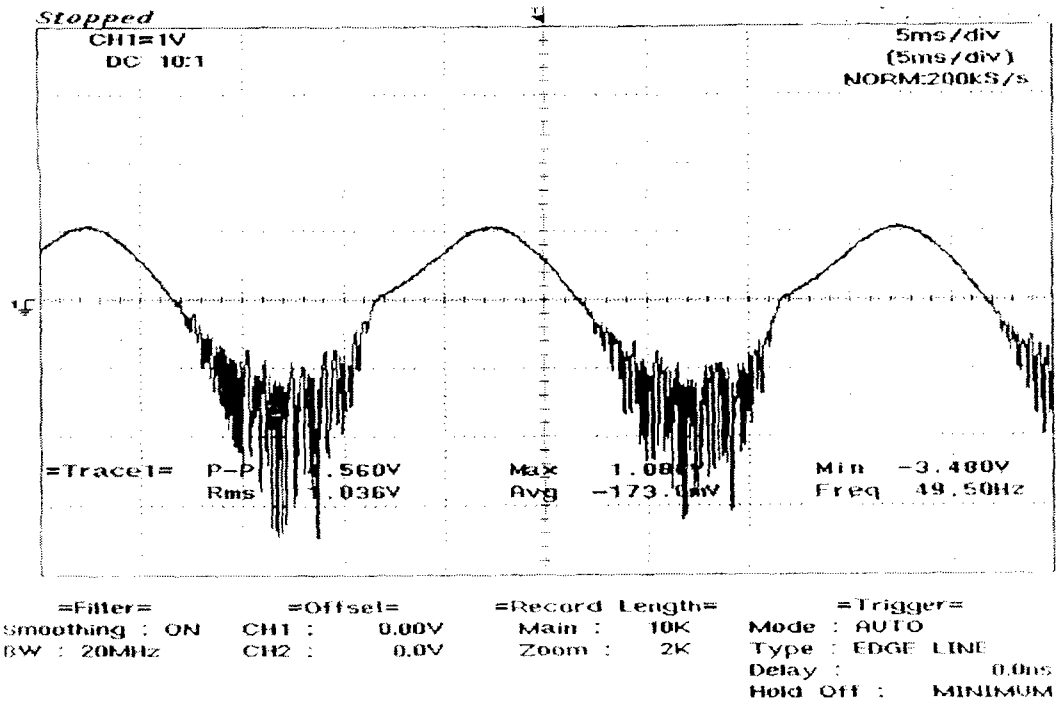
ภาพประกอบ 69 สัญญาณแรงดันคร่อมขั้วหลอด(ขณะเริ่มจุดหลอด)



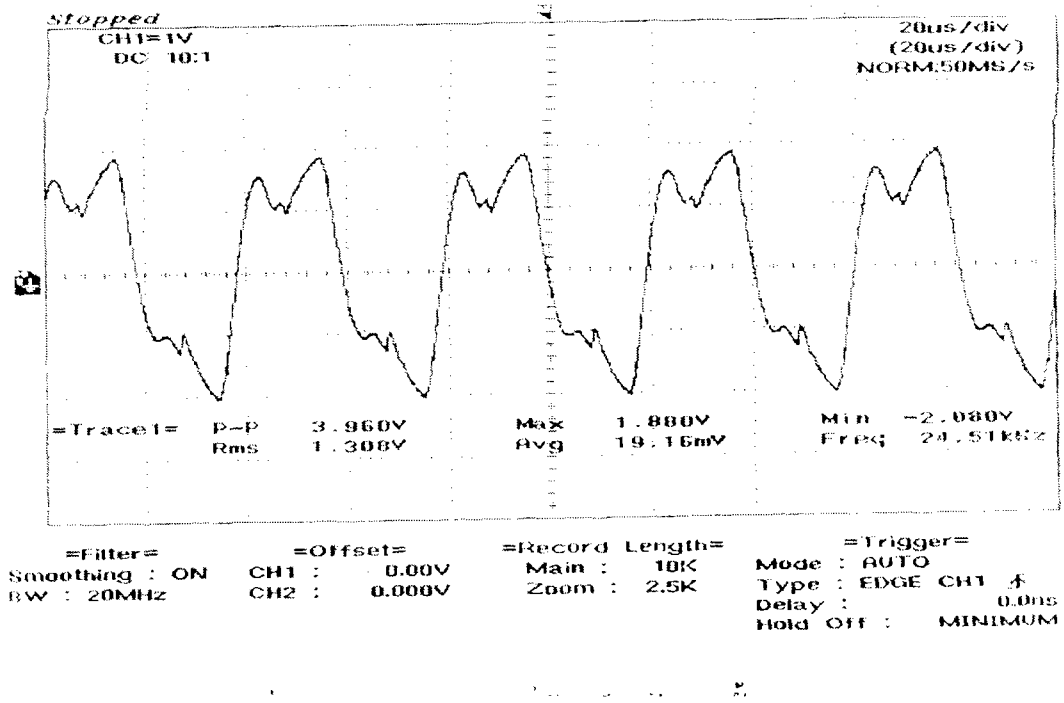
ภาพประกอบ 70 สัญญาณแรงดันคร่อมขั้วหลอดที่อยู่ด้านเดียวกัน



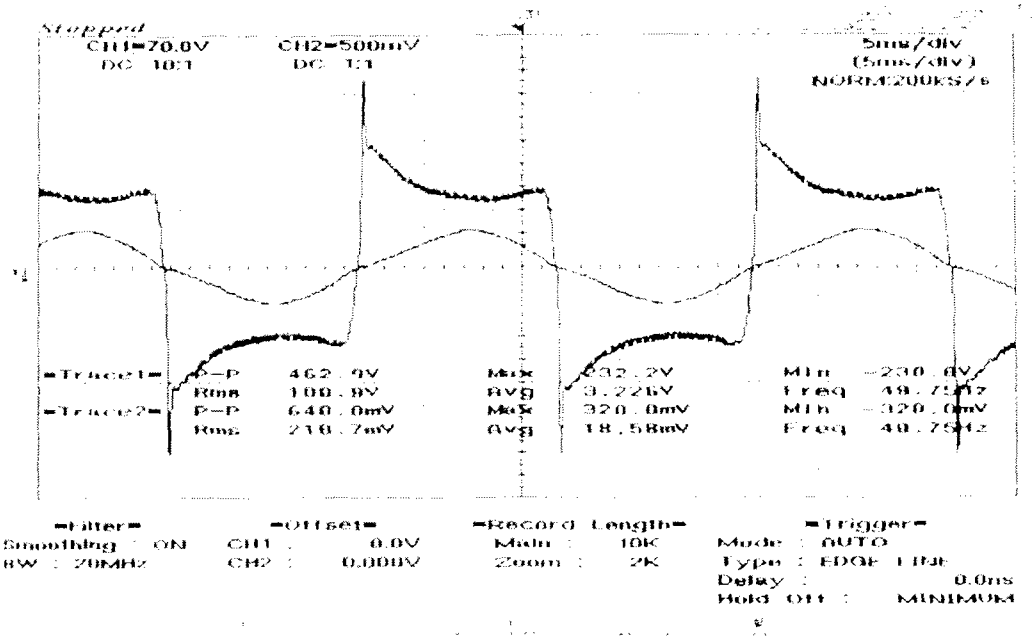
ภาพประกอบ 71 สัญญาณแรงดันคร่อมขั้วหลอดที่อยู่ด้านต่างกัน



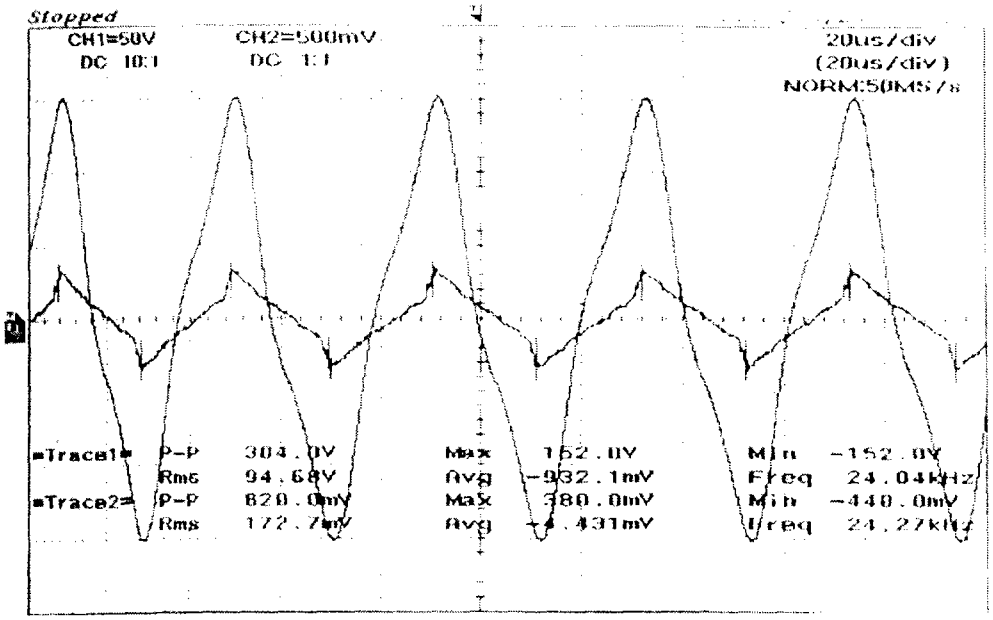
ภาพประกอบ 72 สัญญาณแรงดันคร่อมขั้วหลอดที่อยู่ด้านเดียวกัน
ของบัลลาสต์แบบแมกเนติก



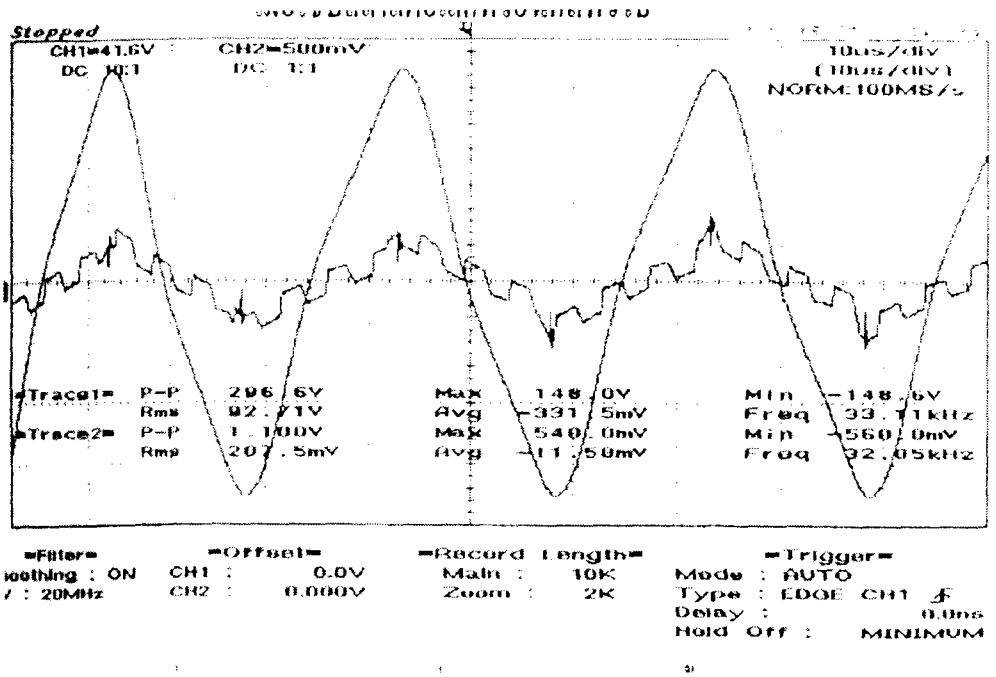
ภาพประกอบ 73 สัญญาณแรงดันคร่อมขั้วหลอดที่อยู่ด้านเดียวกัน
ของบัลลาสต์แบบอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป



ภาพประกอบ 74 สัญญาณแรงดันคร่อมขั้วหลอดที่อยู่ด้านตรงข้ามกัน
ของบัลลาสต์แบบแมกเนติก



ภาพประกอบ 75 สัญญาณแรงดันคร่อมขั้วหลอดที่อยู่ด้านตรงข้ามกัน
ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป



ภาพประกอบ 76 สัญญาณแรงดันคร่อมขั้วหลอดที่อยู่ด้านตรงข้ามกันของบัลลาสต์
อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ไอซีเบอร์L6561เป็นตัวควบคุมตัวประกอบกำลัง

ผลการทดสอบสามารถสรุปได้ดังนี้

จากมาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก.885-2532) และ (มอก 1506-2541)ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรต้องมีค่าอย่างน้อย0.85(มอก.1506-2541;2,10,26)โดยค่าที่วัดได้จะต้องมีค่าต่างกันไม่เกิน0.5จากค่าที่แสดงไว้บนตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(มอก.1506-2541;5)

2.ค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(มอก.1506-2541;3) ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ95ของค่าที่ผู้ทำแจ้งไว้

3.แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด(มอก.1506-2541:3)ค่ากำลังในวงจรทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ110ของค่าที่ผู้ทำ แจ้งไว้เมื่อให้บัลลาสต์ทำงานร่วมกับบัลลาสต์อ้างอิง

4.อุณหภูมิโดยรอบหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก.1506-2541;4,11) ต้องอยู่ในพิสัย23ถึง27องศาเซลเซียส

5.อุณหภูมิที่ผิวภายนอกบัลลาสต์(มอก.885-2532;12)จะต้องมีค่าไม่เกิน135องศาเซลเซียส

แต่จากการวิเคราะห์โดยละเอียดพบว่า ในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์จำนวน2หลอด ซึ่งทำการทดสอบตามมาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก.885-2532) และ (มอก 1506-2541)มีผลการทดสอบดังรายละเอียดต่อไปนี้

ผลการทดสอบค่าต่างๆที่วัดได้ทางด้านเข้า

1 ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรเท่ากับ 0.99

2 ค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์เท่ากับร้อยละ 97

3 ค่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าวงจรมีค่าเท่ากับ 219.9 โวลท์ค่ากำลังไฟฟ้าเท่ากับ 116.54 วัตต์

4 อุณหภูมิโดยรอบหลอดฟลูออเรสเซนต์เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส

5 อุณหภูมิที่ผิวภายนอกบัลลาสต์เท่ากับ 40.2 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบค่าต่างๆที่วัดได้ทางด้านออก

1ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรเท่ากับ 0.99

2ค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์เท่ากับร้อยละ 97

3ค่าแรงดันไฟฟ้าด้านออกวงจรมีค่าเท่ากับ 87.84 โวลท์ค่ากำลังไฟฟ้าเท่ากับ 78.53 วัตต์

4อุณหภูมิโดยรอบหลอดฟลูออเรสเซนต์เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส

5อุณหภูมิที่ผิวภายนอกบัลลาสต์เท่ากับ 40.2 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

นำบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์จำนวน2หลอด ที่สร้างขึ้นมาทำการทดสอบคุณสมบัติที่ใช้งานสำหรับด้านการส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพตามมาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก.885-2532) และ (มอก1506-2541) มาทำการทดสอบที่สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ถนนพระสุเมรุ บางลำพู พระนคร กรุงเทพมหานคร เพื่อทำการทดสอบ และวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบดังนี้

1 ค่าตัวประกอบกำลังของวงจร เนื่องจาก ข้อกำหนดตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก1506-2541) กล่าวว่า ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรต้องมีค่าอย่างน้อย0.85 (มอก.1506-2541;2,10,26) โดยค่าที่วัดได้จะต้องมีค่าต่างกันไม่เกิน 0.5 จากค่าที่แสดงไว้บนตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (มอก.1506-2541;5) จากผลการทดสอบ มีผลต่างจากค่าที่ผู้วิจัยแสดงไว้บนตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เท่ากับ0.14 เนื่องจากก่อนส่งเข้าทดสอบได้เลือกเอาค่าตัวประกอบกำลัง0.85ซึ่งเป็นค่าตัวประกอบกำลังต่ำสุดเป็นค่าเปรียบเทียบกับผลการทดสอบโดยมีผลการทดสอบค่าตัวประกอบกำลังของวงจรที่ได้มีค่าเท่ากับ0.99ที่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก 1506-2541)ที่กำหนดให้ค่าตัวประกอบกำลังของวงจร มีค่าอย่างน้อย0.85โดยคิดรวมจากค่าความเพี้ยนของรูปคลื่นสัญญาณ

2 ค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากข้อกำหนดตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก 1506-2541) กล่าวว่าค่าตัวประกอบ การส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (มอก.1506-2541;3) ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ95 ของค่าที่ผู้ทำแจ้งไว้ จากผลการทดสอบค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าเท่ากับร้อยละ 97โดยคิดรวมจากค่าความส่องสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งมีผลการทดสอบที่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก 1506-2541)

3 แรงดันไฟฟ้าและค่ากำลังในวงจร เนื่องจากข้อกำหนดตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก 1506-2541) กล่าวว่า แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด(มอก.1506-2541:3) ค่ากำลังในวงจรทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ110ของค่าที่ผู้ทำ แจ้งไว้เมื่อให้บัลลาสต์ทำงานร่วมกับบัลลาสต์อ้างอิง จากผลการทดสอบที่ได้มีค่าดังนี้ ด้านเข้ามีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ219.9โวลท์กำลังในวงจรทางด้านเข้าเท่ากับ116.54วัตต์ ค่ากระแสไฟฟ้าด้านเข้าวงจรมีค่าเท่ากับ165มิลลิแอมป์และค่ากำลังในวงจรด้านออกมีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ87.84โวลท์ กำลังในวงจรทางด้านออกเท่ากับ 78.53 วัตต์ ค่ากระแสไฟฟ้าด้านเข้าวงจรมีค่าเท่ากับ310มิลลิแอมป์ คิดเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากำลังในวงจร เท่ากับร้อยละ109.069 และจากการนำเอาเครื่องออสซิลโลสโคปมาใช้ในการวัดค่าแรงดันจะได้ผลการทดสอบที่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก 1506-2541)เนื่องจากว่าผู้วิจัยได้นำเอาวงจรรวมหรืออุปกรณ์ที่เรียกว่าไอซีมาใช้เป็นอุปกรณ์หลักของวงจรซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้ไอซีเบอร์L6561ซึ่งเป็นไอซีที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับควบคุมค่าตัวประกอบกำลัง และปรับระดับแรงดันเพื่อให้มีรูปคลื่นกระแสด้านเข้าที่คงที่ทำให้สามารถควบคุมแรงดันได้ตามต้องการ ก่อนที่จะส่งต่อมายังวงจรอินเวอร์เตอร์ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้วงจรฮาร์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ซึ่งก็คือวงจรคอนเวอร์เตอร์ในตระกูลเดียวกันกับพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ที่สามารถให้กำลังงานได้ค่อนข้างสูง โดยข้อดีของวงจรฮาร์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์การเลือกใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรทำให้มีแรงดันตกคร่อมขณะไม่นำกระแสน้อยกว่าคอนเวอร์เตอร์แบบอื่นๆ

4 อุณหภูมิโดยรอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เนื่องจากข้อกำหนดตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก 1506-2541) กล่าวว่าอุณหภูมิโดยรอบหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก.1506-2541;4,11) ต้องอยู่ในพิสัย23ถึง27

องศาเซลเซียส จากผลการทดสอบที่ได้มีค่าเท่ากับ25องศาเซลเซียสโดยคิดรวมจากค่าอุณหภูมิโดยรอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในขณะที่ทำการต่อวงจรทำงานร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีผลการทดสอบที่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก 1506-2541)

5 อุณหภูมิที่ผิวภายนอกของบัลลาสต์ เนื่องจากข้อกำหนดตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก1506-2541) กล่าวว่า อุณหภูมิที่ผิวภายนอกบัลลาสต์ (มอก.885-2532;12) จะต้องมีค่าในขณะที่ทำการทดสอบอยู่ระหว่าง 0 ถึง 50องศาเซลเซียส จากผลการทดสอบที่ได้มีค่าเท่ากับ 40.2 องศาเซลเซียสโดยคิดรวมจากค่าอุณหภูมิที่ผิวภายนอกของบัลลาสต์ในขณะที่ทำการต่อวงจรทำงานร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีผลการทดสอบที่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก 885-2532)

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1 ออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน2 หลอด

2 ทดสอบประสิทธิภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก.885-2532)และ (มอก.1506-2541)

ความสำคัญของการวิจัย

ได้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับ หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์จำนวน2หลอด ซึ่งทดแทนการนำเข้า และ ลดต้นทุนการผลิต มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน เพื่อทดแทนบัลลาสต์แบบแกนเหล็ก และ เพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน โดยที่คุณภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก.885-2532)และ(มอก.1506-2541)

สมมติฐานการวิจัย

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ ที่ออกแบบและสร้างมีคุณสมบัติเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน โดยที่คุณภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก.885-2532)และ (มอก.1506-2541)

การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ครั้งนี้ผู้วิจัยจะดำเนินการดังต่อไปนี้

1.รับรู้ปัญหาของระบบการส่องสว่างเนื่องจากผู้วิจัยทำหน้าที่รับผิดชอบ ในด้านการควบคุมการจราจรบนทางด่วนซึ่งปฏิบัติงานอยู่ภายในอาคารศูนย์ระบบควบคุมทางด่วน โดยจะต้องมีการใช้ระบบส่องสว่างตลอดเวลาจากปัญหาของระบบการส่องสว่าง ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันซึ่งมีความต้องการในการใช้งานตลอด24ชั่วโมง จะประสบปัญหาทางด้านระบบการส่องสว่าง ที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน เนื่องจากปัญหาของการกระพริบ ของหลอดปัญหาสัญญาณรบกวนความถี่วิทยุสื่อสาร และ สัญญาณรบกวนสัญญาณควบคุมของระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งในทางปฏิบัติบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก ยังได้รับความนิยมแพร่หลายถึงแม้ว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิคส์กำลังเป็นที่รู้จักมากขึ้นก็ตาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งของอุปกรณ์แสงสว่างกันอย่างจริงจัง

การเลือกซื้อ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความสำคัญ ถึงแม้ว่าราคายังค่อนข้างสูง แต่การนำบัลลาสต์ประสิทธิภาพสูงมาใช้ก็ไม่ควรคำนึงถึงค่าใช้จ่ายเพียงอย่างเดียว ควรคิดว่าบัลลาสต์ชนิดนี้มีอายุการใช้งานนานและผลดีด้านอื่นคือต้นทุนที่สูงกว่าจะถูกชดเชยในเรื่องค่าไฟฟ้าที่ลดลงและระบบแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพในระยะยาว

2.ศึกษารายละเอียดต่าง ๆในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์โดยทำการศึกษาค้นคว้าจากเอกสารตำราและงานวิจัยเชิงทดลองที่เกี่ยวข้อง

3.ทำการออกแบบวงจรในส่วนต่าง ๆของการสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์

3.1.ออกแบบวงจรสมมูลของวงจรในส่วนต่าง ๆของการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ ซึ่งจะมีการแบ่งวงจรออกเป็นสองส่วนดังนี้

3.1.1 ออกแบบวงจรสมมูลของชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) เพื่อทำหน้าที่เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับขนาดแรงดันไฟฟ้า220โวลท์(Volts:V) กระแสไฟฟ้า 0.05แอมป์แปร(Ampre:A) แปลงเป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง400โวลท์(Volts:V)สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า2แอมป์แปร(Ampre:A)จำนวน1ชุด

3.1.2 วงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง400โวลท์(Volts:V)ให้เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ170โวลท์(Volts:V)สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า0.05แอมป์แปร (Ampre:A) จำนวน 1 ชุด ซึ่งในส่วนของวงจรจะใช้ตัว IC เป็นตัวควบคุมการทำงาน , สร้างสัญญาณไปขับตัวสวิตช์ และ ทำการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ของ วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ให้มีค่าสูงซึ่งจะทำให้การนำไปใช้งานเกิดประสิทธิภาพ

4.กำหนดวัสดุ,อุปกรณ์และเครื่องมือในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ไอซีเป็นตัวขับสวิตช์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพดีและมีขายทั่วไปในท้องตลาด โดยจะมีการกำหนดวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือในการออกแบบดังนี้

4.1 ชุดวงจร คอนเวอร์เตอร์ เพื่อทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 โวลท์ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน400 โวลท์ โดยทำการสั่งอุปกรณ์จาก บริษัทอิเล็กทรอนิกส์พารท์ซัพพลาย จำกัด ซอยทิพย์วารี ถนนบ้านหม้อ วังบูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพมหานคร ,บริษัทอิเล็กทรอนิกส์ซอรท์จำกัด ถนนบ้านหม้อ วังบูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพมหานคร , บริษัทโชคชัยอิเล็กทรอนิกส์ จำกัด ถนนบ้านหม้อ วังบูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพมหานคร, บริษัทอมรอิเล็กทรอนิกส์ ซอยทิพย์วารี ถนนบ้านหม้อ วังบูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพมหานคร, บริษัทสหพิพัฒน์จำกัด ถนนบ้านหม้อ วังบูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพมหานคร, บริษัทสหรุ่งโจน์ วังบูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพมหานคร และ บริษัทณัฐพงษ์อิเล็กทรอนิกส์จำกัด ถนนบ้านหม้อ วังบูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพมหานคร

4.2 ชุดวงจรอินเวอร์เตอร์ เพื่อทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันไฟฟ้า 400 โวลท์ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 100 โวลท์ โดยทำการสั่งอุปกรณ์จาก บริษัทอิเล็กทรอนิกส์พารท์ซัพพลายจำกัด ซอยทิพย์วารี ถนนบ้านหม้อ วังบูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพมหานคร ,บริษัทอิเล็กทรอนิกส์ซอรท์ จำกัดถนนบ้านหม้อ วังบูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพมหานคร , บริษัทโชคชัยอิเล็กทรอนิกส์จำกัด ถนนบ้านหม้อ วังบูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพมหานคร, บริษัทอมรอิเล็กทรอนิกส์ ซอยทิพย์วารี ถนนบ้านหม้อ วัง

บูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพมหานคร, บริษัทสหพิพัฒน์จำกัด ถนนบ้านหม้อ วังบูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพมหานคร, บริษัทสหรุ่งโจน์ วังบูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพมหานคร และบริษัทณัฐพงษ์อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด ถนนบ้านหม้อ วังบูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพมหานคร

4.3สั่งทำแผ่นวงจรพิมพ์จากวงจรที่ได้ออกแบบไว้เพื่อทำแผ่นวงจรพิมพ์จากบริษัทซีเกทเซอร์กิตจำกัด 28 ถนนเจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร และ ประกอบวงจรที่ห้องซ่อมบำรุงของ แผนกสื่อสาร ศูนย์ควบคุมระบบทางด่วนขั้นที่2 การทางพิเศษแห่งประเทศไทย เลขที่238/7 ถนนอโศก-ดินแดง แขวงห้วยขวาง เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10320

5.กำหนดระยะเวลา และสถานที่ ที่ใช้ในการออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ไอซีเป็นตัวขับสวิตช์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์

5.1ระยะเวลาที่ใช้ในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์เริ่มตั้งแต่เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2544 ถึง เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2546

5.2สถานที่สำหรับใช้ในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองที่ ห้องซ่อมบำรุงแผนกสื่อสาร ศูนย์ควบคุมระบบทางด่วนขั้นที่2 การทางพิเศษแห่งประเทศไทย เลขที่238/7 ถนนอโศก-ดินแดง แขวงห้วยขวาง เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10320

6.สร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ เพื่อการวิจัยในครั้งนี้ได้ดำเนินการสร้างส่วนประกอบต่าง ๆตามแบบที่กำหนด

7.ทดสอบปรับปรุงและแก้ไขการทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ ที่ ห้องซ่อมบำรุง แผนกสื่อสาร ศูนย์ควบคุมระบบทางด่วนขั้นที่2 การทางพิเศษแห่งประเทศไทย เลขที่238/7 ถนนอโศก-ดินแดง แขวงห้วยขวาง เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10320

8.ทดสอบค่าความผิดพลาดตามคุณสมบัติที่ใช้ ในด้านของการส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.885-2532และมอก.1506-2541 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัยไปยังฝ่ายทดสอบอุปกรณ์ สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ถนนพระสุเมรุ บางลำพู พระนคร กรุงเทพมหานคร เพื่อทำการทดสอบ และวิเคราะห์ข้อมูล

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลการทดสอบคุณสมบัติ ที่ใช้ในด้านของการส่องสว่างที่มี ประสิทธิภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก.885-2532และมอก.1506-2541ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด36วัตต์ เป็นไปตามขอบเขตของการวิจัยซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. โดยการออกแบบ และ สร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ ซึ่งมีคุณสมบัติ และ มีประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.885-2532 และ มอก.1506-2541

มีส่วนประกอบดังนี้

1.1วงจรกรองกระแสด้านเข้าและวงจรป้องกัน

1.2วงจรเรียงกระแส(Rectifier Circuit)

1.3วงจรปรับรูปคลื่นของกระแสด้านด้านเข้า

1.4วงจรกรองผ่านต่ำ

1.5วงจรอินเวอร์เตอร์

2 ผลการทดสอบพบว่าการสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด36 วัตต์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้า กระแสสลับ สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก.885-2532) และ (มอก1506-2541) มีผลการทดสอบดังนี้

2.1ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรมีค่าเท่ากับ0.99

2.2ค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าเท่ากับร้อยละ97ของค่าที่ทดสอบได้

2.3แรงดันไฟฟ้าและค่ากำลังในวงจรมีค่าดังนี้ ด้านเข้ามีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ219.9 โวลท์ กำลังในวงจรทางด้านเข้าเท่ากับ36วัตต์ ค่ากระแสไฟฟ้าด้านเข้าวงจรมีค่าเท่ากับ165มิลลิแอมป์ และค่ากำลังในวงจรด้านออกมีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ87.84โวลท์ กำลังในวงจรทางด้านออกเท่ากับ34วัตต์ ค่ากระแสไฟฟ้าด้านเข้าวงจรมีค่าเท่ากับ384มิลลิแอมป์คิดเป็นร้อยละ109.069ของค่าที่ผู้วิจัยแจ้งไว้เมื่อให้บัลลาสต์อ้างอิงทำงานร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

2.4อุณหภูมิโดยรอบหลอดฟลูออเรสเซนต์ในขณะทำการทดสอบมีค่าเท่ากับ25องศาเซลเซียส

2.5อุณหภูมิที่ผิวภายนอกของบัลลาสต์ในขณะทำการทดสอบมีค่าเท่ากับ40.2องศาเซลเซียส

อภิปรายผล

จากการทดลอง ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1.การออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์มีรายละเอียดดังนี้

1.1วงจรกรองกระแสด้านเข้าและวงจรป้องกัน (จิโรจน์ พรวัฒนา:2543,7) กล่าวว่า วงจรกรองกระแสด้านเข้าและวงจรป้องกัน มีหน้าที่ลดสัญญาณรบกวนจากภายนอกที่จะเข้ามารบกวนบัลลาสต์และจากบัลลาสต์ที่จะออกไปยังสายส่งป้องกันกระแสกระชาก (Surge Current) และแรงดันเกินชั่วขณะในตอนเปิดไฟเข้าวงจร

1.2วงจรเรียงกระแส(Rectifier Circuit) (จิโรจน์ พรวัฒนา:2543,7) กล่าวว่า วงจรเรียงกระแส ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อจ่ายให้กับวงจรของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในที่นี้เลือกใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier Circuit) และใช้ตัวเก็บประจุทำหน้าที่กรองกระแสเพื่อลดการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยเหตุที่เลือกใช้วงจรประเภทนี้เนื่องจากใช้งานง่ายและราคาถูก

1.3วงจรปรับรูปคลื่นของกระแสด้านด้านเข้า (จิโรจน์ พรวัฒนา:2543,7) กล่าวว่า วงจรปรับรูปคลื่นของกระแสด้านด้านเข้าทำหน้าที่ในการปรับรูปคลื่นของกระแสให้เข้าใกล้สัญญาณซายน์เพื่อลดสัญญาณฮาร์มอนิกส์ และเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังด้านเข้าโดยวงจรในภาค PFC นี้จะทำการสร้างมาจากพื้นฐานของวงจร

DC-DC Converter ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรง ให้กลับมาเป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง และยังทำหน้าที่ ในการปรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงในด้านเอาท์พุทให้มีแรงดันไฟฟ้าที่มีความสม่ำเสมอ

1.4.วงจรกรองผ่านต่ำ (จิโรจน์ พรวัฒนา:2543,7) กล่าวว่า วงจรกรองผ่านต่ำ ทำหน้าที่ลดการกระเพื่อมของแรงดันด้านขาออก ที่เกิดวงจรเรียงกระแสซึ่งในขณะที่วงจรเรียงกระแสเริ่มทำงาน จะมีแรงดันเป็นสองเท่าของความถี่ทางด้านเข้าเป็นผลให้ค่าแรงดันไฟตรงมีการกระเพื่อมไปจากค่า แรงดันไฟตรงเฉลี่ยเรียกว่าแรงดันริบเปิ้ลซึ่งสามารถแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการใช้วงจรกรองแรงดันซึ่งประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มแบบไม่มีขั้วต่อขนานกับวงจรเพื่อทำหน้าที่กรองแรงดันซึ่งจะทำให้แรงดันทางด้านขาออกเรียบขึ้น

1.5.วงจรอินเวอร์เตอร์(จิโรจน์ พรวัฒนา:2543,7)กล่าวว่า วงจรอินเวอร์เตอร์ เป็นวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยน ไฟฟ้ากระแสตรงจากวงจรเรียงกระ.แส ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง เพื่อป้อนให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ วงจรอินเวอร์เตอร์มีหลายชนิดแต่ส่วนใหญ่นิยมใช้วงจรบริดจ์หรือวงจรกึ่งบริดจ์ ที่มีอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำประเภทอุปกรณ์สวิทชิ่งกำลัง (Power Switching Device) เช่นทรานซิสเตอร์กำลัง(Power Transistor) , มอสเฟตกำลัง(Power Mosfet) หรือ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไวงานที่ในแต่ละวงจรจะประกอบด้วยอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ2ตัวต่ออนุกรมกันทำงานแบบสลับกันนำกระแสที่มีการสูญเสียในสวิตช์ต่ำ เนื่องจากกำลังงานทางออกของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้งานสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์2หลอดมีค่าไม่สูงมากนักจึงเลือกใช้วงจรอินเวอร์เตอร์ที่มีโครงสร้างแบบกึ่งบริดจ์ (Half Bridge inverter)

2.ผลการทดสอบ พบว่าการสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด36วัตต์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้า กระแสสลับ สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก1506-2541)และ (มอก.885-2532) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ใช้ในการควบคุมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ เฉพาะด้านความปลอดภัยมีผลการทดสอบดังนี้

2.1. ค่าตัวประกอบกำลังของวงจร เนื่องจาก ข้อกำหนดตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก1506-2541) กล่าวว่า ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรต้องมีค่าอย่างน้อย0.85 (มอก.1506-2541;2,10,26) โดยค่าที่วัดได้จะต้องมีค่าต่างกันไม่เกิน 0.5 จากค่าที่แสดงไว้บนตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (มอก.1506-2541;5) จากผลการทดสอบ มีผลต่างจากค่าที่ผู้วิจัยแสดงไว้บนตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เท่ากับ0.14 เนื่องจากก่อนส่งเข้าทดสอบได้เลือกเอาค่าตัวประกอบกำลัง0.85ซึ่งเป็นค่าตัวประกอบกำลังต่ำสุดเป็นค่าเปรียบเทียบกับผลการทดสอบโดยมีผลการทดสอบค่าตัวประกอบกำลังของวงจรที่ได้มีค่าเท่ากับ0.99ที่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์(มอก 1506-2541)ที่กำหนดให้ค่าตัวประกอบกำลังของวงจร มีค่าอย่างน้อย0.85โดยคิดรวมจากค่าความเพี้ยนของรูปคลื่นสัญญาณ

2.2.ค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากข้อกำหนดตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก 1506-2541) กล่าวว่าค่าตัวประกอบ การส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (มอก. 1506-2541;3) ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ95 ของค่าที่ผู้ทำแจ้งไว้ จากผลการทดสอบค่าตัวประกอบการส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าเท่ากับร้อยละ 97

2.3.แรงดันไฟฟ้าและค่ากำลังในวงจร เนื่องจากข้อกำหนด ตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก 1506-2541) กล่าวว่า แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด(มอก.1506-2541:3) ค่ากำลังในวงจรทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ110ของค่าที่ผู้ทำ แจ้งไว้เมื่อให้บัลลาสต์ทำงานร่วมกับบัลลาสต์อ้างอิง จากผลการทดสอบที่ได้มีค่าดังนี้ ด้านเข้ามีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ219.9โวลท์กำลังในวงจรทางด้านเข้าเท่ากับ36วัตต์ ค่ากระแสไฟฟ้าด้านเข้าวงจรมีค่าเท่ากับ165มิลลิแอมป์และค่ากำลังในวงจรด้านออกมีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ87.84โวลท์ กำลังในวงจรทางด้านออกเท่ากับ 34 วัตต์ ค่ากระแสไฟฟ้าด้านเข้าวงจรมีค่าเท่ากับ384มิลลิแอมป์คิดเป็นร้อยละ109.069 ของค่าที่ผู้วิจัยแจ้งไว้เมื่อให้บัลลาสต์อ้างอิงทำงานร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

2.4.อุณหภูมิโดยรอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เนื่องจากข้อกำหนดตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก 1506-2541) กล่าวว่าอุณหภูมิโดยรอบหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก.1506-2541;4,11) ต้องอยู่ในพิสัย23ถึง27องศาเซลเซียส จากผลการทดสอบที่ได้มีค่าเท่ากับ25องศาเซลเซียส

2.5.อุณหภูมิที่ผิวภายนอกของบัลลาสต์ เนื่องจากข้อกำหนดตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มอก 1506-2541) กล่าวว่า อุณหภูมิที่ผิวภายนอกบัลลาสต์ (มอก.885-2532;12) จะต้องมีค่าในขณะทำการทดสอบอยู่ระหว่าง0ถึง50องศาเซลเซียส จากผลการทดสอบที่ได้มีค่าเท่ากับ 40.2 องศาเซลเซียส

จากราคากลางของ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ (คุณลักษณะของอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน:2543,61)ระบุว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์สำหรับ1หลอดมีราคารวมVATเท่ากับ481.5บาท บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์สำหรับ 2 หลอดมีราคารวมVATเท่ากับ642บาท และ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์สำหรับ2หลอดที่ทำการวิจัยในครั้งนี้มีราคารวมVATเท่ากับ427.75บาท โดยมีรายการดังนี้

-แผ่นวงจรพิมพ์ราคา 107 บาท
-แกน Ferrite และ Bobin ราคา 115 บาท
-วงจรรวมราคา 40 บาท
-ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุราคา 57 บาท
-ทรานซิสเตอร์ราคา 9.75 บาท
-ขั้วต่อสายไฟราคา19 บาท
-ค่าทำกล่องใส่อุปกรณ์ราคา 80 บาท

ซึ่งจากการเปรียบเทียบจากราคาในท้องตลาดแล้วบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์สำหรับ2หลอดที่ทำการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับขอบเขตของการวิจัยที่กล่าวว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีราคาที่ถูกกว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขายในท้องตลาด

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การศึกษาค้นคว้าต่อไปสมบูรณ์ยิ่งขึ้นผู้วิจัยขอเสนอแนะ ในการศึกษาค้นคว้าต่อไปดังนี้

1.ในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ ต้องคำนึงถึงสัญญาณรบกวน เนื่องจากตัวบัลลาสต์ มีการทำงานอยู่ในช่วงความถี่สูงโดยในงานวิจัยฉบับนี้ เลือกใช้ความถี่ 57.67เพราะอยู่ในช่วงที่อากาศสามารถจะดูดกลืนคลื่นเสียงได้เพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้สามารถลดสัญญาณรบกวนลงได้อย่างรวดเร็วแต่การใช้งานในช่วงความถี่ดังกล่าวอาจจะเป็นผลทำให้เกิดสัญญาณรบกวนอุปกรณ์ไฟฟ้าข้างเคียงได้จึงควรเลือกความถี่ที่ใช้งานที่เหมาะสมและต้องมีการศึกษารายละเอียดของวงจรและคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆเพื่อให้บัลลาสต์ที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสำหรับการนำไปใช้งาน

2.ควรลดจำนวนชิ้นส่วนของอุปกรณ์และวงจรให้มีจำนวนน้อยลงเพื่อให้ตัวบัลลาสต์ที่สร้างขึ้นมีขนาดเล็กทำให้เกิดความสะดวกในการนำไปใช้งาน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

ขอเสนอแนะ ในการศึกษาค้นคว้าต่อไปดังนี้

1.ควรออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่สามารถทำงานในช่วงความถี่สูงโดยควรกำหนดให้ความถี่ใช้งานอยู่ในช่วง40KHzเนื่องจากมีช่วงความยาวของคลื่นสั้น และมีการเลี้ยวเบนคลื่นน้อยมากจึงทำให้รูปคลื่นสัญญาณที่ได้มีทิศทางที่แน่นอนทำให้สามารถปรับปรุงเพื่อลดสัญญาณรบกวนได้ง่ายขึ้น

2.ควรทำการทดสอบในหลายๆช่วงความถี่ และหลายๆช่วงของแรงดันใช้งานตามที่กำหนดไว้บนตัวบัลลาสต์เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการหาช่วงการทำงานที่เหมาะสมก่อนเพื่อการออกแบบวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน . (2538) . ***การลดค่าใช้จ่ายด้วยการประหยัดพลังงาน*** .กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน . (2543) .***ระบบควบคุมปิด-เปิดไฟฟ้าแสงสว่าง*** . กรุงเทพฯ:กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม . เอกสารเผยแพร่.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน . ***กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม*** . เอกสารเผยแพร่.

กิติศักดิ์ วรรณแก้ว . (2543) . ***การวิเคราะห์เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง***.ปริญญานิพนธ์ . วศ.ม.(วิศวกรรมไฟฟ้า) . กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . ถ่ายเอกสาร.

เกรียงศักดิ์ ศิริกุลเสถียร . (2531) . ***วงจรพัลส์เบื้องต้น*** . พิจิตร : แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ . วิทยาลัยเทคนิคพิจิตร.

โครงการประชาร่วมใจประหยัดพลังงานไฟฟ้า . (2543) . ***หลอดผอม***.กรุงเทพฯ.การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย . เอกสารเผยแพร่.

โครงการประชาร่วมใจประหยัดพลังงานไฟฟ้า . (2543) . ***บัลลาสต์ประหยัดไฟ*** . กรุงเทพฯ : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย . เอกสารเผยแพร่.

คัมภีร์ ธีราวิทย์ . (2544) . ***บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ค่าตัวประกอบกำลังสูงที่ใช้วงจรทบระดับแบบคู่*** . ปริญญานิพนธ์ . วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า) . กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . ถ่ายเอกสาร.

จิโรจน์ พรวัฒนา . (2543) . ***การลดความเค้นของอุปกรณ์ในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์*** . ปริญญานิพนธ์ . วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า) . กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . ถ่ายเอกสาร

ชำนาญ ห่อเกียรติ . (2540) . ***เทคนิคการส่องสว่าง*** . กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มงคล ทองสงคราม . (2536) . ***หม้อแปลงไฟฟ้า*** . กรุงเทพฯ : รามาการพิมพ์.

โตศักดิ์ ทัศนานุดริยะ . (2540) . ***การผลิตและการส่งจ่ายไฟฟ้า*** . กรุงเทพฯ:บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด มหาชน.

ทิพย์วรรณ ขวัญศรีสุทธิ์.(2540) . ***การยอมรับการใช้อุปกรณ์ประหยัดไฟฟ้าภายในบ้านของประชากรในกรุงเทพมหานคร ศึกษากรณีอุปกรณ์ประหยัดไฟฟ้าโครงการประชาร่วมใจประหยัดไฟฟ้าการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย*** . ปริญญานิพนธ์ . ศศ.ม. (การจัดการ) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล : ถ่ายเอกสาร.

ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช .(2521).***การออกแบบระบบการส่องสว่าง***. กรุงเทพฯ:บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) .

บันเทิง ศรีโสภณ . (2543) . ***การออกแบบและสร้างเครื่องลดกระแสโดยวิธีบาลานซ์โหลด*** . ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา).กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.

ประยูร บุญฤทธิ์ . (2543) . ***การออกแบบและสร้างโคมไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดคอม แพคฟลูออเรสเซนต์*** . ปริญญานิพนธ์ . กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) . กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.

ฝ่ายปฏิบัติการด้านการใช้ไฟฟ้า.(2543).***โครงการสีเขียว***.กรุงเทพฯ:การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

บรรณานุกรม(ต่อ)

มงคล ทองสงคราม . (2539). ***สนามแม่เหล็กไฟฟ้า*** . กรุงเทพฯ:รามาการพิมพ์.

ไพศาล บุญเจียม . (2543) . ***การออกแบบวงจรจุดหลอดของบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์*** . ปริญญานิพนธ์ . วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า) . กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

ยุทธนา กุลวิฑิต.(2535).***รายงานการศึกษาเรื่องบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์***.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.ถ่ายเอกสาร.

วิเชียร เต็มอนุภาพกุล . (2541) . ***การประยุกต์ใช้วงจรขยายคลาสอีเรโซแนนท์อินเวอร์เตอร์สำหรับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์*** . ปริญญานิพนธ์ . วท.ม. (ไฟฟ้า) . กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . ถ่ายเอกสาร.

วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรมราชมงคล . (2544) . ***การลดสัญญาณรบกวน***.กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.เอกสารเผยแพร่ . ปีที่2 ฉบับที่2 เดือน พฤษภาคม .

วัฒนา ถาวร . (2542). ***การส่องสว่าง*** . กรุงเทพฯสมาคมส่งเสริมไทยญี่ปุ่น.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย . (2527-2532) . ***ศัพท์เทคนิควิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง***.กรุงเทพฯ : คณะอนุกรรมการปรับปรุงศัพท์เทคนิคทางวิศวกรรมไฟฟ้า .

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย . (2527-2532) . ***ศัพท์เทคนิควิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์*** . กรุงเทพฯ : คณะอนุกรรมการปรับปรุงศัพท์เทคนิคทางวิศวกรรมไฟฟ้า .

ศุลี บรรจงจิตร . (2538) . ***วิศวกรรมการส่องสว่าง*** . กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) .

สมชาย เปรมรุ่งพันธ์.(2543) . ***ผลของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติอุปกรณ์และปัจจัยภายนอกต่อพฤติกรรมของบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์*** . ปริญญานิพนธ์ . วศ.ม.(วิศวกรรมไฟฟ้า) .กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . ถ่ายเอกสาร.

สุรินทร์ สังข์ทอง . (2543) . ***การศึกษาเปรียบเทียบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีวงจรปรับปรุงตัวประกอบแบบไวงาน*** . ปริญญานิพนธ์ . วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า) . กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . ถ่ายเอกสาร.

สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน.(2543).***คุณลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน***.กรุงเทพฯ:กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ . (2543) . ***พลังงาน*** . กรุงเทพฯ : สำนักนายกรัฐมนตรี เอกสารเผยแพร่ .

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ . (2543) . ***บัลลาสต์ประสิทธิภาพสูง*** . กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน . กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม . เอกสารเผยแพร่

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ . (2543) . ***ระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าแสงสว่าง*** . กรุงเทพฯ : สำนักนายกรัฐมนตรี เอกสารเผยแพร่.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ . (2543) . ***หลอดฟลูออเรสเซนต์*** . กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม . เอกสารเผยแพร่

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ . (2543) . ***การลดค่าใช้จ่ายด้วยการประหยัดพลังงาน*** .กรุงเทพฯ : สำนักนายกรัฐมนตรี เอกสารเผยแพร่ .

บรรณานุกรม(ต่อ)

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม.(2532).***มอก.885-2532บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ เฉพาะด้านความปลอดภัย***.กรุงเทพฯ:กระทรวงอุตสาหกรรม.

สุรศักดิ์ สุวรรณเกษา . (2538) .***การจัดการพลังงานในอาคาร*** . ปริญญานิพนธ์ . วท.ม. (ไฟฟ้า). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . ถ่ายเอกสาร.

สำนักงานการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า . (2539) . ***ความต้องการการใช้ไฟฟ้า*** . กรุงเทพฯ:การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. เอกสารเผยแพร่.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. (2541) . ***มอก.1506 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์*** . กรุงทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม .

อุดมศักดิ์ ยั่งยืน . (2528) .***Power Electronic 1*** . กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี .

Abraham I.Pressman . (1999) . ***Switching power supply Design,2/eWaban*** . Massachusetts : Mc Graw-Hill Inc.Taiwan.

Abraham I.Pressman . (1992) . ***Switching power supply Design*** . Waban.Massachusetts: Mc Graw-Hill Inc.Singapore.

C.Adragna and N. Tricomi . (1997/November) . ***Magnetic Snubber For 200 Watt PFC with Universal Mains*** . (Online) . www.st.com Available : Directory : pub/Application note /1997.

Central semiconductor . (1989/June) . ***Power rectifier*** . (Online) . www.centralsemi.com Available : Directory : Pub/ Datasheet 1n4146 /1989.

Diotec Electronic . (2001/January) . ***3 Amp High Relibility Fast Recovery Diodes*** . (Online) . Available : www.diotec.com Available : Directory : Pub/Datasheet BYT 13-600/2001.

Electronic circuit Engineering . (2001/August) . ***Coils*** . (Online) . www.interq.or.jp Available : Directory : Pub/Basic knowledge of Electronic part / 2001.

Phillips . ***EGC Semiconductor Master Replacement Guide*** . (1998) . Green ville USA : Phillips Consumer Electronic Company .

Econo-watd . (2003/april) . ***General Information of ElectronicBallast*** . (Online) . http://www.econo-watd.com Available : Directory : Pub/Technical Data /2003.

Fairchild semiconductor . (2003/August) . ***Genneral purpost rectifier*** . (Online) . www.Fairchild.com Available : Directory : Pub/ Datasheet 1n4007/2003.

Fairchild semiconductor . (2003/August) . ***Genneral purpost rectifier*** . (Online) . www.Fairchild.com Available : Directory : Pub/ Datasheet 1n4007/2003.

George cheyssis . (1984) . ***High-frequency Switching PowerSupplies*** : New york USA . Mc Graw-Hill Inc. Newyork .

International Rectifier . (1999/January) . ***Power MOSFET*** . (Online) . www.irf.com Available : Directory : Pub/ Datasheet IRF 840/1999.

International Rectifier . (1999/January) . ***Self-Oscillating Half-Bridge Driver*** . (Online) . www.irf.com Available : Directory : Pub/ Datasheet IR2155 /1999.

บรรณานุกรม(ต่อ)

Jack L.Lindsey,Fies . (1991) . ***Applied Illumination Engineering*** . California.USA : The Fairmount Press ,Inc .

Joseph A.Edminister . (1993) . ***Theory and Problems of Electromagnetics 2nd ed*** . New york . USA : Mc Graw-Hill.

John Bird.(1997) . ***Electrical Circuit Theory and Technology 2nd ed*** . New york. USA : Reed educational and professional publishing Ltd.

Kao.Chen . (1919) . Energy . Newyork . USA : ***Managemant in Illuminating System*** . New york USA Robert Stern . David C Inc.

Keith H. Billings . (1999) . ***Switchmode power supply handbook*** . New york USA: Mc Graw-Hill Inc.USA.

Motorola Semiconductor . (1996/November) . ***Switch-Mode Pluse With Modulation Control Circuit*** . (Online) . www.motolola.com Available : Directory ; Pub/Technical Data /1996.

Motorola Semiconductor . (1998/November) . ***High Energy power MOSFET*** . (Online) . www.motolola.com Available : Directory ; Pub/Technical Data MTA4N50E/1989.

National Semiconductor . (2000,Aprial) . ***EMI Board*** . (Online) . www.national.Com Available : Directory : Pub/EMI/RFI Board Design/2000.

Patrick Crozier . (1993) .***Introduction to Electronic*** . California . USA : Breton Publishers.

Pritchard . (1985) . *Lighting* . Malaysia : British Library Cataluting in Publication Data .

Robert Boylested,Louis Nashelsky . (1986) . ***Eltronic Devices and Circuit Theory*** . USA : Prentice-hall Inc . Englandwood elitts.

Rashid Muhamad . (1993) . ***Power Electronic 2nd ed*** . USA : NJI Prentice-hall Inc.Englandwood elitts.

Richard Okada and Steve Keller . (1996,July) . ***Powerfactor Corrector Desing***.(Online) . www.reassoc.com Available : Directory : pub/electronic design/1996.

Siemens semiconductor . (1989/January) . ***Power transistor*** . (Online) . www.siemens.com Available : Directory : Pub/ Datasheet buz90 /1989.

St microelectronic . (2001/June) . ***Highvoltage fast switching*** . (Online) . www.st.com Available : Directory : Pub/ Datasheet bul216/2001.

St microelectronic . (2001/June) . ***diac*** . (Online) . www.st.com Available : Directory : Pub/ Datasheet db3/2001.

Semiconductor component inductive . (2000/October) . ***axial lead rectifiers*** . (Online) . http://onsemi.com Available : Directory : Pub/ Datasheet 1N5818/2001.

Thomas L.Floyd . (2000) . Principles of Electric National Electronics and Computer Technology Center (2003/april) . ***electrical courseware*** . (Online) . Available : http://www.nectec.or.th Available : Directory : Pub/Technical Data /2003.Circuits.Ohio .New york USA : Mc Graw-Hill Inc.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
หนังสือขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

ที่ ทม 1012/ [illegible]

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๕ กรกฎาคม 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย

เรียน ผู้จัดการฝ่ายทดสอบอุปกรณ์ สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

เนื่องด้วย นายธรรธา แดงยืนยง นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง "ออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขอใช้ห้องปฏิบัติการทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าและห้องปฏิบัติการทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ พร้อมทั้งเครื่องทดสอบวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้า เพื่อทำการทดลองและทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ ในระหว่างเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม 2546

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ให้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้ชี้ยาชญดราอเครื่องมือและอุปกรณ์การวิจัยให้ นายธรรธา แดงยืนยง และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาภรณ์ หะวานนท์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-2487539

ภาคผนวก ข
รายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์

รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

ตาราง 15 แสดงรายละเอียดของตัวเก็บประจุ

ลำดับที่	ขนาดของตัวประจุ	ขนาดของตัวประจุ	ค่าผิดพลาด	ขนาด	ชนิด
	(นาโนฟารัด)	(ไมโครฟารัด)	(ร้อยละ)	ความคงทน (V)	
1	22 nF	-	10	630 V	milar
2	10 nF	-	10	2000 V	polypropylean
3	10 nF	-	10	400 V	polypropylean
4	12 nF	-	10	400 V	polypropylean
5	680 nF	-	10	400 V	polypropylean
6	1 nF	-	10	63 V	polyester
7	100 nF	-	10	63 V	polyester
8	47 nF	-	10	600 V	polypropylean
9	10 nF	-	10	600 V	polypropylean
10	100 nF	-	10	400 V	polypropylean
11	100 nF	-	10	400 V	polypropylean
12	-	22 μF	20	50 V	electrolite
13	-	22 μF	20	400 V	electrolite
13	-	22 μF	20	400 V	electrolite

ตาราง 16 แสดงรายละเอียดของไดโอด

ลำดับที่	เบอร์	ชนิด	ขนาด(วัตต์)
1	1N4007	Silicon	1/2
2	1N5817	Zener	1/2
3	1N5008	Silicon	1
4	Uf4005	Fast recovery	1/2
5	MICDB107	Bridge rectifier	1/2

ตาราง 17 แสดงรายละเอียดของมอสเฟต

ลำดับ	เบอร์	ชนิด	แรงดัน (v)	กระแส (A)
1	BUZ90	N-Chanel	600 V	4 A

ตาราง 18 แสดงรายละเอียดของตัวต้านทาน

ลำดับ	ขนาดของตัวต้านทาน	ขนาดของตัวต้านทาน	ขนาดของตัวต้านทาน	ค่าผิดพลาด	ขนาด
	(โอห์ม)	(กิโลโอห์ม)	(เมกะโอห์ม)	(ร้อยละ)	(วัตต์)
1	100 Ω	-	-	1%	1/4
2	10 Ω	-	-	1%	1/4
3	0.5 Ω	-	-	1%	1/2
4	10 Ω	-	-	1%	1/4
5	10 Ω	10 KΩ	-	1%	1/4
6	-	440 KΩ	-	1%	1/4
7	-	68 KΩ	-	1%	1/4
8	-	6.3 KΩ	-	1%	1/4
9	-	47 KΩ	-	1%	1/4
10	-	22 KΩ	-	1%	1/4
11	-	-	2 MΩ	1%	1/4
12	-	-	1 MΩ	1%	1/4

ตาราง 19 แสดงรายละเอียดของไอซี

ลำดับ	เบอร์	ชนิด
1	L6561	PFC

ตาราง 20 แสดงรายละเอียดของวาริสเตอร์

ลำดับ	เบอร์	แรงดัน
1	CNRC7D821K	500 v

ตาราง 21 แสดงรายละเอียดของฟิวส์

ลำดับ	เบอร์	แรงดัน	กระแส	อุณหภูมิ
1	SM095B0	250 v	2A	100°C

L6561

POWER FACTOR CORRECTOR

- VERY PRECISE ADJUSTABLE OUTPUT OVERVOLTAGE PROTECTION
- MICRO POWER START-UP CURRENT (50µA TYP.)
- VERY LOW OPERATING SUPPLY CURRENT (4mA TYP.)
- INTERNAL START-UP TIMER
- CURRENT SENSE FILTER ON CHIP
- DISABLE FUNCTION
- 1% PRECISION (@ T_J = 25°C) INTERNAL REFERENCE VOLTAGE
- TRANSITION MODE OPERATION
- TOTEM POLE OUTPUT CURRENT: ±400mA
- DIP8/SO8 PACKAGES

Minidip

SO8

ORDERING NUMBERS:
L6561 (Minidip)
L6561D (SO8)

DESCRIPTION

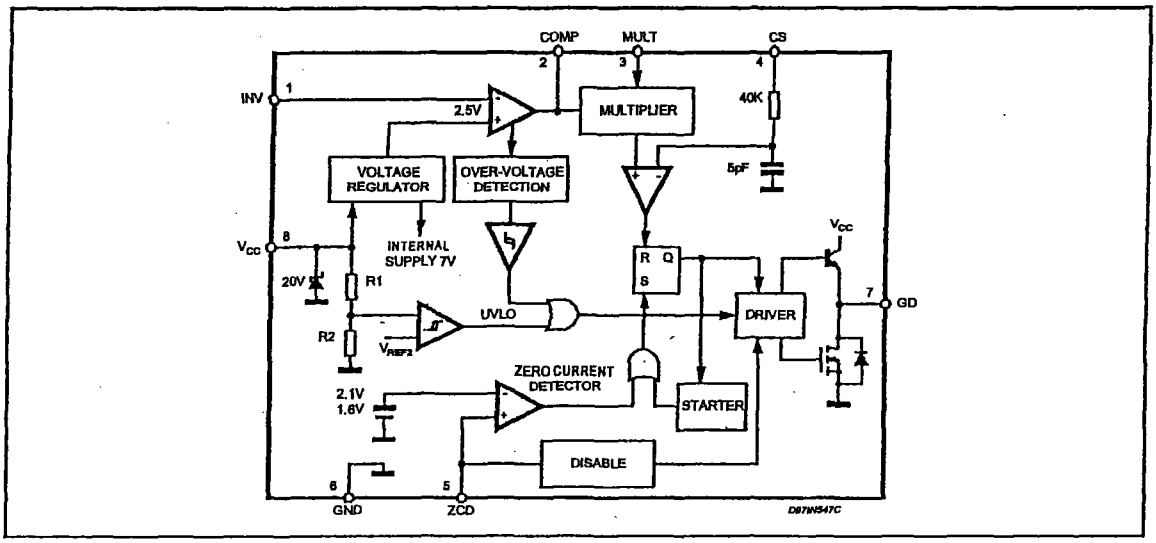
L6561 is the improved version of the L6560 standard Power Factor Corrector. Fully compatible with the standard version, it has a superior performant multiplier making the device capable of working in wide input voltage range applications (from 85V to 265V) with an excellent THD. Furthermore the start up current has been reduced at few tens of µA and a disable function has been implemented on the ZCD pin, guaranteeing lower current consumption in stand by mode.

Realised in mixed BCD technology, the chip gives the following benefits:

- **micro power start up current**
- **1% precision internal reference voltage (T_J = 25°C)**
- **Soft Output Over Voltage Protection**
- **no need for external low pass filter on the current sense**
- **very low operating quiescent current minimises power dissipation**

The totem pole output stage is capable of driving a Power MOS or IGBT with source and sink currents of +/- 400mA. The device is operating in transition mode and it is optimised for Electronic Lamp Ballast application, AC-DC adaptors and SMPS.

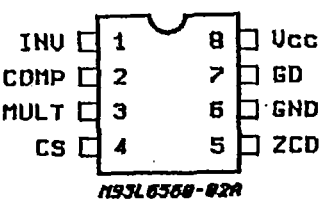
BLOCK DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Pin	Parameter	Value	Unit
I_{Vcc}	8	$I_{CC} + I_Z$	30	mA
I_{GD}	7	Output Totem Pole Peak Current (2µs)	±700	mA
INV, COMP MULT	1, 2, 3	Analog Inputs & Outputs	-0.3 to 7	V
CS	4	Current Sense Input	-0.3 to 7	V
ZCD	5	Zero Current Detector	50 (source) -10 (sink)	mA mA
P_{tot}		Power Dissipation @T_{amb} = 50 °C (Minidip) (SO8)	1 0.65	W
T_J		Junction Temperature Operating Range	-40 to 150	°C
T_{stg}		Storage Temperature	-55 to 150	°C

PIN CONNECTION



THERMAL DATA

Symbol	Parameter	SO 8	MINIDIP	Unit
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	150	100	°C/W

PIN FUNCTIONS

N.	Name	Function
1	INV	Inverting input of the error amplifier. A resistive divider is connected between the output regulated voltage and this point, to provide voltage feedback.
2	COMP	Output of error amplifier. A feedback compensation network is placed between this pin and the INV pin.
3	MULT	Input of the multiplier stage. A resistive divider connects to this pin the rectified mains. A voltage signal, proportional to the rectified mains, appears on this pin.
4	CS	Input to the comparator of the control loop. The current is sensed by a resistor and the resulting voltage is applied to this pin.
5	ZCD	Zero current detection input. If it is connected to GND, the device is disabled.
6	GND	Current return for driver and control circuits.
7	GD	Gate driver output. A push pull output stage is able to drive the Power MOS with peak current of 400mA (source and sink).
8	Vcc	Supply voltage of driver and control circuits.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 14.5V; T_{amb} = -25°C to 125°C; unless otherwise specified)

SUPPLY VOLTAGE SECTION

Symbol	Pin	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{CC}	8	Operating Range	after turn-on	11		18	V
$V_{CC\ ON}$	8	Turn-on Threshold		11	12	13	V
$V_{CC\ OFF}$	8	Turn-off Threshold		8.7	9.5	10.3	V
Hys	8	Hysteresis		2.2	2.5	2.8	V

SUPPLY CURRENT SECTION

Symbol	Pin	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
$I_{START-U}$	8	Start-up Current	before turn-on (V_{CC} =11V)	20	50	90	µA
I_q	8	Quiescent Current			2.6	4	mA
I_{CC}		Operating Supply Current	C_L = 1nF @ 70KHz		4	5.5	mA
			In OVP condition V_{pin1} = 2.7V		1.4	2.1	mA
I_q		Quiescent Current	$V_{PIN5} \leq$ 150mV, $V_{CC} > V_{CC\ off}$		1.4	2.1	mA
			$V_{PIN5} \leq$ 150mV, $V_{CC} < V_{CC\ off}$	20	50	90	µA
V_Z	8	Zener Voltage	I_{CC} = 25mA	18	20	22	V

ERROR AMPLIFIER SECTION

Symbol	Pin	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{INV}	1	Voltage Feedback Input Threshold	T_{amb} = 25°C	2.465	2.5	2.535	V
			12V < V_{CC} < 18V	2.44		2.56	
		Line Regulation	V_{CC} = 12 to 18V		2	5	mV
I_{INV}	1	Input Bias Current			-0.1	-1	µA
G_V		Voltage Gain	Open loop	60	80		dB
GB		Gain Bandwidth			1		MHz
I_{COMP}	2	Source Current	V_{COMP} = 4V, V_{INV} = 2.4V	-2	-4	-8	mA
		Sink Current	V_{COMP} = 4V, V_{INV} = 2.6V	2.5	4.5		mA
V_{COMP}	2	Upper Clamp Voltage	I_{SOURCE} = 0.5mA		5.8		V
		Lower Clamp Voltage	I_{Sink} = 0.5mA		2.25		V

MULTIPLIER SECTION

Symbol	Pin	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{MULT}	3	Linear Operating Voltage		0 to 3	0 to 3.5		V
$\frac{\Delta V_{CS}}{\Delta V_{mult}}$		Output Max. Slope	V_{MULT} = from 0V to 0.5V V_{COMP} = Upper Clamp Voltage	1.65	1.9		
K		Gain	V_{MULT} = 1V V_{COMP} = 4V	0.45	0.6	0.75	1/V

CURRENT SENSE COMPARATOR

Symbol	Pin	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{CS}	4	Current Sense Reference Clamp	V_{MULT} = 2.5V V_{COMP} = Upper Clamp Voltage	1.6	1.7	1.8	V
I_{CS}	4	Input Bias Current	V_{OS} = 0		-0.05	-1	µA
$t_{d\ (H-L)}$	4	Delay to Output			200	450	ns
	4	Current Sense Offset			0	15	mV

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

ZERO CURRENT DETECTOR

Symbol	Pin	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{ZCD}	5	Input Threshold Voltage Rising Edge	(1)		2.1		V
		Hysteresis	(1)	0.3	0.5	0.7	V
V_{ZCD}	5	Upper Clamp Voltage	I_{ZCD} = 20µA	4.5	5.1	5.9	V
V_{ZCD}	5	Upper Clamp Voltage	I_{ZCD} = 3mA	4.7	5.2	6.1	V
V_{ZCD}	5	Lower Clamp Voltage	I_{ZCD} = –3mA	0.3	0.65	1	V
I_{ZCD}	5	Sink Bias Current	$1V \le V_{ZCD} \le 4.5V$		2		µA
I_{ZCD}	5	Source Current Capability		-3		-10	mA
I_{ZCD}	5	Sink Current Capability		3		10	mA
V_{DIS}	5	Disable threshold		150	200	250	mV
I_{ZCD}	5	Restart Current After Disable	$V_{ZCD} < V_{dis}$; $V_{CC} > V_{CCOFF}$	-100	-200	-300	µA

OUTPUT SECTION

V_{GD}	7	Dropout Voltage	$I_{GDsource}$ = 200mA		1.2	2	V
			$I_{GDsource}$ = 20mA		0.7	1	V
			I_{GDsink} = 200mA			1.5	V
			I_{GDsink} = 20mA			0.3	V
t_r	7	Output Voltage Rise Time	CL = 1nF		40	100	ns
t_f	7	Output Voltage Fall Time	CL = 1nF		40	100	ns
$I_{GD\ off}$	7	I_{GD} Sink Current	V_{CC} =3.5V V_{GD} = 1V	5	10	-	mA

OUTPUT OVERVOLTAGE SECTION

I_{OVP}	2	OVP Triggering Current		35	40	45	µA
		Static OVP Threshold		2.1	2.25	2.4	V

RESTART TIMER

t_{START}		Start Timer		70	150	400	µs

(1) Parameter guaranteed by design, not tested in production.

OVER VOLTAGE PROTECTION OVP

The output voltage is expected to be kept by the operation of the PFC circuit close to its nominal value. This is set by the ratio of the two external resistors R1 and R2 (see fig. 2), taking into consideration that the non inverting input of the error amplifier is biased inside the L6561 at 2.5V.

In steady state conditions, the current through R1 and R2 is:

$$I_{R1sc} = \frac{V_{out} - 2.5}{R1} = I_{R2} = \frac{2.5V}{R2}$$

and, if the external compensation network is made only with a capacitor C_{comp}, the current through C_{comp} equals zero.

When the output voltage increases abruptly the current through R1 becomes:

$$I_{R1} = \frac{V_{outsc} + \Delta V_{OUT} - 2.5}{R1} = I_{R1sc} + \Delta I_{R1}$$

Since the current through R2 does not change, ΔI_{R1} must flow through the capacitor C_{comp} and enter the error amplifier.

This current is monitored inside the L6561 and when reaches about 37µA the output voltage of the multiplier is forced to decrease, thus reducing the energy drawn from the mains. If the current exceeds 40µA, the OVP protection is triggered (Dynamic OVP), and the external power transistor is switched off until the current falls approximately below 10µA.

However, if the overvoltage persists, an internal comparator (Static OVP) confirms the OVP condition keeping the external power switch turned off (see fig. 1).

Finally, the overvoltage that triggers the OVP function is:

$$\Delta Vout = R1 \cdot 40\mu A.$$

Typical values for R1, R2 and C are shown in the application circuits. The overvoltage can be set independently from the average output voltage. The precision in setting the overvoltage threshold is 7% of

the overvoltage value (for instance ΔV = 60V ± 4.2V).

Disable function

The zero current detector (ZCD) pin can be used for device disabling as well. By grounding the ZCD voltage the device is disabled reducing the supply current consumption at 1.4mA typical (@ 14.5V supply voltage).

Releasing the ZCD pin the internal start-up timer will restart the device.

Figure 1.

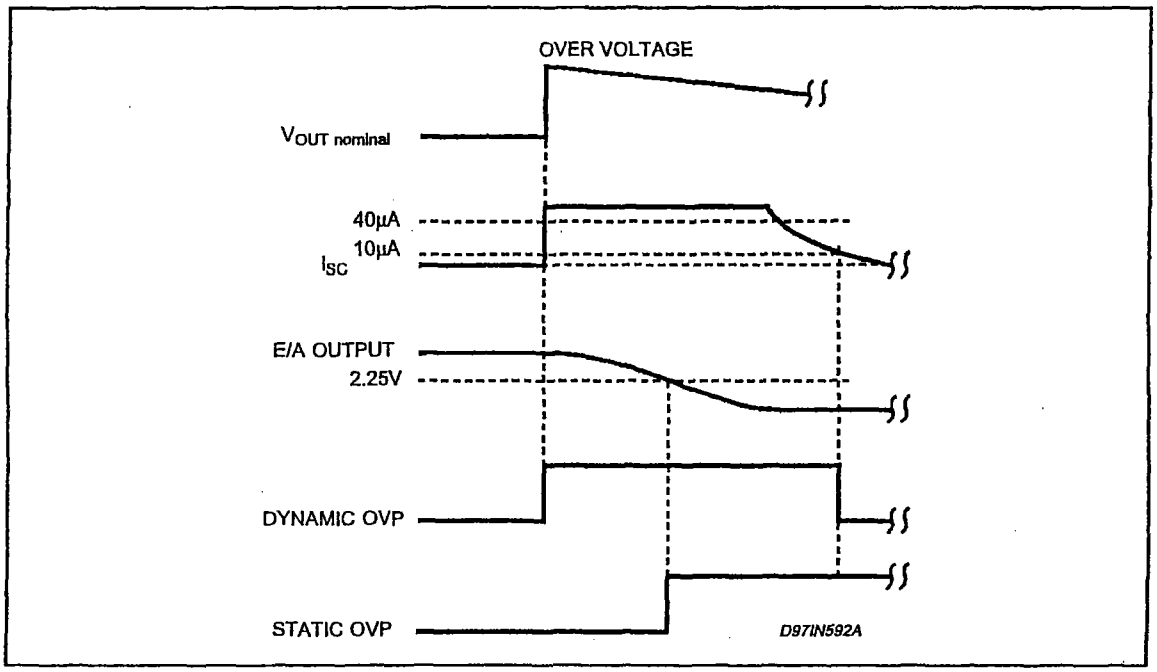


Figure 2. Overvoltage Protection Circuit

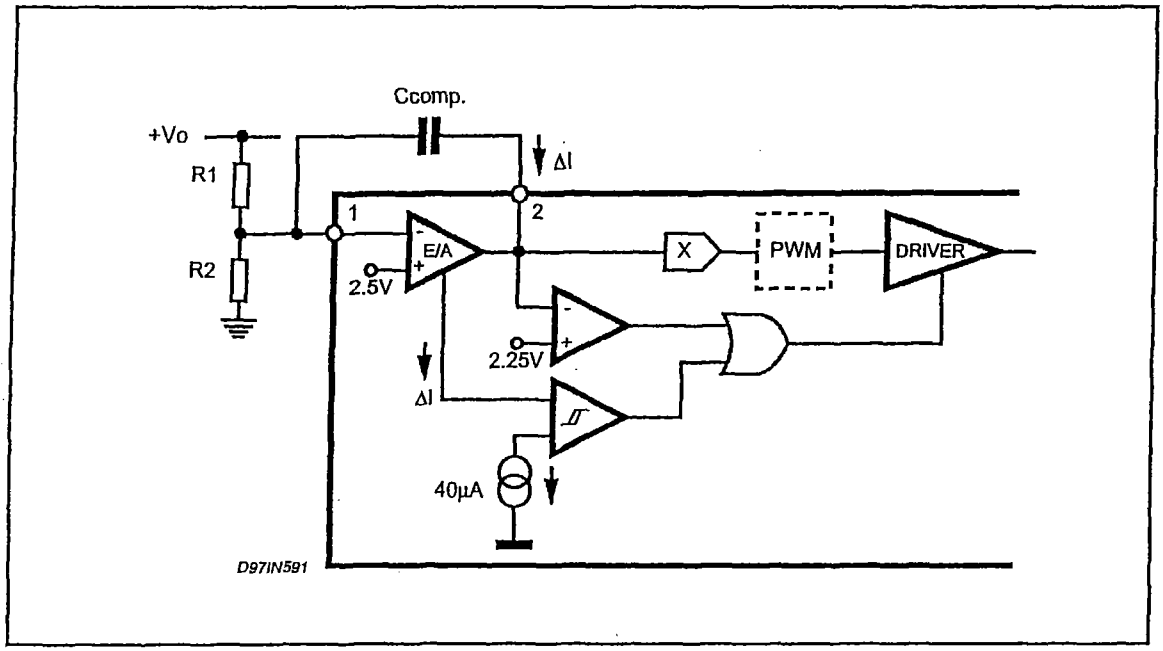


Figure 9. Supply Current vs. Supply Voltage

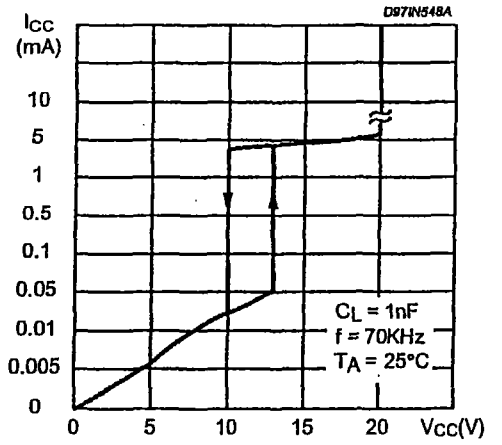


Figure 10. Voltage Feedback Input Threshold vs. Temperature

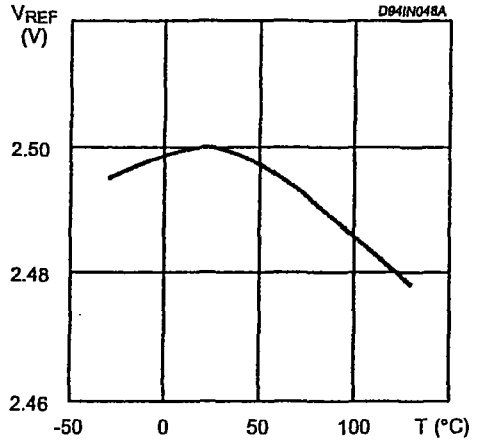


Figure 11. Output Saturation Voltage vs. Sink Current

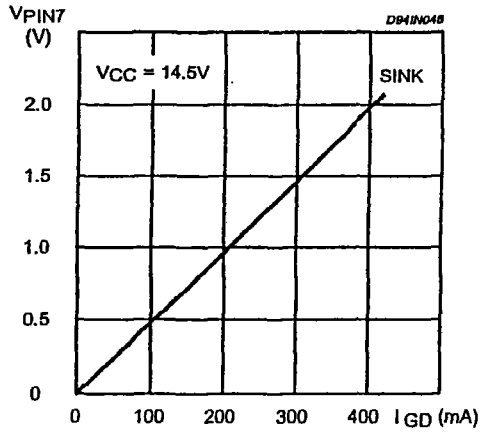


Figure 12. Output Saturation Voltage vs. Source Current

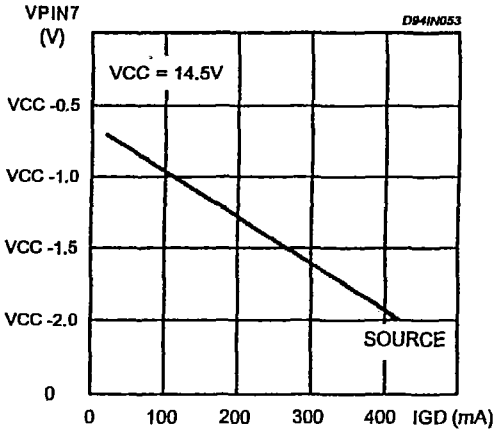
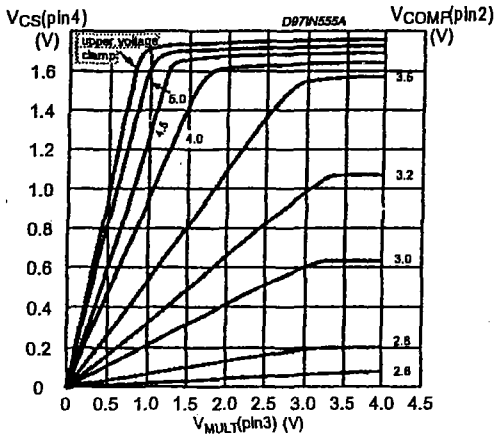


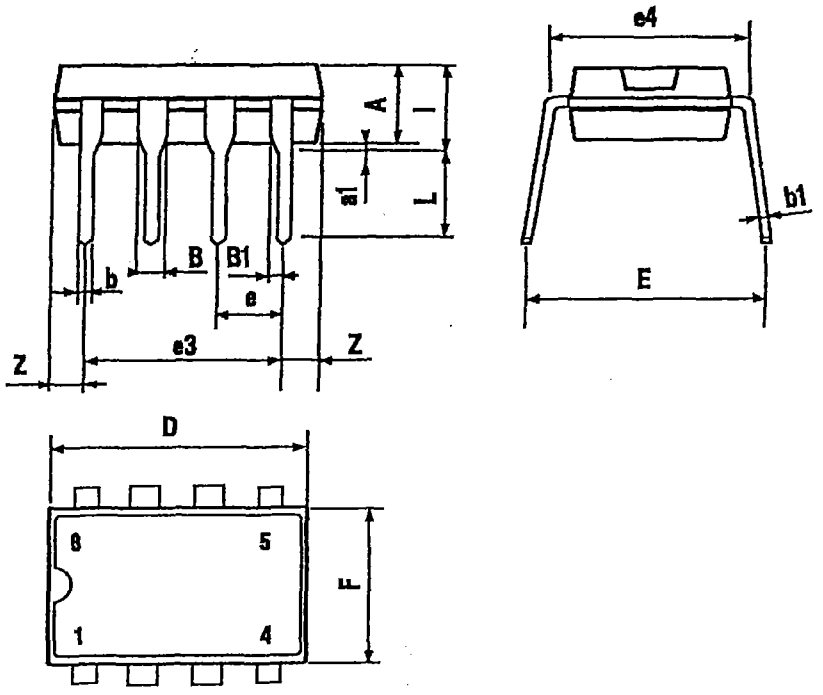
Figure 13. Multiplier Characteristics Family



DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A		3.32			0.131	
a1	0.51			0.020		
B	1.15		1.65	0.045		0.065
b	0.356		0.55	0.014		0.022
b1	0.204		0.304	0.008		0.012
D			10.92			0.430
E	7.95		9.75	0.313		0.384
e		2.54			0.100	
e3		7.62			0.300	
e4		7.62			0.300	
F			6.6			0.260
I			5.08			0.200
L	3.18		3.81	0.125		0.150
Z			1.52			0.060

OUTLINE AND MECHANICAL DATA

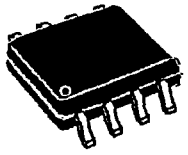
Minidip



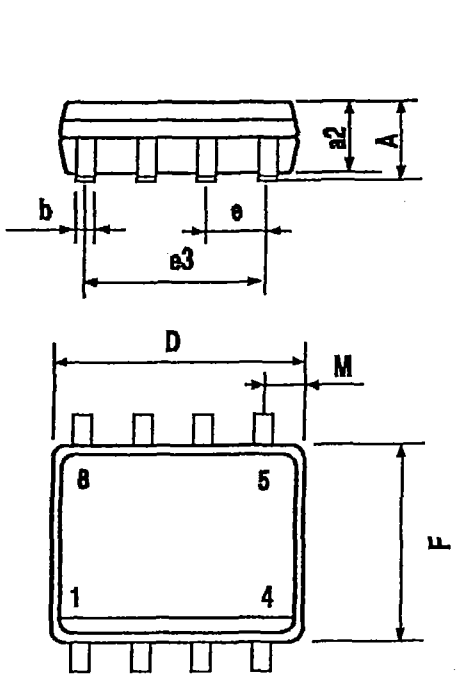
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.010
a2			1.65			0.065
a3	0.65		0.85	0.026		0.033
b	0.35		0.48	0.014		0.019
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C	0.25		0.5	0.010		0.020
c1	45° (typ.)					
D (1)	4.8		5.0	0.189		0.197
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		3.81			0.150	
F (1)	3.8		4.0	0.15		0.157
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.6			0.024
S	8° (max.)					

(1) D and F do not include mold flash or protrusions. Mold flash or potrusions shall not exceed 0.15mm (.006inch).

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



SO8

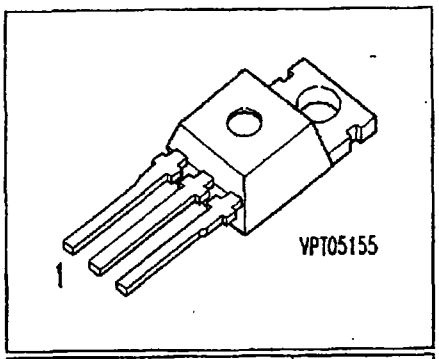


SIEMENS

BUZ 90

SIPMOS® Power Transistor

- N channel
- Enhancement mode
- Avalanche-rated



Pin 1	Pin 2	Pin 3
G	D	S

Type	V_{DS}	I_D	$R_{DS(on)}$	Package	Ordering Code
BUZ 90	600 V	4.5 A	1.6 Ω	TO-220 AB	C67078-S1321-A2

Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Values	Unit
Continuous drain current T_C = 28 °C	I_D	4.5	A
Pulsed drain current T_C = 25 °C	I_{Dpuls}	18	
Avalanche current,limited by T_{jmax}	I_{AR}	4.5	
Avalanche energy,periodic limited by T_{jmax}	E_{AR}	8	mJ
Avalanche energy, single pulse I_D = 4.5 A, V_{DD} = 50 V, R_{GS} = 25 Ω L = 29 mH, T_j = 25 °C	E_{AS}	320	
Gate source voltage	V_{GS}	± 20	V
Power dissipation T_C = 25 °C	P_{tot}	75	W
Operating temperature	T_j	-55 ... + 150	°C
Storage temperature	T_{stg}	-55 ... + 150	
Thermal resistance, chip case	R_{thJC}	≤ 1.67	K/W
Thermal resistance, chip to ambient	R_{thJA}	75	
DIN humidity category, DIN 40 040		E	
IEC climatic category, DIN IEC 68-1		55 / 150 / 56	

8235605 0084463 125

This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

SIEMENS

BUZ 90

Electrical Characteristics, at $T_j = 25°C$, unless otherwise specified

Parameter	Symbol	Values			Unit
		min.	typ.	max.	
Static Characteristics					
Drain- source breakdown voltage $V_{GS} = 0$ V, $I_D = 0.25$ mA, $T_j = 25$ °C	$V_{(BR)DSS}$	600	-	-	V
Gate threshold voltage $V_{GS}=V_{DS}$, $I_D = 1$ mA	$V_{GS(th)}$	2.1	3	4	
Zero gate voltage drain current $V_{DS} = 600$ V, $V_{GS} = 0$ V, $T_j = 25$ °C $V_{DS} = 600$ V, $V_{GS} = 0$ V, $T_j = 125$ °C	I_{DSS}	- -	0.1 10	1 100	µA
Gate-source leakage current $V_{GS} = 20$ V, $V_{DS} = 0$ V	I_{GSS}	-	10	100	nA
Drain-Source on-resistance $V_{GS} = 10$ V, $I_D = 2.8$ A	$R_{DS(on)}$	-	1.5	1.6	Ω

8235605 0084464 061

This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

SIEMENS

Electrical Characteristics, at $T_j = 25°C$, unless otherwise specified

Parameter	Symbol	Values			Unit
		min.	typ.	max.	
Dynamic Characteristics					
Transconductance $V_{DS} \geq 2 \cdot I_D \cdot R_{DS(on)max}$, $I_D = 2.8$ A	g_{fs}	2.5	3.8	-	S
Input capacitance $V_{GS} = 0$ V, $V_{DS} = 25$ V, $f = 1$ MHz	C_{iss}	-	780	1050	pF
Output capacitance $V_{GS} = 0$ V, $V_{DS} = 25$ V, $f = 1$ MHz	C_{oss}	-	110	170	
Reverse transfer capacitance $V_{GS} = 0$ V, $V_{DS} = 25$ V, $f = 1$ MHz	C_{rss}	-	40	70	
Turn-on delay time $V_{DD} = 30$ V, $V_{GS} = 10$ V, $I_D = 2.6$ A $R_{GS} = 50\ \Omega$	$t_{d(on)}$	-	20	30	ns
Rise time $V_{DD} = 30$ V, $V_{GS} = 10$ V, $I_D = 2.6$ A $R_{GS} = 50\ \Omega$	t_r	-	50	75	
Turn-off delay time $V_{DD} = 30$ V, $V_{GS} = 10$ V, $I_D = 2.6$ A $R_{GS} = 50\ \Omega$	$t_{d(off)}$	-	120	150	
Fall time $V_{DD} = 30$ V, $V_{GS} = 10$ V, $I_D = 2.6$ A $R_{GS} = 50\ \Omega$	t_f	-	70	90	

8235605 0084465 TT8

his Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

SIEMENS BUZ 90

Electrical Characteristics, at T_j = 25°C, unless otherwise specified

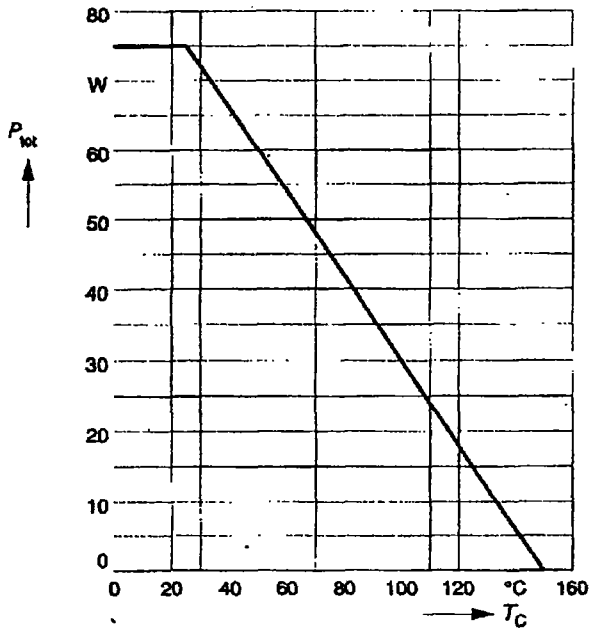
Parameter	Symbol	Values			Unit
		min.	typ.	max.	
Reverse Diode					
Inverse diode continuous forward current T_C = 25 °C	I_S	-	-	4.5	A
Inverse diode direct current,pulsed T_C = 25 °C	I_{SM}	-	-	18	
Inverse diode forward voltage V_{GS} = 0 V, I_F = 8 A	V_{SD}	-	1.1	1.2	V
Reverse recovery time V_R = 100 V, I_F=I_S, di_F/dt = 100 A/µs	t_{rr}	-	350	-	ns
Reverse recovery charge V_R = 100 V, I_F=I_S, di_F/dt = 100 A/µs	Q_{rr}	-	3	-	µC

8235605 0084466 934

This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

Power dissipation

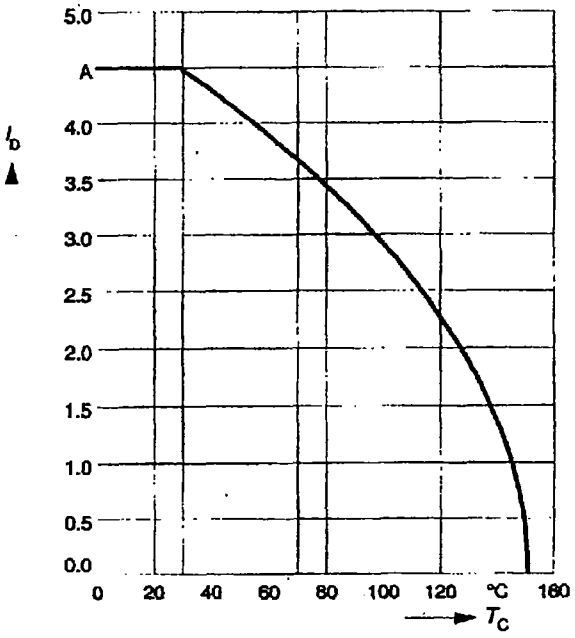
$P_{tot} = f(T_C)$



Drain current

$I_D = f(T_C)$

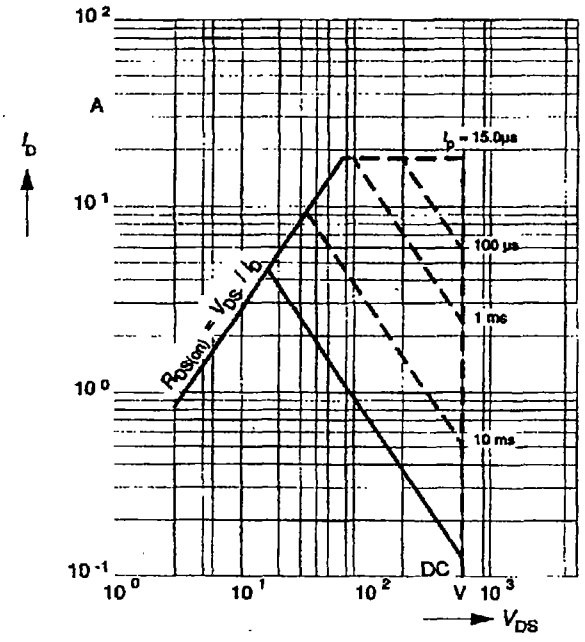
parameter: $V_{GS} \geq 10$ V



Safe operating area

$I_D = f(V_{DS})$

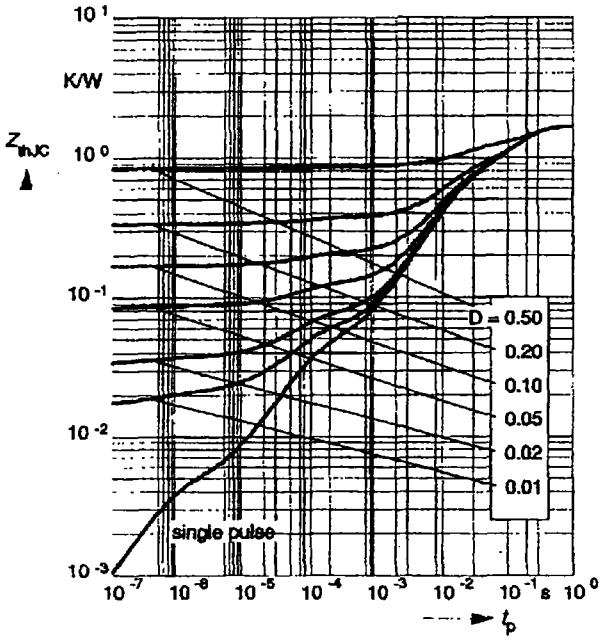
parameter: $D = 0.01$, $T_C = 25$°C



Transient thermal impedance

$Z_{th\,JC} = f(t_p)$

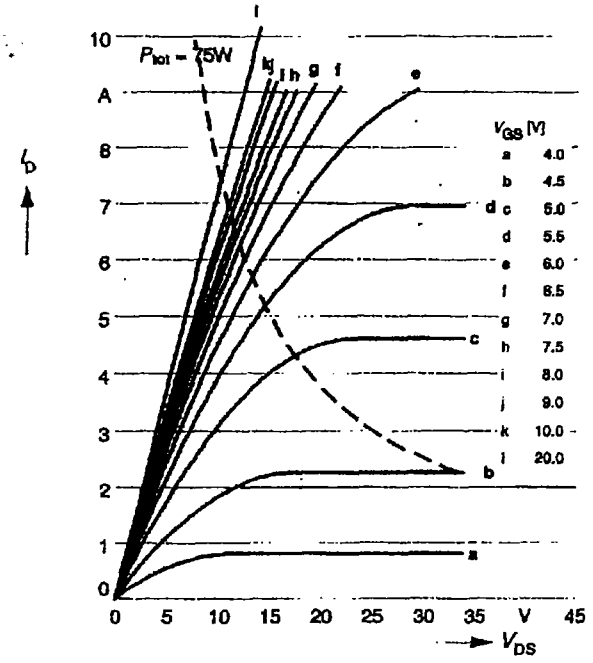
parameter: $D = t_p / T$



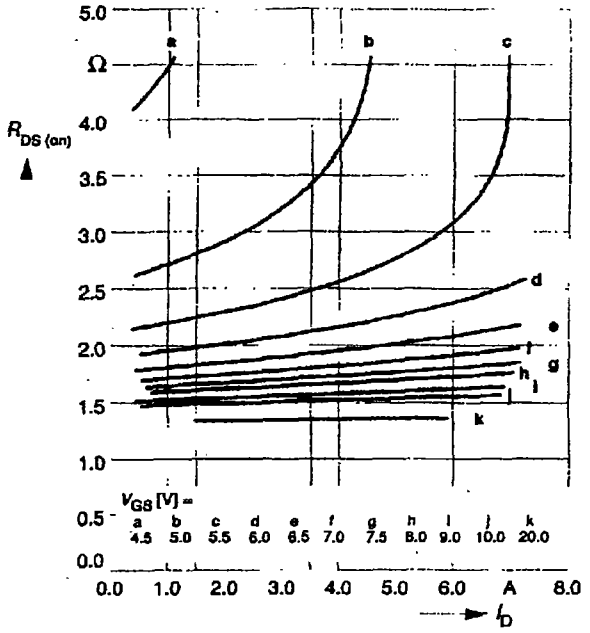
8235605 0084467 870

his Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

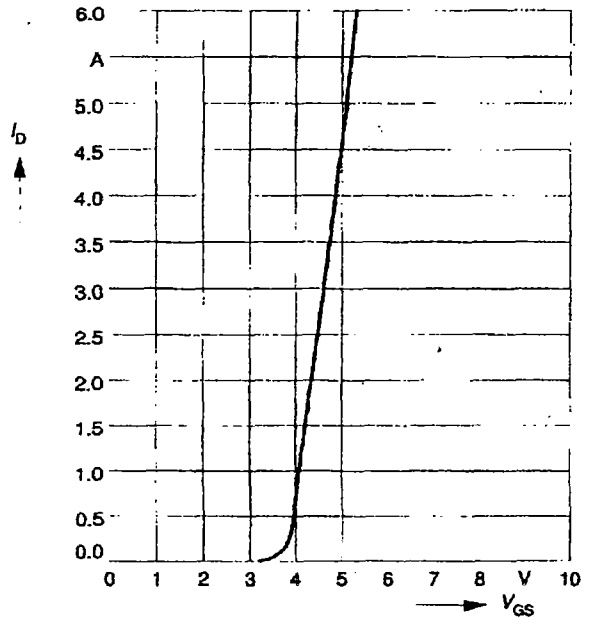
Typ. output characteristics
$I_D = f(V_{DS})$
parameter: t_p = 80 µs



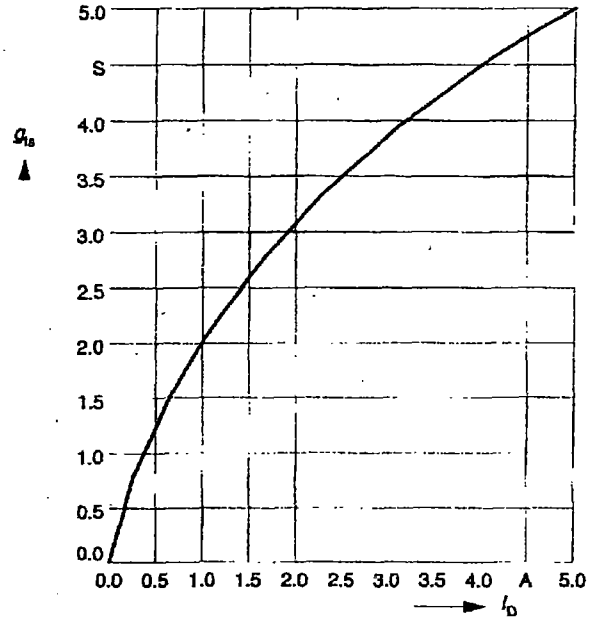
Typ. drain-source on-resistance
$R_{DS\,(on)} = f(I_D)$
parameter: V_{GS}



Typ. transfer characteristics $I_D = f(V_{GS})$
parameter: t_p = 80 µs
$V_{DS} \geq 2 \times I_D \times R_{DS(on)max}$



Typ. forward transconductance $g_{fs} = f(I_D)$
parameter: t_p = 80 µs,
$V_{DS} \geq 2 \times I_D \times R_{DS(on)max}$



8235605 0084468 707

This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

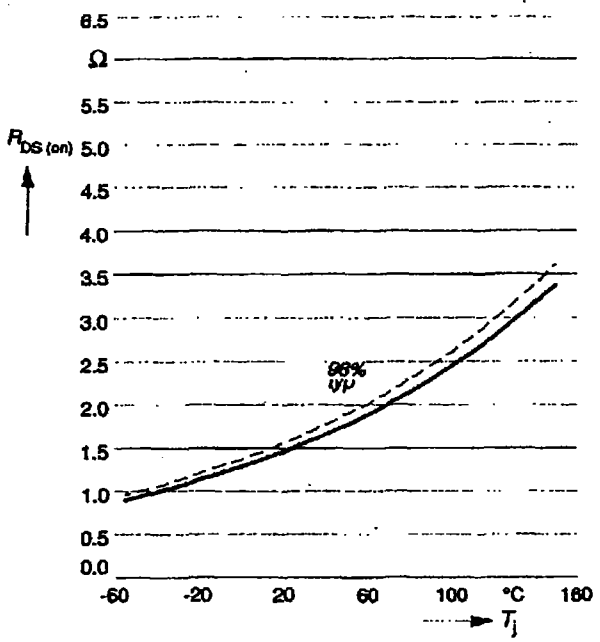
SIEMENS

BUZ 90

Drain-source on-resistance

$R_{DS\,(on)} = f(T_j)$

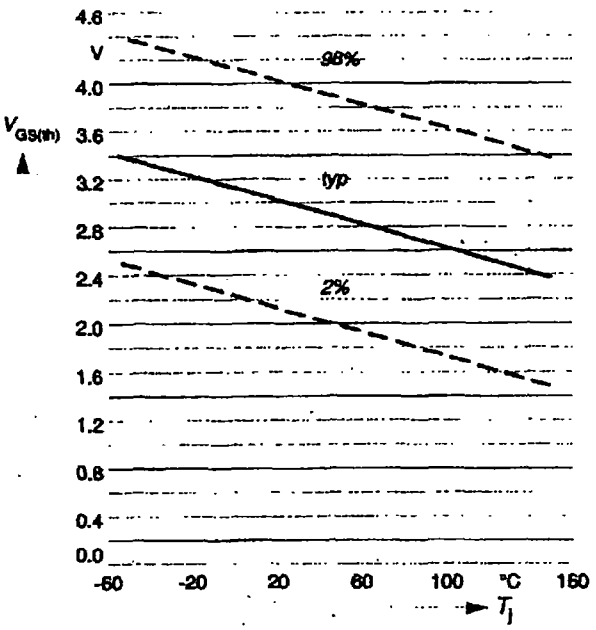
parameter: $I_D = 2.8$ A, $V_{GS} = 10$ V



Gate threshold voltage

$V_{GS\,(th)} = f(T_j)$

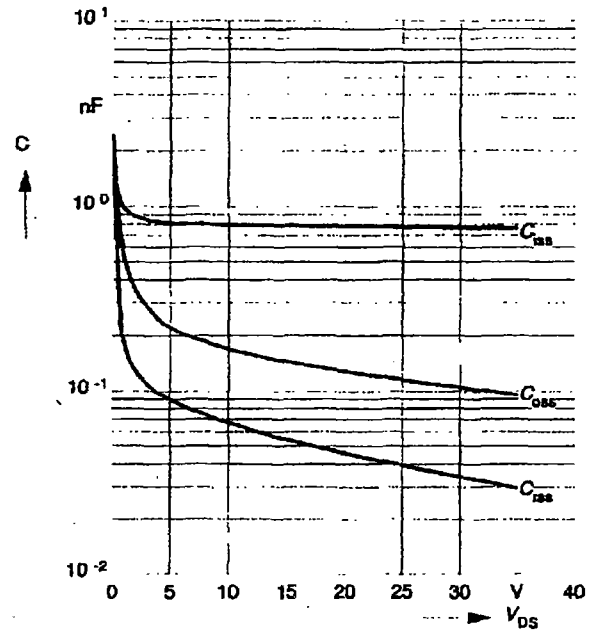
parameter: $V_{GS} = V_{DS}$, $I_D = 1$ mA



Typ. capacitances

$C = f(V_{DS})$

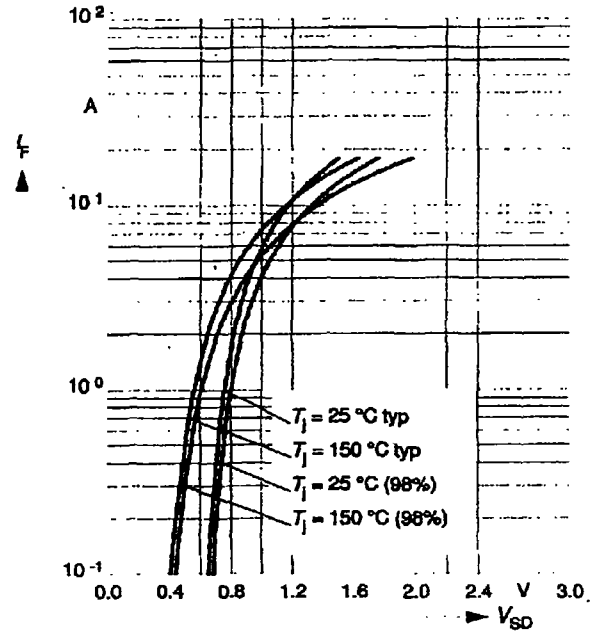
parameter: $V_{GS} = 0$V, $f = 1$MHz



Forward characteristics of reverse diode

$I_F = f(V_{SD})$

parameter: T_j, $t_p = 80$ µs

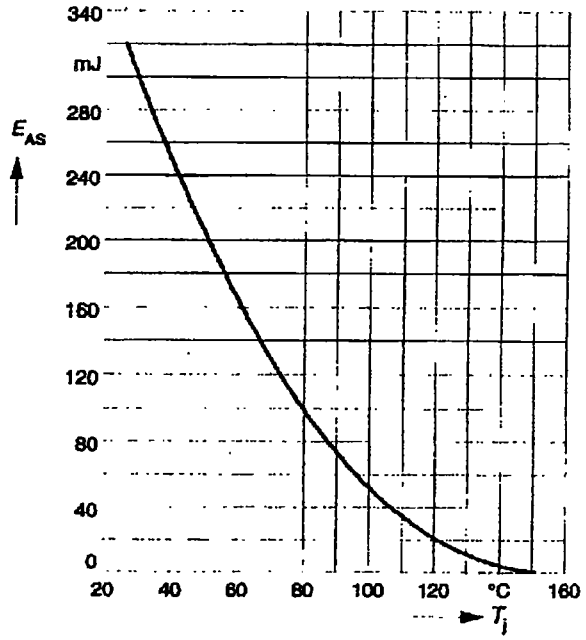


8235605 0084469 643

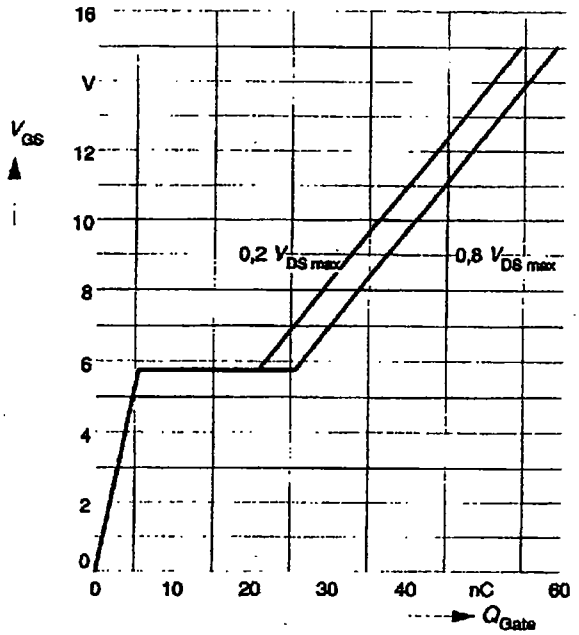
This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

SIEMENS

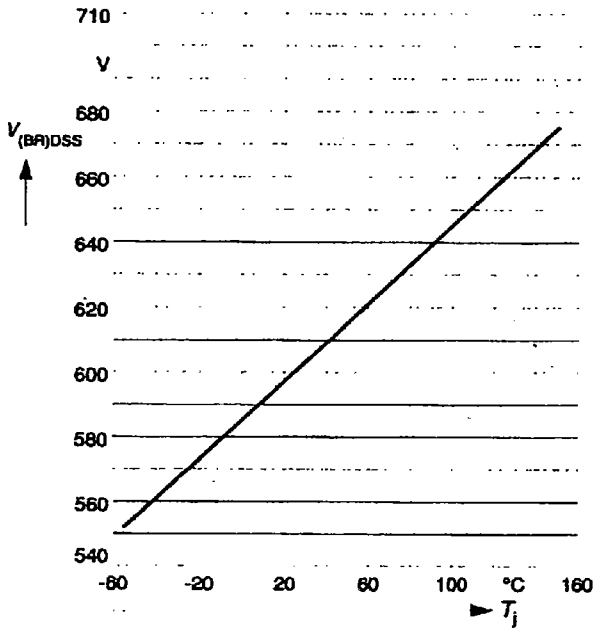
Avalanche energy $E_{AS} = f(T_j)$
parameter: $I_D = 4.5$ A, $V_{DD} = 50$ V
$R_{GS} = 25\ \Omega$, $L = 29$ mH



Typ. gate charge
$V_{GS} = f(Q_{Gate})$
parameter: $I_{D\ puls} = 7$ A



Drain-source breakdown voltage
$V_{(BR)DSS} = f(T_j)$



8235605 0084470 365

This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

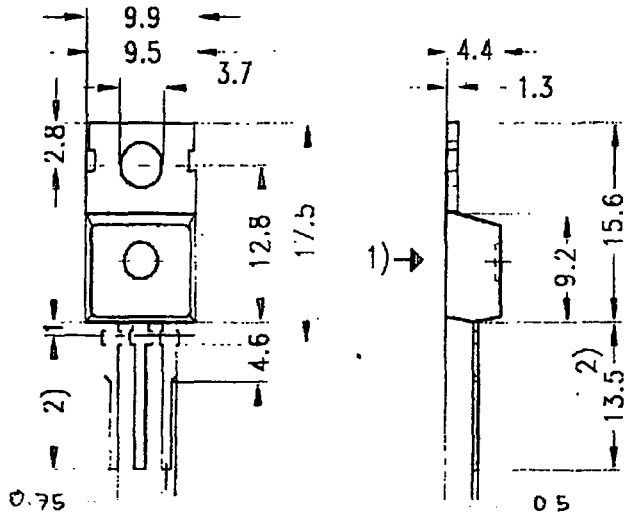
SIEMENS

BUZ 90

Package Outlines

TO-220 AB

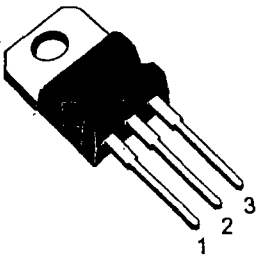
Dimension in mm



BUL216

HIGH VOLTAGE FAST-SWITCHING NPN POWER TRANSISTOR

- STMicroelectronics PREFERRED SALESTYPE
- NPN TRANSISTOR
- HIGH VOLTAGE CAPABILITY
- VERY HIGH SWITCHING SPEED
- HIGH OPERATING JUNCTION TEMPERATURE
- HIGH RUGGEDNESS



TO-220

APPLICATIONS

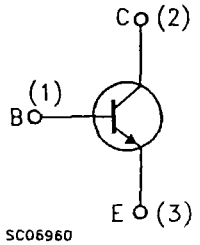
- ELECTRONIC BALLASTS FOR FLUORESCENT LIGHTING
- SWITCH MODE POWER SUPPLIES

DESCRIPTION

The BUL216 is manufactured using high voltage Multiepitaxial Mesa technology for cost-effective high performance. It uses a Hollow Emitter structure to enhance switching speeds.

The BUL series is designed for use in lighting applications and low cost switch-mode power supplies.

INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CES}	Collector-Emitter Voltage (V_{BE} = 0)	1600	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage (I_B = 0)	800	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage (I_C = 0)	9	V
I_C	Collector Current	4	A
I_{CM}	Collector Peak Current (t_p < 5 ms)	6	A
I_B	Base Current	2	A
I_{BM}	Base Peak Current (t_p < 5 ms)	4	A
P_{tot}	Total Dissipation at T_c = 25 °C	90	W
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 150	°C
T_j	Max. Operating Junction Temperature	150	°C

BUL216

THERMAL DATA

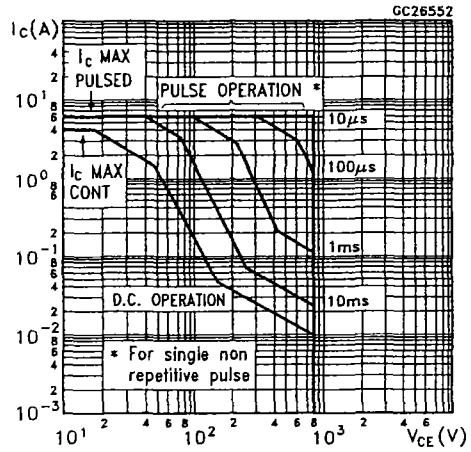
$R_{thj\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-Case	Max	1.39	°C/W
$R_{thj\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-Ambient	Max	62.5	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{case} = 25 °C unless otherwise specified)

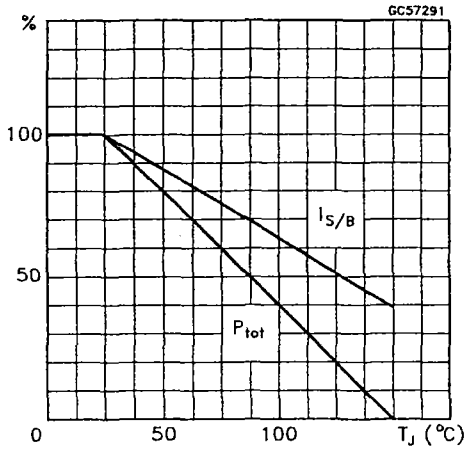
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CES}	Collector Cut-off Current (V_{BE} = 0)	V_{CE} = 1600 V V_{CE} = 1600 V T_j = 125 °C			100 500	µA µA
I_{CEO}	Collector Cut-off Current (I_B = 0)	V_{CE} = 800 V			250	µA
$V_{CEO(sus)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	I_C = 100 mA L = 25 mH	800			V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage (I_C = 0)	I_E = 10 mA	9			V
$V_{CE(sat)}$*	Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C = 1 A I_B = 0.2 A I_C = 2 A I_B = 0.66 A			1 3	V V
$V_{BE(sat)}$*	Base-Emitter Saturation Voltage	I_C = 1 A I_B = 0.2 A I_C = 2 A I_B = 0.66 A			1.2 1.2	V V
h_{FE}*	DC Current Gain	I_C = 0.4 A V_{CE} = 5 V I_C = 10 mA V_{CE} = 5 V	12 10		40	
t_s t_f	INDUCTIVE LOAD Storage Time Fall Time	I_C = 1.5 A I_{B1} = 0.5 A $V_{BE(off)}$ = -5 V R_{BB} = 0 Ω V_{CL} = 250 V L = 200 µH		2.1 450	3.3 720	µs ns
t_s t_f	INDUCTIVE LOAD Storage Time Fall Time	I_C = 1.5 A I_{B1} = 0.5 A $V_{BE(off)}$ = -5 V R_{BB} = 0 Ω V_{CL} = 250 V L = 200 µH T_j = 100 °C		3 600		µs ns

* Pulsed: Pulse duration = 300 µs, duty cycle 1.5 %

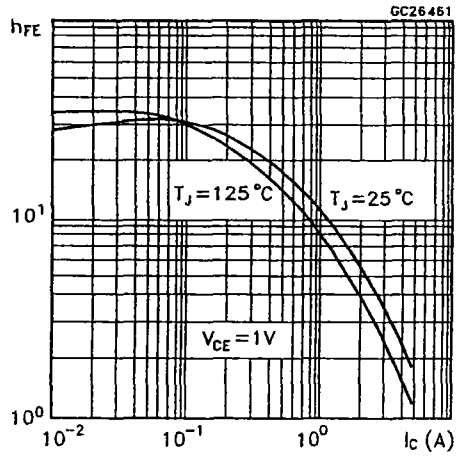
Safe Operating Areas



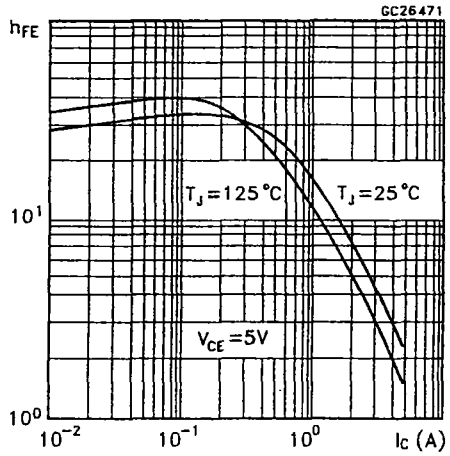
Derating Curve



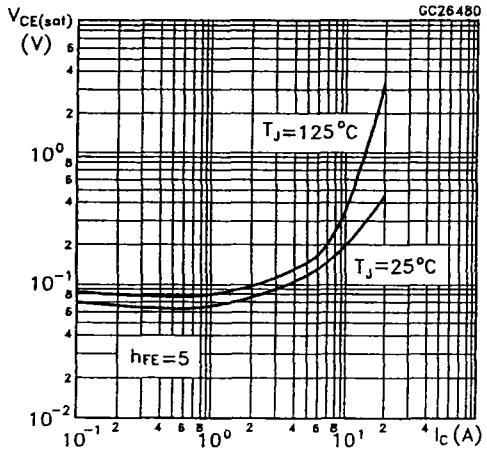
DC Current Gain



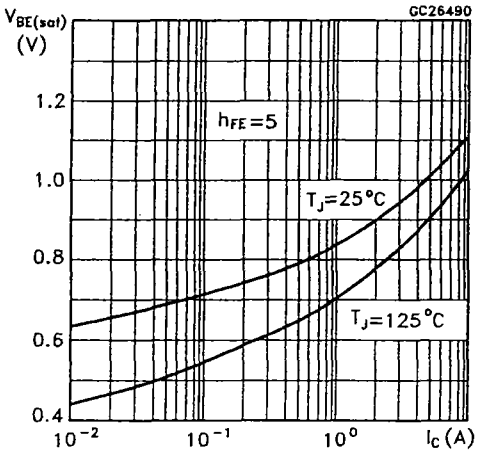
DC Current Gain



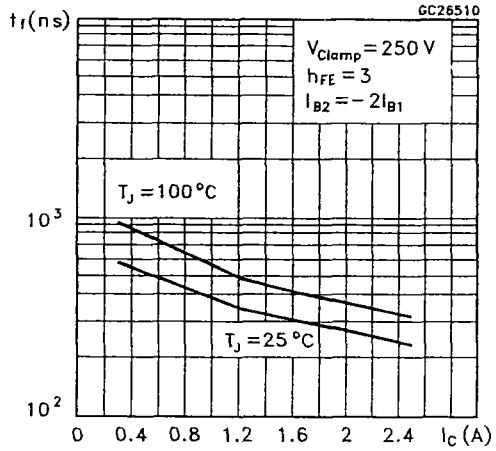
Collector Emitter Saturation Voltage



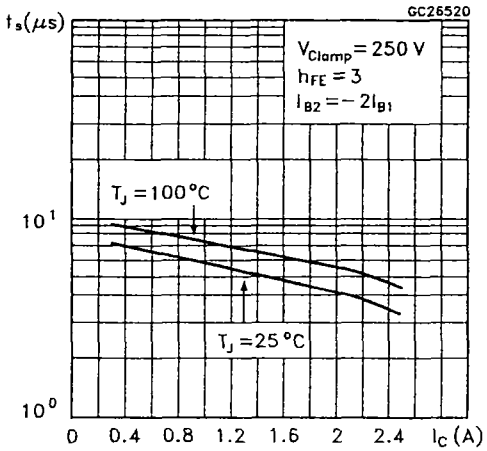
Base Emitter Saturation Voltage



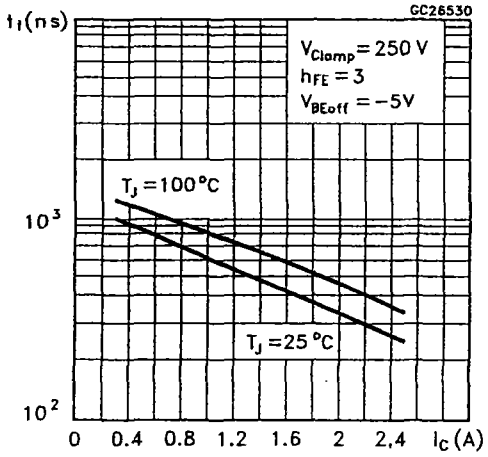
Inductive Fall Time



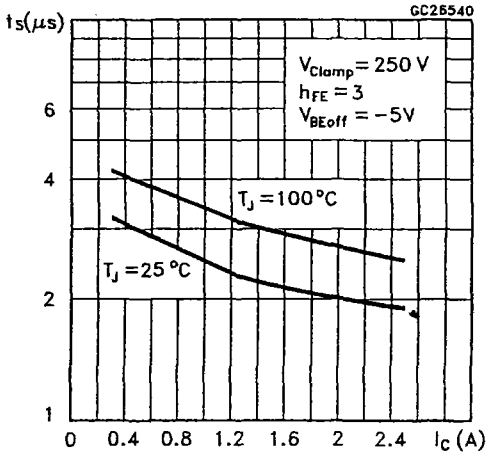
Inductive Storage Time



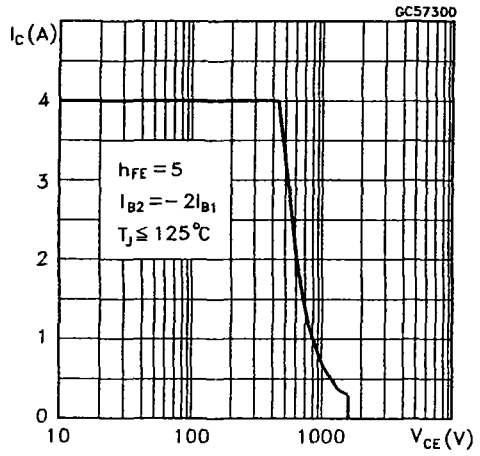
Inductive Fall Time



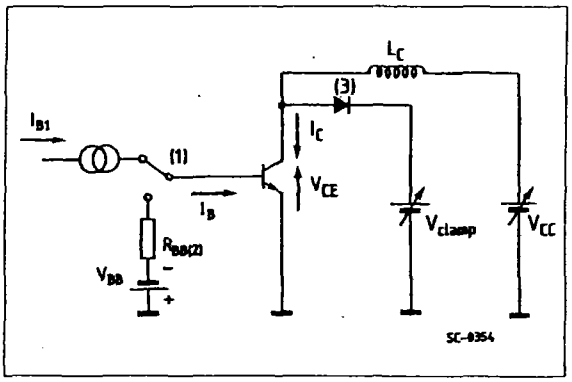
Inductive Storage Time



Reverse Biased SOA



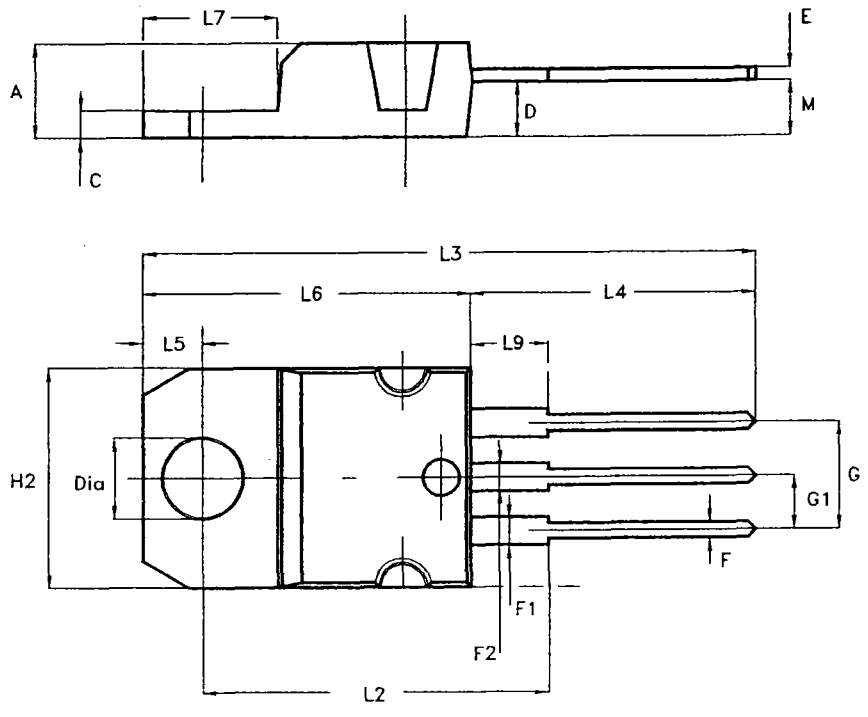
RBSOA and Inductive Load Switching Test Circuits



(1) Fast electronic switch
(2) Non-inductive Resistor
(3) Fast recovery rectifier

TO-220 MECHANICAL DATA

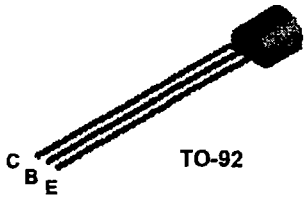
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.40		4.60	0.173		0.181
C	1.23		1.32	0.048		0.052
D	2.40		2.72	0.094		0.107
E	0.49		0.70	0.019		0.027
F	0.61		0.88	0.024		0.034
F1	1.14		1.70	0.044		0.067
F2	1.14		1.70	0.044		0.067
G	4.95		5.15	0.194		0.202
G1	2.40		2.70	0.094		0.106
H2	10.00		10.40	0.394		0.409
L2		16.40			0.645	
L4	13.00		14.00	0.511		0.551
L5	2.65		2.95	0.104		0.116
L6	15.25		15.75	0.600		0.620
L7	6.20		6.60	0.244		0.260
L9	3.50		3.93	0.137		0.154
M		2.60			0.102	
DIA.	3.75		3.85	0.147		0.151



P011CI

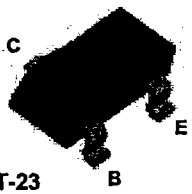
FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

2N4403



TO-92

MMBT4403



SOT-23
Mark: 2T

PNP General Purpose Amplifier

This device is designed for use as a general purpose amplifier and switch requiring collector currents to 500 mA.

Absolute Maximum Ratings*

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	40	V
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	40	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	5.0	V
I_C	Collector Current - Continuous	600	mA
T_J, T_{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:
1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max		Units
		2N4403	*MMBT4403	
P_D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	625 5.0	350 2.8	mW mW/°C
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3		°C/W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	357	°C/W

*Device mounted on FR-4 PCB 1.6" X 1.6" X 0.06."

© 2001 Fairchild Semiconductor Corporation

PNP General Purpose Amplifier
(continued)

Electrical Characteristics
TA = 25°C unless otherwise noted

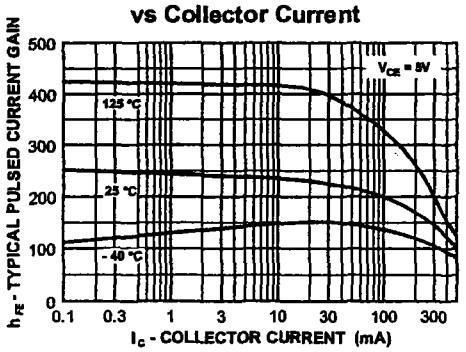
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
OFF CHARACTERISTICS					
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage*	I_C = 1.0 mA, I_B = 0	40		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	I_C = 0.1 mA, I_E = 0	40		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	I_E = 0.1 A, I_C = 0	5.0		V
I_{BEX}	Base Cutoff Current	V_{CE} = 35 V, V_{EB} = 0.4 V		0.1	µA
I_{CEX}	Collector Cutoff Current	V_{CE} = 35 V, V_{BE} = 0.4 V		0.1	µA
ON CHARACTERISTICS					
h_{FE}	DC Current Gain	I_C = 0.1 mA, V_{CE} = 1.0 V I_C = 1.0 mA, V_{CE} = 1.0 V I_C = 10 mA, V_{CE} = 1.0 V I_C = 150 mA, V_{CE} = 2.0 V* I_C = 500 mA, V_{CE} = 2.0 V*	30 60 100 100 20	 300	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage*	I_C = 150 mA, I_B = 15 mA I_C = 500 mA, I_B = 50 mA		0.4 0.75	V V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	I_C = 150 mA, I_B = 15 mA* I_C = 500 mA, I_B = 50 mA	0.75	0.95 1.3	V V
SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS					
f_T	Current Gain - Bandwidth Product	I_C = 20 mA, V_{CE} = 10 V, f = 100 MHz	200		MHz
C_{cb}	Collector-Base Capacitance	V_{CB} = 10 V, I_E = 0, f = 140 kHz		8.5	pF
C_{eb}	Emitter-Base Capacitance	V_{BE} = 0.5 V, I_C = 0, f = 140 kHz		30	pF
h_{ie}	Input Impedance	I_C = 1.0 mA, V_{CE} = 10 V, f = 1.0 kHz	1.5	15	kΩ
h_{re}	Voltage Feedback Ratio	I_C = 1.0 mA, V_{CE} = 10 V, f = 1.0 kHz	0.1	8.0	$x\ 10^{-4}$
h_{fe}	Small-Signal Current Gain	I_C = 1.0 mA, V_{CE} = 10 V, f = 1.0 kHz	60	500	
h_{oe}	Output Admittance	I_C = 1.0 mA, V_{CE} = 10 V, f = 1.0 kHz	1.0	100	µmhos
SWITCHING CHARACTERISTICS					
t_d	Delay Time	V_{CC} = 30 V, I_C = 150 mA, I_{B1} = 15 mA		15	ns
t_r	Rise Time			20	ns
t_s	Storage Time	V_{CC} = 30 V, I_C = 150 mA I_{B1} = I_{B2} = 15 mA		225	ns
t_f	Fall Time			30	ns

*Pulse Test: Pulse Width ≤ 300 ms, Duty Cycle ≤ 2.0%

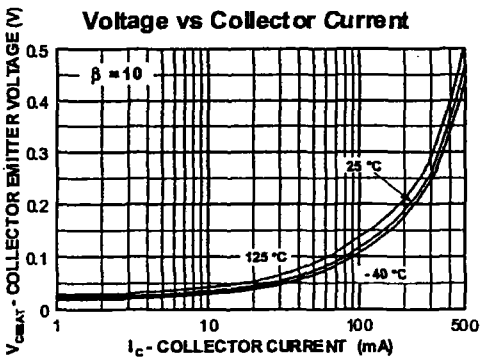
PNP General Purpose Amplifier
(continued)

Typical Characteristics

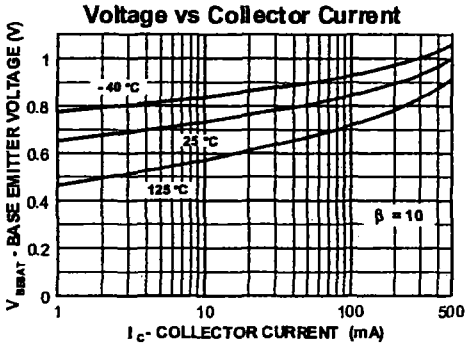
Typical Pulsed Current Gain vs Collector Current



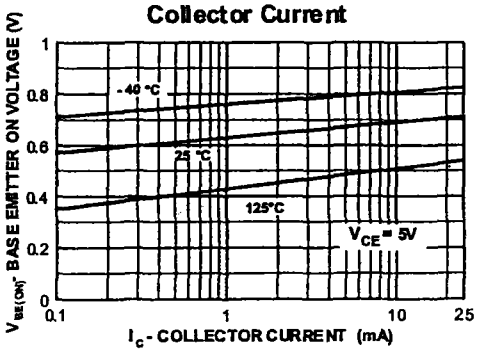
Collector-Emitter Saturation Voltage vs Collector Current



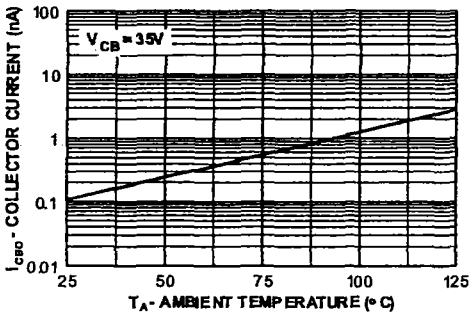
Base-Emitter Saturation Voltage vs Collector Current



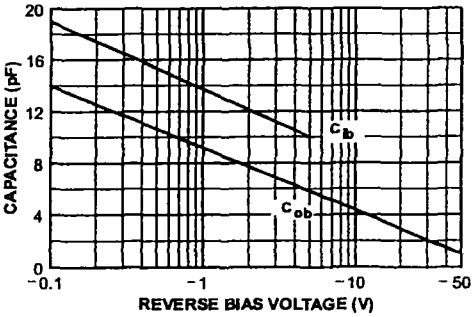
Base Emitter ON Voltage vs Collector Current



Collector-Cutoff Current vs Ambient Temperature



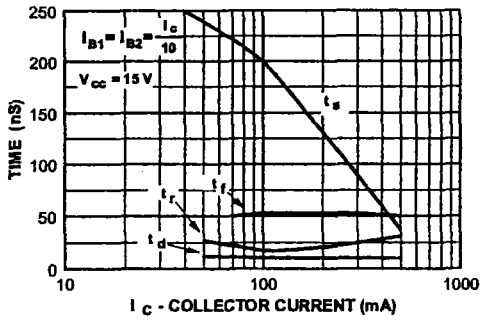
Input and Output Capacitance vs Reverse Bias Voltage



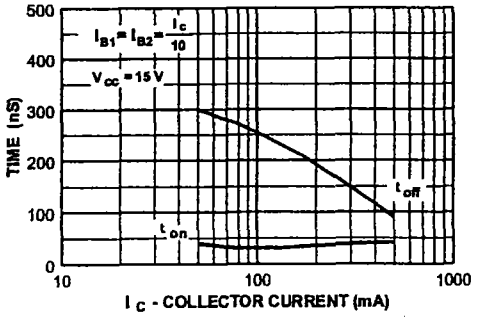
PNP General Purpose Amplifier
(continued)

Typical Characteristics (continued)

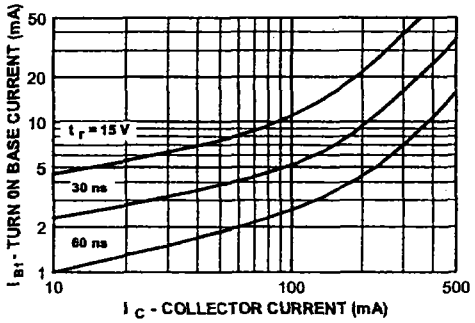
Switching Times vs Collector Current



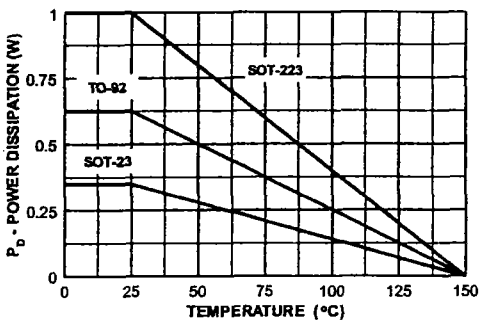
Turn On and Turn Off Times vs Collector Current



Rise Time vs Collector and Turn On Base Currents

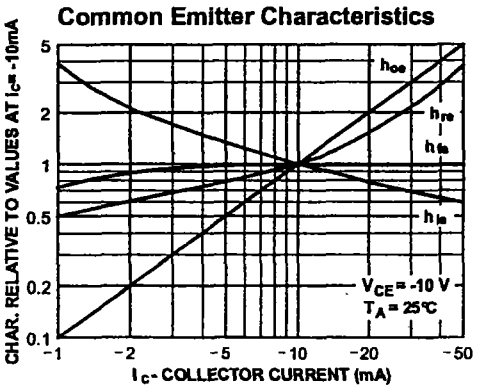


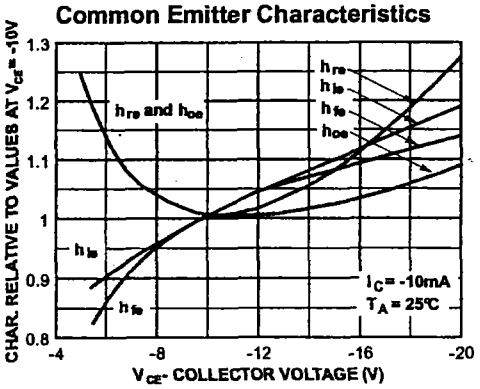
Power Dissipation vs Ambient Temperature

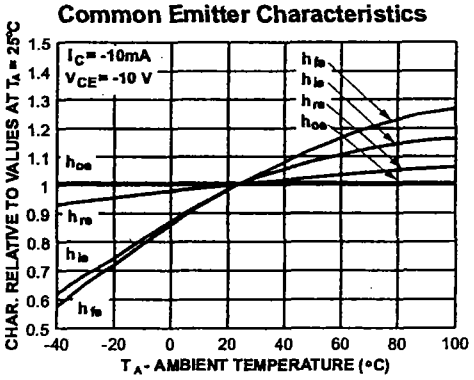


PNP General Purpose Amplifier
(continued)

Typical Common Emitter Characteristics (f = 1.0kHz)







PNP General Purpose Amplifier
(continued)

Test Circuits

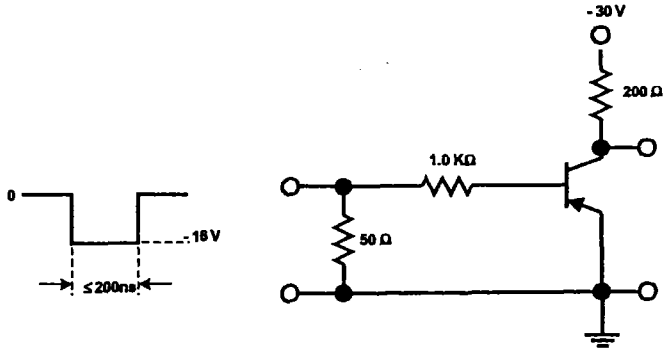


FIGURE 1: Saturated Turn-On Switching Time Test Circuit

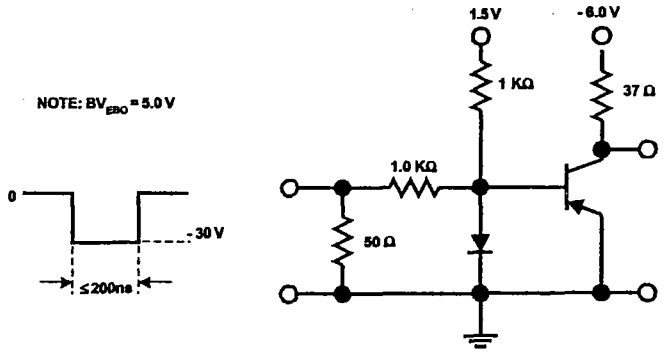


FIGURE 2: Saturated Turn-Off Switching Time Test Circuit

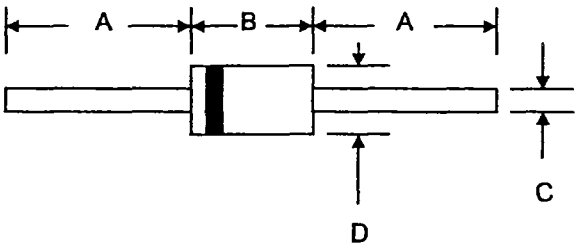
WTE
POWER SEMICONDUCTORS

UF4001 – UF4007

1.0A ULTRAFAST RECOVERY RECTIFIER

Features

- Diffused Junction
- Low Forward Voltage Drop
- High Current Capability
- High Reliability
- High Surge Current Capability



DO-41		
Dim	Min	Max
A	25.4	—
B	4.06	5.21
C	0.71	0.864
D	2.00	2.72
All Dimensions in mm		

Mechanical Data

- Case: Molded Plastic
- Terminals: Plated Leads Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Weight: 0.34 grams (approx.)
- Mounting Position: Any
- Marking: Type Number

Maximum Ratings and Electrical Characteristics @T_A=25°C unless otherwise specified

Single Phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	UF 4001	UF 4002	UF 4003	UF 4004	UF 4005	UF 4006	UF 4007	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	50	100	200	400	600	800	1000	V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Output Current (Note 1) @T_A = 55°C	I_O	1.0							A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms Single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC Method)	I_{FSM}	30							A
Forward Voltage @I_F = 1.0A	V_{FM}	1.0			1.3	1.7			V
Peak Reverse Current @T_A = 25°C At Rated DC Blocking Voltage @T_A = 100°C	I_{RM}	5.0 100							μA
Reverse Recovery Time (Note 2)	t_{rr}	50				75			nS
Typical Junction Capacitance (Note 3)	C_j	20				10			pF
Operating Temperature Range	T_j	-65 to +125							°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 to +150							°C

***Glass passivated forms are available upon request**

Note: 1. Leads maintained at ambient temperature at a distance of 9.5mm from the case
2. Measured with IF = 0.5A, IR = 1.0A, IRR = 0.25A. See figure 5.
3. Measured at 1.0 MHz and applied reverse voltage of 4.0V D.C.

© 2002 Won-Top Electronics

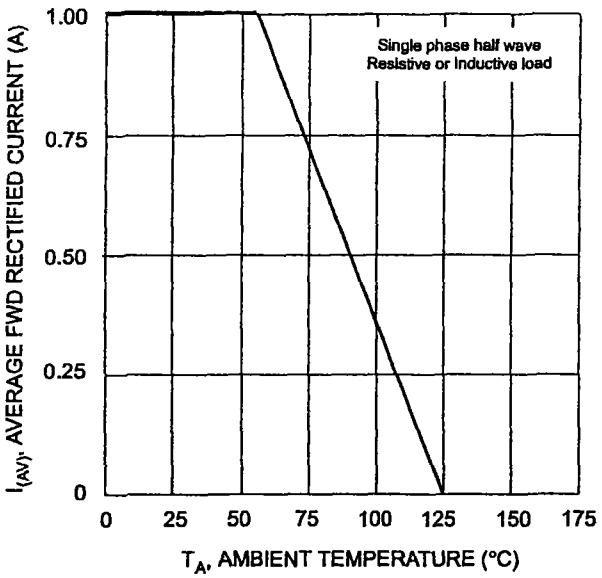


Fig. 1 Forward Current Derating Curve

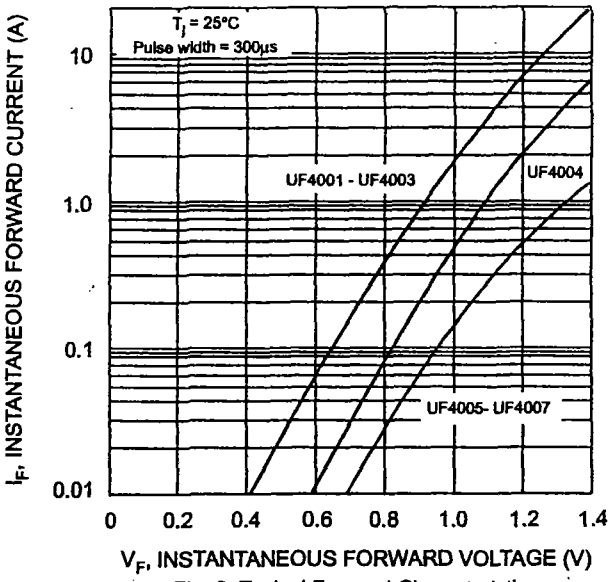


Fig. 2 Typical Forward Characteristics

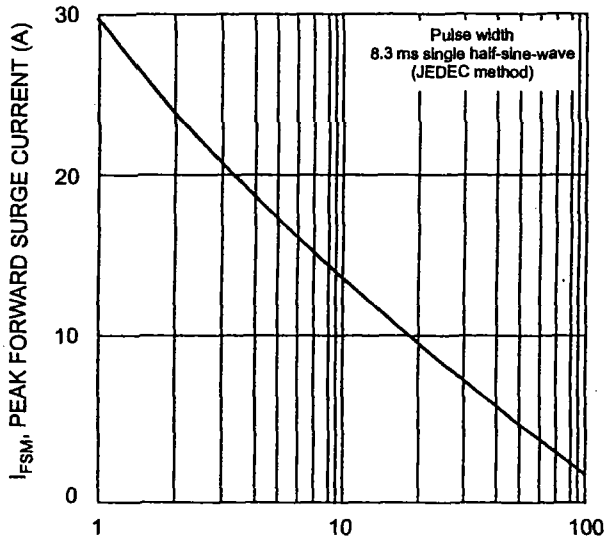


Fig. 3 Peak Forward Surge Current

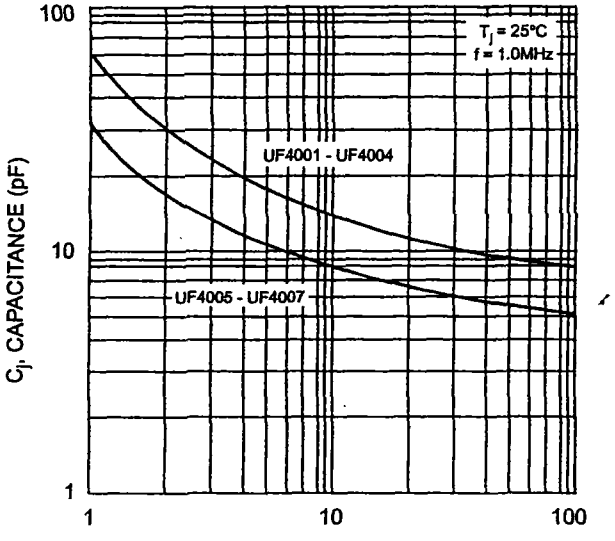
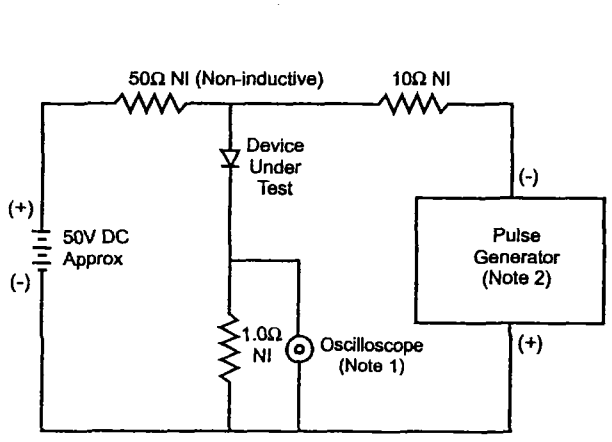


Fig. 4 Typical Junction Capacitance



Notes:
1. Rise Time = 7.0ns max. Input Impedance = 1.0MΩ, 22pF.
2. Rise Time = 10ns max. Input Impedance = 50Ω.

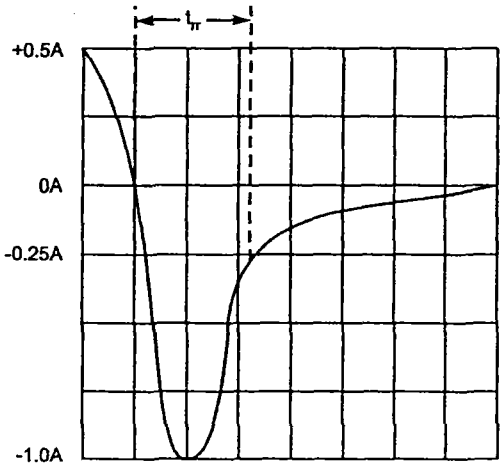


Fig. 5 Reverse Recovery Time Characteristic and Test Circuit

 © 2002 Won-Top Electronics

CNR
Transient/Surge Absorbers
Transient Voltage Surge Suppressors

Device Ratings and Characteristics

Part No. / Device Marking	Maximum Allowable Voltage		Varistor Voltage (@1mA)			Clamping Voltage @ Test Current (8/20 μs)		Maximum Energy (J)	Maximum Peak Current (8/20 μs)	Rated Power	Typical Capacitance (@1KHz)	Standards
	ACrms(V)	DC(V)	Min.	Vb(Vdc)	Max.	Vc(V)	Ip(A)	10/1000 μs	(A)	(W)	(pF)	
CNR-05D751K	460	615	675	750	825	1290	5	15.0	400	0.10	60	※ ○
CNR-07D751K						1240	10	33.0	1200	0.25	100	△ ☆ ※ ○
CNR-10D751K						1240	25	75.0	2500	0.40	150	△ ☆ ※ ○
CNR-14D751K						1240	50	143.0	4500	0.60	330	△ ☆ ※ ○
CNR-20D751K						1240	100	255.0	6500	1.00	530	△ ☆ ※ ○
CNR-07D781K	485	640	702	780	858	1290	10	37.0	1200	0.25	90	△ ☆ ※ ○
CNR-10D781K						1290	25	80.0	2500	0.40	150	△ ☆ ※ ○
CNR-14D781K						1290	50	148.0	4500	0.60	330	△ ☆ ※ ○
CNR-20D781K						1290	100	265.0	6500	1.00	500	△ ☆ ※ ○
CNR-07D821K	510	670	738	820	902	1355	10	40.0	1200	0.25	90	△ ☆ ※ ○
CNR-10D821K						1355	25	85.0	2500	0.40	150	△ ☆ ※ ○
CNR-14D821K						1355	50	157.0	4500	0.60	330	△ ☆ ※ ○
CNR-20D821K						1355	100	282.0	6500	1.00	500	△ ☆ ※ ○
CNR-10D911K	550	745	819	910	1001	1500	25	93.0	2500	0.40	140	△ ☆ ※ ○
CNR-14D911K						1500	50	175.0	4500	0.60	300	△ ☆ ※ ○
CNR-20D911K						1500	100	310.0	6500	1.00	480	△ ☆ ※ ○
CNR-10D102K	625	825	900	1000	1100	1650	25	102.0	2500	0.40	140	△ ☆ ※ ○
CNR-14D102K						1650	50	190.0	4500	0.60	300	△ ☆ ※ ○
CNR-20D102K						1650	100	342.0	6500	1.00	460	△ ☆ ※ ○
CNR-10D112K	680	895	990	1100	1210	1815	25	115.0	2500	0.40	130	※ ○
CNR-14D112K						1815	50	213.0	4500	0.60	200	※ ○
CNR-20D112K						1815	100	383.0	6500	1.00	400	※ ○
CNR-14D182K	1000	1465	1620	1800	1980	2970	50	337.0	4500	0.60	150	
CNR-20D182K						2970	100	625.0	6500	1.00	250	

Note: 1.05D series Varistor voltage test current by DC 0.1mA

Application Notes for UL Recongnized Componets

Related Standards

Standard No.	UL1414	UL1449	CSA	VDE
Title	Across-The-Line Components	Transient Voltage Surge Suppressors	Accessories and Parts for Electronic Products	Varistors for use in Electronic equipment
File No.	E165143	E150709	LR109736-1	21557-4790-0001
Symbols	△	☆	※	○

Selection guide

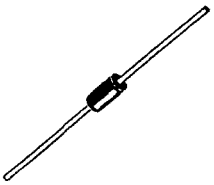
1. Determine the necessary steady-state voltage (working voltage).
2. Establish the transient energy absorbed by the varistor.
3. Calculate the peak transient current through the varistor.
4. Determine power dissipation requirement.
5. Select a model to provide the required voltage-clampling characteristics.

DB3 DB4 SMDB3

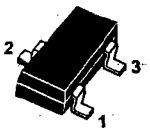
DIAC

FEATURES

- V_{BO} : 32V and 40V
- LOW BREAKOVER CURRENT



DO-35
(DB3 and DB4)



SOT-23
(SMDB3)*
Pin 1 and 3 must be shorted together

DESCRIPTION

Functioning as a trigger diode with a fixed voltage reference, the DB3/DB4 series can be used in conjunction with triacs for simplified gate control circuits or as a starting element in fluorenscent lamp ballasts.

A new surface mount version is now available in SOT-23 package, providing reduced space and compatibility with automatic pick and place equipment.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (limiting values)

Symbol	Parameter		Value	Unit
I_{TRM}	Repetitive peak on-state current tp = 20 µs F= 120 Hz	SMDB3	1.00	A
		DB3 / DB4	2.00	
Tstg Tj	Storage temperature range Operating junction temperature range		- 40 to + 125	°C

Note: * SMDB3 indicated as Preliminary spec as product is still in development stage.

OTHER INFORMATION

Part Number	Marking	Weight	Base Quantity	Packing Mode
SMDB3	DB3	0.01 g	3000	Tape & Reel
DB3	DB3 (Blue Body Coat)	0.15 g	5000	Tape & Reel
DB4	DB4 (Blue Body Coat)	0.15 g	5000	Tape & Reel

Diagram 1: Voltage - current characteristic curve.

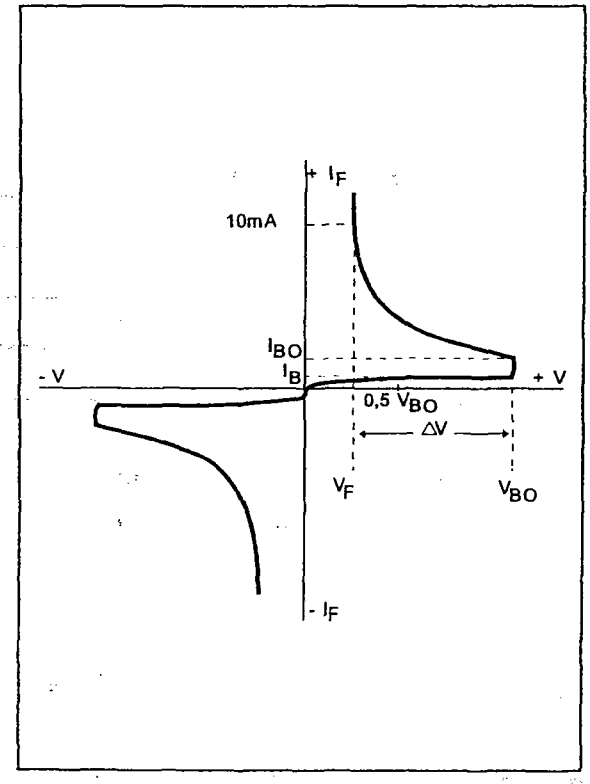


Diagram 2: Test circuit.

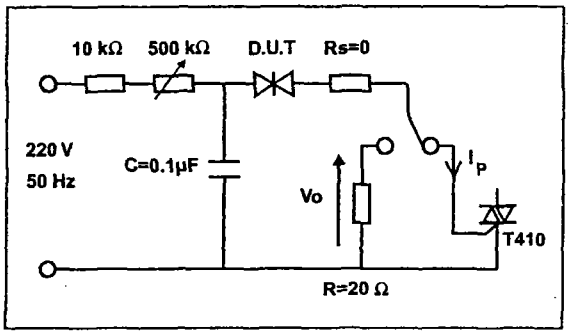
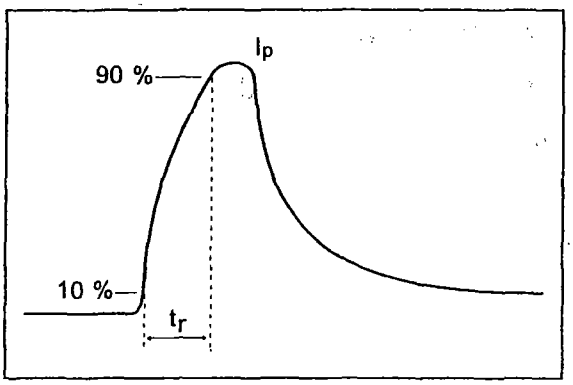


Diagram 3: Rise time measurement.



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Tj = 25°C unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions		SMDB3	DB3	DB4	Unit
V_{BO}	Breakover voltage *	C = 22nF **	MIN.	28	28	35	V
			TYP.	32	32	40	
			MAX.	36	36	45	
$I V_{BO1} - V_{BO2} I$	Breakover voltage symmetry	C = 22nF **	MAX.	3			V
ΔV	Dynamic breakover voltage *	V_{BO} and V_F at 10mA	MIN.	10	5		V
V_O	Output voltage *	see diagram 2 (R=20Ω)	MIN.	10	5		V
I_{BO}	Breakover current *	C = 22nF **	MAX.	10	50		µA
tr	Rise time *	see diagram 3	MAX.	0.50	2		µs
I_R	Leakage current *	V_R = 0.5 V_{BO} max	MAX.	1	10		µA
I_P	Peak current *	see diagram 2 (Gate)	MIN.	1	0.30		A

* Applicable to both forward and reverse directions.
** Connected in parallel to the device.

PRODUCT SELECTOR

Part Number	V_{BO}	Package
SMDB3	28 - 36	SOT-23
DB3	28 - 36	DO-35
DB4	35 - 45	DO-35

ORDERING INFORMATION

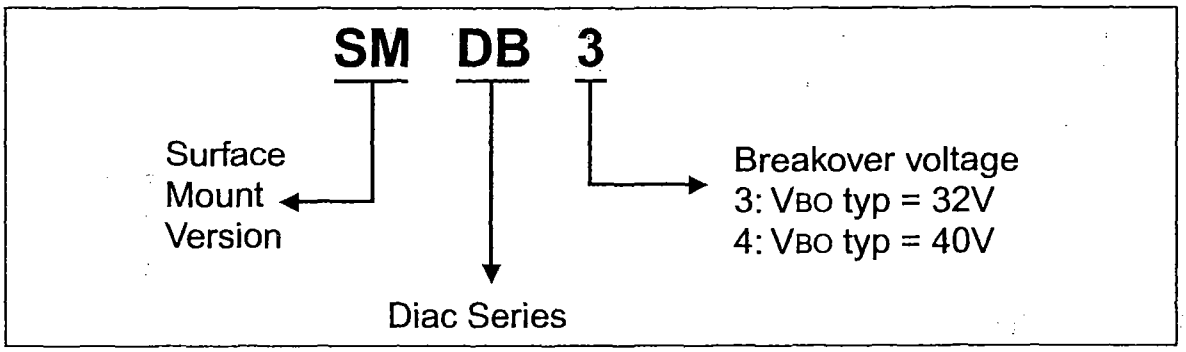


Fig. 1: Relative variation of VBO versus junction temperature (typical values).

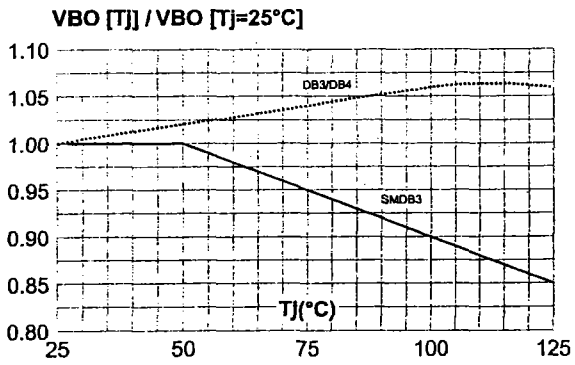


Fig. 2: Repetitive peak pulse current versus pulse duration (maximum values).

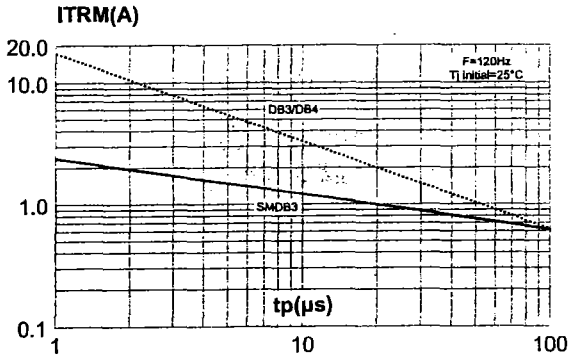
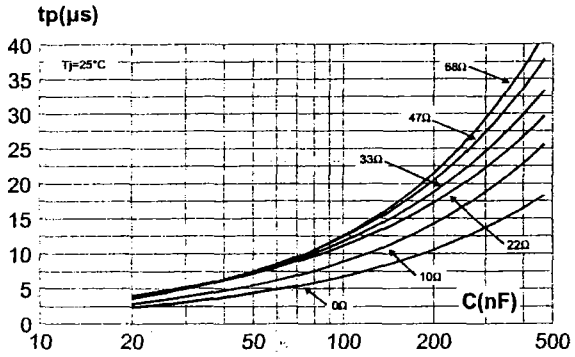
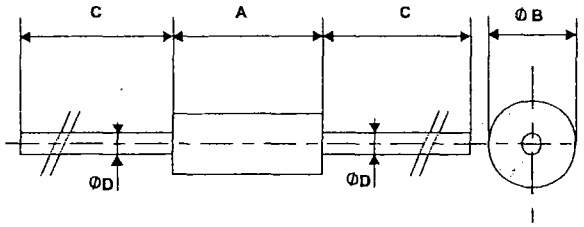


Fig. 3: Time duration while current pulse is higher 50mA versus C and Rs (typical values).



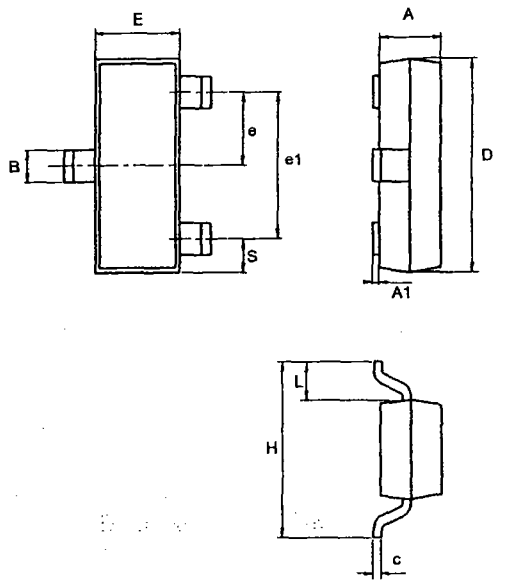
PACKAGE MECHANICAL DATA (in millimeters)
DO-35



REF.	DIMENSIONS			
	Millimeters		Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	3.05	4.50	0.120	0.177
B	1.53	2.00	0.060	0.079
C	28.00		1.102	
D	0.458	0.558	0.018	0.022

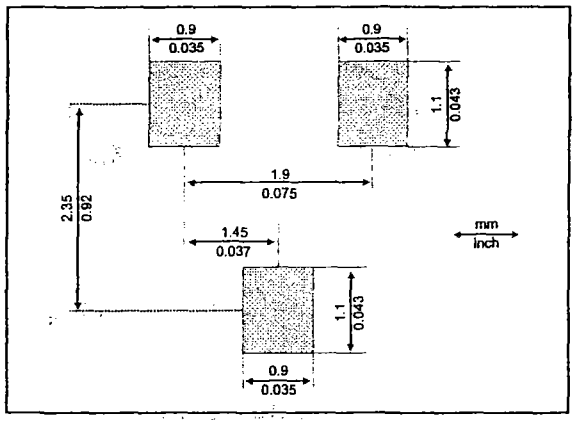
PACKAGE MECHANICAL DATA (in millimeters)

SOT-23



REF.	DIMENSIONS			
	Millimeters		Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	0.89	1.4	0.035	0.055
A1	0	0.1	0	0.004
B	0.3	0.51	0.012	0.02
c	0.085	0.18	0.003	0.007
D	2.75	3.04	0.108	0.12
e	0.85	1.05	0.033	0.041
e1	1.7	2.1	0.067	0.083
E	1.2	1.6	0.047	0.063
H	2.1	2.75	0.083	0.108
L	0.6 typ.		0.024 typ.	
S	0.35	0.65	0.014	0.026

FOOTPRINT



Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied.
STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2001 STMicroelectronics - Printed in Italy - All rights reserved.

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES
Australia - Brazil - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Italy - Japan - Malaysia
Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - U.S.A.

http://www.st.com

1N5817, 1N5818, 1N5819

1N5817 and 1N5819 are Preferred Devices

Axial Lead Rectifiers

. . . employing the Schottky Barrier principle in a large area metal–to–silicon power diode. State–of–the–art geometry features chrome barrier metal, epitaxial construction with oxide passivation and metal overlap contact. Ideally suited for use as rectifiers in low–voltage, high–frequency inverters, free wheeling diodes, and polarity protection diodes.

- Extremely Low V_F
- Low Stored Charge, Majority Carrier Conduction
- Low Power Loss/High Efficiency

Mechanical Characteristics

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 0.4 gram (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead and Mounting Surface Temperature for Soldering Purposes: 220°C Max. for 10 Seconds, 1/16″ from case
- Shipped in plastic bags, 1000 per bag.
- Available Tape and Reeled, 5000 per reel, by adding a "RL" suffix to the part number
- Polarity: Cathode Indicated by Polarity Band
- Marking: 1N5817, 1N5818, 1N5819

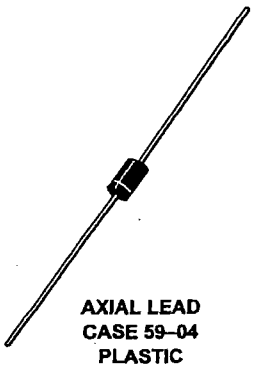
MAXIMUM RATINGS

Please See the Table on the Following Page

ON Semiconductor™

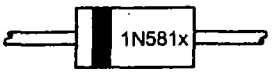
http://onsemi.com

SCHOTTKY BARRIER RECTIFIERS 1.0 AMPERE 20, 30 and 40 VOLTS



AXIAL LEAD CASE 59–04 PLASTIC

MARKING DIAGRAM



1N581x = Device Code
x = 7, 8 or 9

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
1N5817	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N5817RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel
1N5818	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N5818RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel
1N5819	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N5819RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel

Preferred devices are recommended choices for future use and best overall value.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2000

1N5817, 1N5818, 1N5819

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N5817	1N5818	1N5819	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	20	30	40	V
Non–Repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RSM}	24	36	48	V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	14	21	28	V
Average Rectified Forward Current (Note 1.) ($V_{R(equiv)} \le 0.2\ V_R(dc)$, T_L = 90°C, $R_{\theta JA}$ = 80°C/W, P.C. Board Mounting, see Note 4., T_A = 55°C)	I_O	1.0			A
Ambient Temperature (Rated $V_R(dc)$, $P_{F(AV)}$ = 0, $R_{\theta JA}$ = 80°C/W)	T_A	85	80	75	°C
Non–Repetitive Peak Surge Current (Surge applied at rated load conditions, half–wave, single phase 60 Hz, T_L = 70°C)	I_{FSM}	25 (for one cycle)			A
Operating and Storage Junction Temperature Range (Reverse Voltage applied)	T_J, T_{stg}	–65 to +125			°C
Peak Operating Junction Temperature (Forward Current applied)	$T_{J(pk)}$	150			°C

THERMAL CHARACTERISTICS (Note 1.)

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	80	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_L = 25°C unless otherwise noted) (Note 1.)

Characteristic		Symbol	1N5817	1N5818	1N5819	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage (Note 2.)	(i_F = 0.1 A) (i_F = 1.0 A) (i_F = 3.0 A)	v_F	0.32 0.45 0.75	0.33 0.55 0.875	0.34 0.6 0.9	V
Maximum Instantaneous Reverse Current @ Rated dc Voltage (Note 2.) (T_L = 25°C) (T_L = 100°C)		I_R	 1.0 10	 1.0 10	 1.0 10	mA

1. Lead Temperature reference is cathode lead 1/32″ from case.
2. Pulse Test: Pulse Width = 300 μs, Duty Cycle = 2.0%.

NOTE 3. — DETERMINING MAXIMUM RATINGS

Reverse power dissipation and the possibility of thermal runaway must be considered when operating this rectifier at reverse voltages above 0.1 V_{RWM}. Proper derating may be accomplished by use of equation (1).

$$T_{A(max)} = T_{J(max)} - R_{\theta JA}P_{F(AV)} - R_{\theta JA}P_{R(AV)} \quad (1)$$

where $T_{A(max)}$ = Maximum allowable ambient temperature
$T_{J(max)}$ = Maximum allowable junction temperature (125°C or the temperature at which thermal runaway occurs, whichever is lowest)
$P_{F(AV)}$ = Average forward power dissipation
$P_{R(AV)}$ = Average reverse power dissipation
$R_{\theta JA}$ = Junction–to–ambient thermal resistance

Figures 1, 2, and 3 permit easier use of equation (1) by taking reverse power dissipation and thermal runaway into consideration. The figures solve for a reference temperature as determined by equation (2).

$$T_R = T_{J(max)} - R_{\theta JA}P_{R(AV)} \quad (2)$$

Substituting equation (2) into equation (1) yields:

$$T_{A(max)} = T_R - R_{\theta JA}P_{F(AV)} \quad (3)$$

Inspection of equations (2) and (3) reveals that T_R is the ambient temperature at which thermal runaway occurs or where T_J = 125°C, when forward power is zero. The transition from one boundary condition to the other is evident on the curves of Figures 1, 2, and 3 as a difference in the rate of change of the slope in the vicinity of 115°C. The data of Figures 1, 2, and 3 is based upon dc conditions. For use in common rectifier circuits, Table 1 indicates suggested factors for an equivalent dc voltage to use for conservative design, that is:

$$V_{R(equiv)} = V_{in(PK)} \times F \quad (4)$$

The factor F is derived by considering the properties of the various rectifier circuits and the reverse characteristics of Schottky diodes.

EXAMPLE: Find $T_{A(max)}$ for 1N5818 operated in a 12–volt dc supply using a bridge circuit with capacitive filter such that I_{DC} = 0.4 A ($I_{F(AV)}$ = 0.5 A), $I_{(FM)}/I_{(AV)}$ = 10, Input Voltage = 10 $V_{(rms)}$, $R_{\theta JA}$ = 80°C/W.

Step 1. Find $V_{R(equiv)}$. Read F = 0.65 from Table 1,
$\therefore V_{R(equiv)} = (1.41)(10)(0.65) = 9.2$ V.
Step 2. Find T_R from Figure 2. Read T_R = 109°C
@ V_R = 9.2 V and $R_{\theta JA}$ = 80°C/W.
Step 3. Find $P_{F(AV)}$ from Figure 4. **Read $P_{F(AV)}$ = 0.5 W
@ $\frac{I_{(FM)}}{I_{(AV)}}$ = 10 and IF(AV) = 0.5 A.
Step 4. Find $T_{A(max)}$ from equation (3).
$T_{A(max)} = 109 - (80)(0.5) = 69$°C.

**Values given are for the 1N5818. Power is slightly lower for the 1N5817 because of its lower forward voltage, and higher for the 1N5819.

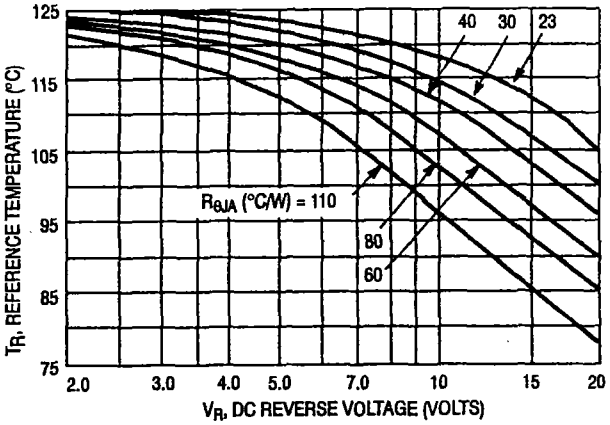


Figure 1. Maximum Reference Temperature 1N5817

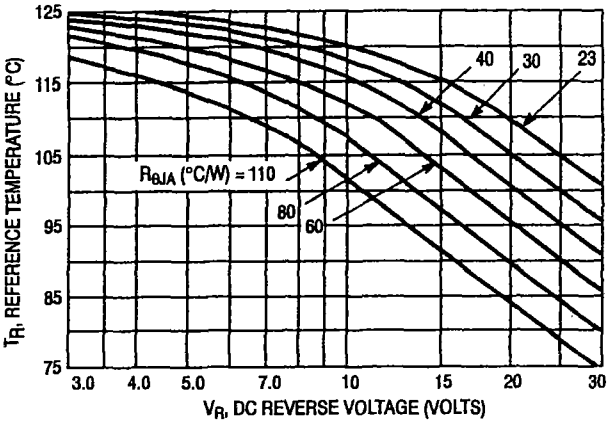


Figure 2. Maximum Reference Temperature 1N5818

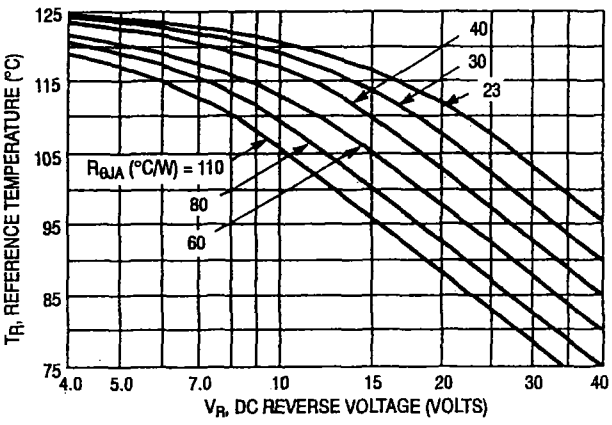


Figure 3. Maximum Reference Temperature 1N5819

Table 1. Values for Factor F

Circuit	Half Wave		Full Wave, Bridge		Full Wave, Center Tapped*†	
Load	Resistive	Capacitive*	Resistive	Capacitive	Resistive	Capacitive
Sine Wave	0.5	1.3	0.5	0.65	1.0	1.3
Square Wave	0.75	1.5	0.75	0.75	1.5	1.5

*Note that $V_{R(PK)} \approx 2.0\ V_{in(PK)}$. †Use line to center tap voltage for V_{in}.

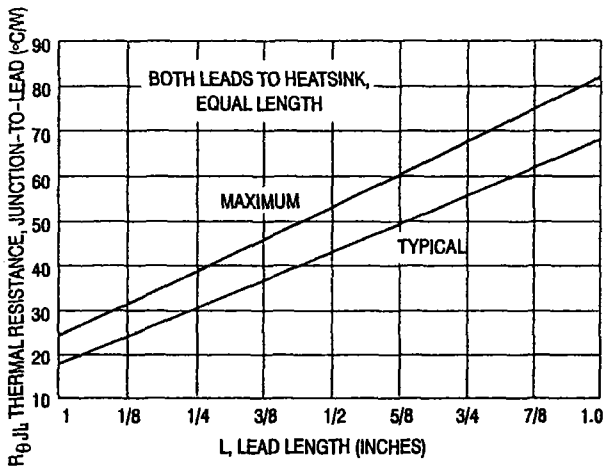


Figure 4. Steady–State Thermal Resistance

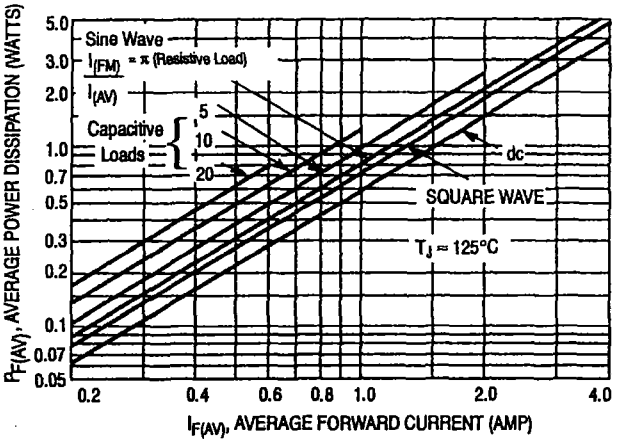


Figure 5. Forward Power Dissipation
1N5817–19

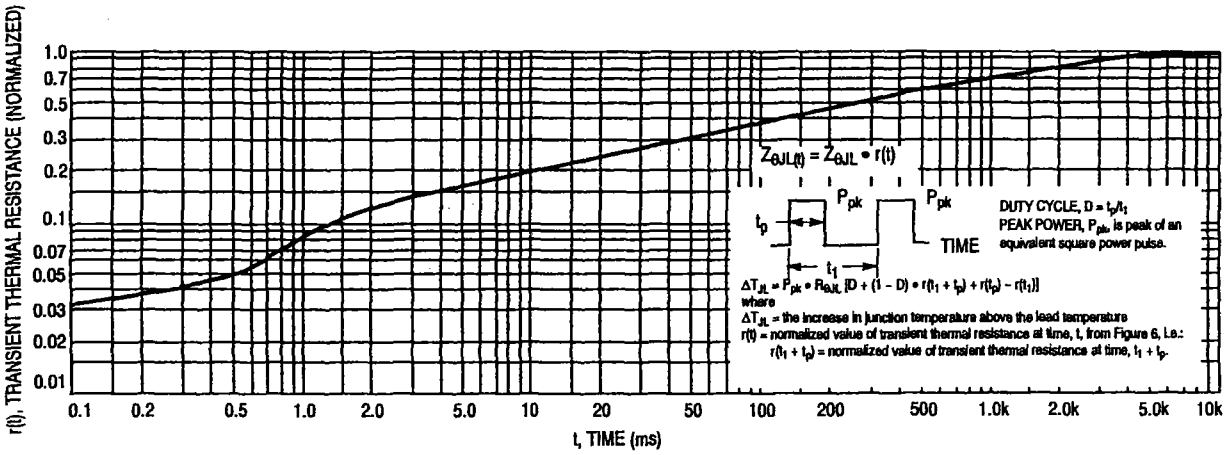


Figure 6. Thermal Response

NOTE 4. — MOUNTING DATA

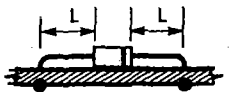
Data shown for thermal resistance junction–to–ambient ($R_{\theta JA}$) for the mountings shown is to be used as typical guideline values for preliminary engineering, or in case the tie point temperature cannot be measured.

TYPICAL VALUES FOR $R_{\theta JA}$ IN STILL AIR

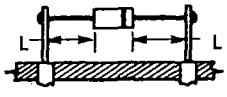
Mounting Method	Lead Length, L (in)				$R_{\theta JA}$
	1/8	1/4	1/2	3/4	
1	52	65	72	85	°C/W
2	67	80	87	100	°C/W
3	50				°C/W

Mounting Method 1

P.C. Board with 1–1/2″ x 1–1/2″ copper surface.



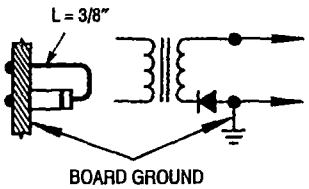
Mounting Method 2



VECTOR PIN MOUNTING

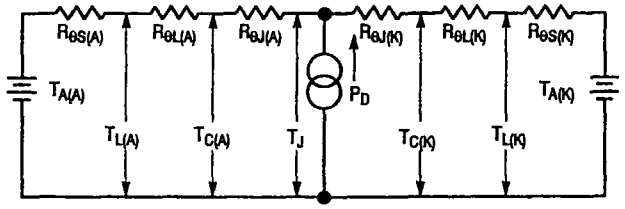
Mounting Method 3

P.C. Board with 1–1/2″ x 1–1/2″ copper surface.



1N5817, 1N5818, 1N5819

NOTE 5. — THERMAL CIRCUIT MODEL
(For heat conduction through the leads)



Use of the above model permits junction to lead thermal resistance for any mounting configuration to be found. For a given total lead length, lowest values occur when one side of the rectifier is brought as close as possible to the heatsink. Terms in the model signify:

(Subscripts A and K refer to anode and cathode sides, respectively.) Values for thermal resistance components are:

$R_{\theta L}$ = 100°C/W/in typically and 120°C/W/in maximum
$R_{\theta J}$ = 36°C/W typically and 46°C/W maximum.

T_A = Ambient Temperature T_C = Case Temperature
T_L = Lead Temperature T_J = Junction Temperature
$R_{\theta S}$ = Thermal Resistance, Heatsink to Ambient
$R_{\theta L}$ = Thermal Resistance, Lead to Heatsink
$R_{\theta J}$ = Thermal Resistance, Junction to Case
P_D = Power Dissipation

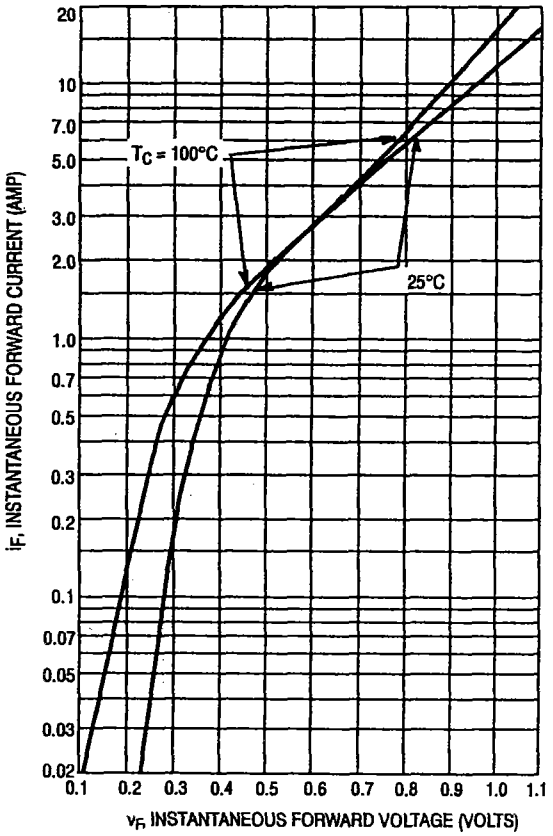


Figure 7. Typical Forward Voltage

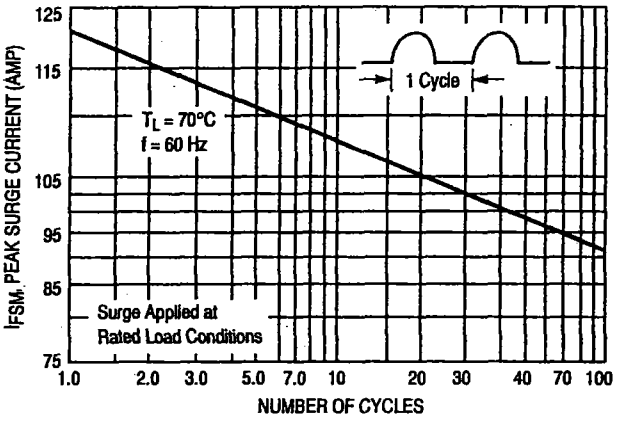


Figure 8. Maximum Non–Repetitive Surge Current

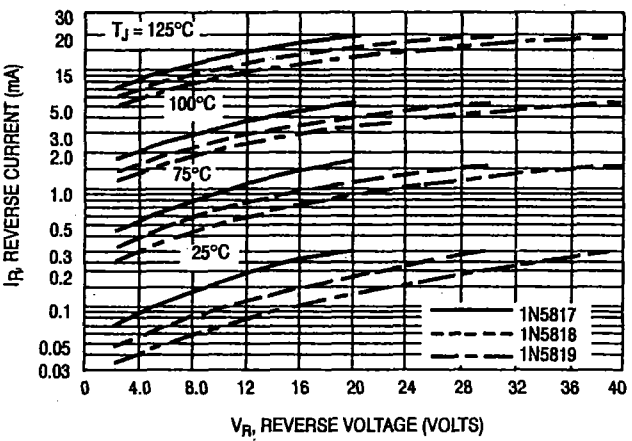


Figure 9. Typical Reverse Current

NOTE 6. — HIGH FREQUENCY OPERATION

Since current flow in a Schottky rectifier is the result of majority carrier conduction, it is not subject to junction diode forward and reverse recovery transients due to minority carrier injection and stored charge. Satisfactory circuit analysis work may be performed by using a model consisting of an ideal diode in parallel with a variable capacitance. (See Figure 10.)

Rectification efficiency measurements show that operation will be satisfactory up to several megahertz. For example, relative waveform rectification efficiency is approximately 70 percent at 2.0 MHz, e.g., the ratio of dc power to RMS power in the load is 0.28 at this frequency, whereas perfect rectification would yield 0.406 for sine wave inputs. However, in contrast to ordinary junction diodes, the loss in waveform efficiency is not indicative of power loss: it is simply a result of reverse current flow through the diode capacitance, which lowers the dc output voltage.

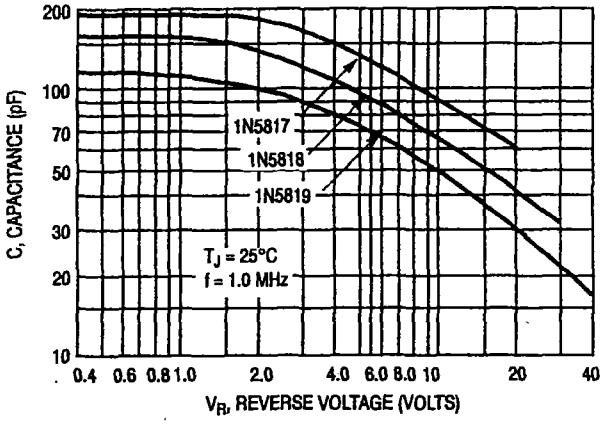


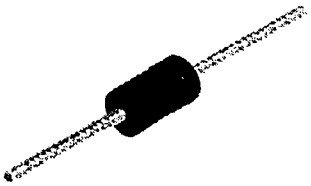
Figure 10. Typical Capacitance

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

1N4001 - 1N4007

Features

- Low forward voltage drop.
- High surge current capability.



DO-41
COLOR BAND DENOTES CATHODE

General Purpose Rectifiers

Absolute Maximum Ratings*

T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V_{RRM}	Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current, .375 " lead length @ T_A = 75°C	1.0							A
I_{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave	30							A
T_{stg}	Storage Temperature Range	-55 to +175							°C
T_J	Operating Junction Temperature	-55 to +175							°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
P_D	Power Dissipation	3.0	W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	50	°C/W

Electrical Characteristics

T_A = 25°C unless otherwise noted

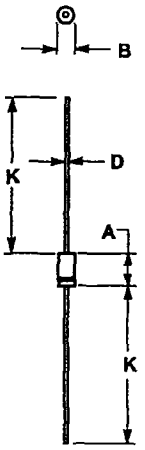
Symbol	Parameter	Device							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V_F	Forward Voltage @ 1.0 A	1.1							V
I_{rr}	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle T_A = 75°C	30							µA
I_R	Reverse Current @ rated V_R T_A = 25°C T_A = 100°C	5.0 500							µA µA
C_T	Total Capacitance V_R = 4.0 V, f = 1.0 MHz	15							pF

©2003 Fairchild Semiconductor Corporation

1N5817, 1N5818, 1N5819

PACKAGE DIMENSIONS

AXIAL LEAD
PLASTIC
CASE 59–04
ISSUE M



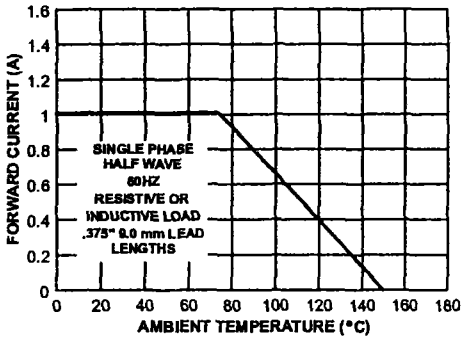
NOTES:
1. ALL RULES AND NOTES ASSOCIATED WITH JEDEC DO-41 OUTLINE SHALL APPLY.
2. POLARITY DENOTED BY CATHODE BAND.
3. LEAD DIAMETER NOT CONTROLLED WITHIN F DIMENSION.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	5.97	6.60	0.235	0.260
B	2.79	3.05	0.110	0.120
D	0.76	0.86	0.030	0.034
K	27.94	---	1.100	---

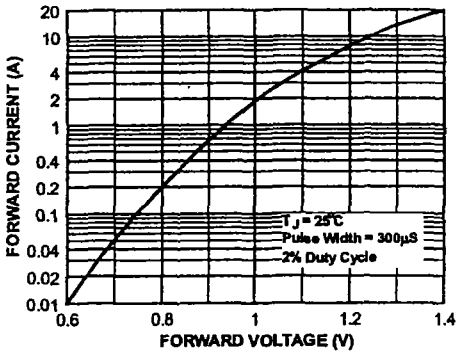
General Purpose Rectifiers
(continued)

Typical Characteristics

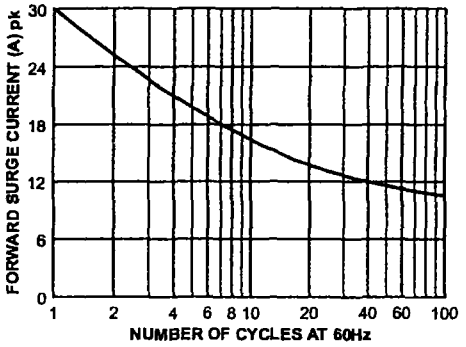
Forward Current Derating Curve



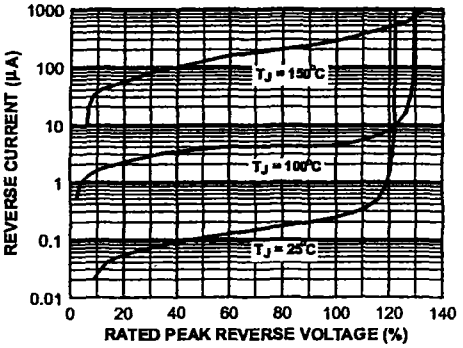
Forward Characteristics



Non-Repetitive Surge Current

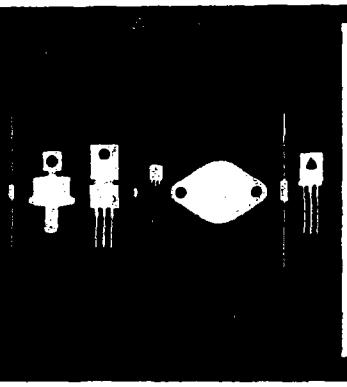


Reverse Characteristics



©2003 Fairchild Semiconductor Corporation

Central
Semiconductor Corp.
Central
Semiconductor Corp.
Central™
Semiconductor Corp.
145 Adams Avenue
Hauppauge, New York 11788



1N4139 THRU 1N4146

SILICON RECTIFIER
3.0 AMPS, 50 THRU 1200 VOLTS

JEDEC DO-201AD CASE

DESCRIPTION

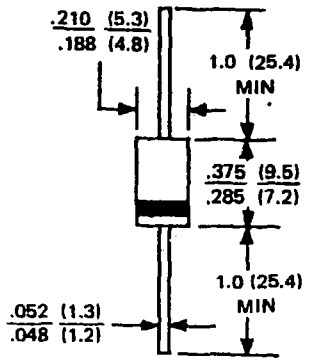
The CENTRAL SEMICONDUCTOR 1N4139 series types are high quality axial lead silicon power rectifiers designed for power supply and general purpose rectifier applications.

MAXIMUM RATINGS (T_A=25°C unless otherwise noted)

	1N4139	1N4140	1N4141	1N4142	1N4143	1N4144	1N4145	1N4146	UNIT
V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	1200	V
V_R	50	100	200	400	600	800	1000	1200	V
$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	840	V
I_O (T_A=110°C)				3.0					A
I_{FSM}				300					A
T_J, T_{stg}				-65 to +175					°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A=25°C unless otherwise noted)

SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	MAX	UNIT
V_F	I_F=3.0A		1.1	V
I_R	V_R=Rated V_{RRM}		100	μA
I_R	V_R=Rated V_{RRM}, T_A=150°C		1.0	mA

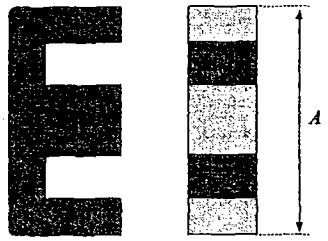


Dimensions in inches and (millimeters)

Central™
Semiconductor Corp.

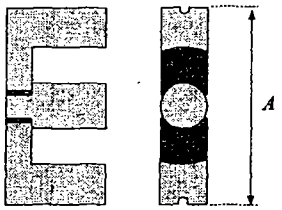
145 Adams Avenue
Hauppauge, NY 11788 USA
Tel: (631) 435-1110 • Fax: (631) 435-1824
www.centralsemi.com

A.2 EE core data



Core type (A) (mm)	Geometrical constant K_{g_5} cm^5	Geometrical constant $K_{g/e}$ cm^x	Cross-sectional area A_c (cm^2)	Bobbin winding area W_A (cm^2)	Mean length per turn MLT (cm)	Magnetic path length l_m (cm)	Core weight (g)
EE12	$0.731 \cdot 10^{-3}$	$0.458 \cdot 10^{-3}$	0.14	0.085	2.28	2.7	2.34
EE16	$2.02 \cdot 10^{-3}$	$0.842 \cdot 10^{-3}$	0.19	0.190	3.40	3.45	3.29
EE19	$4.07 \cdot 10^{-3}$	$1.3 \cdot 10^{-3}$	0.23	0.284	3.69	3.94	4.83
EE22	$8.26 \cdot 10^{-3}$	$1.8 \cdot 10^{-3}$	0.41	0.196	3.99	3.96	8.81
EE30	$85.7 \cdot 10^{-3}$	$6.7 \cdot 10^{-3}$	1.09	0.476	6.60	5.77	32.4
EE40	0.209	$11.8 \cdot 10^{-3}$	1.27	1.10	8.50	7.70	50.3
EE50	0.909	$28.4 \cdot 10^{-3}$	2.26	1.78	10.0	9.58	116
EE60	1.38	$36.4 \cdot 10^{-3}$	2.47	2.89	12.8	11.0	135
EE70/68/19	5.06	$127 \cdot 10^{-3}$	3.24	6.75	14.0	9.0	280

A.3 EC core data



Core type (A) (mm)	Geometrical constant K_{g_5} cm^5	Geometrical constant $K_{g/e}$ cm^x	Cross-sectional area A_c (cm^2)	Bobbin winding area W_A (cm^2)	Mean length per turn MLT (cm)	Magnetic path length l_m (cm)	Thermal resistance R_{th} (°C/W)	Core weight (g)
EC35	0.131	$9.9 \cdot 10^{-3}$	0.843	0.975	5.30	7.74	18.5	35.5
EC41	0.374	$19.5 \cdot 10^{-3}$	1.21	1.35	5.30	8.93	16.5	57.0
EC52	0.914	$31.7 \cdot 10^{-3}$	1.80	2.12	7.50	10.5	11.0	111
EC70	2.84	$56.2 \cdot 10^{-3}$	2.79	4.71	12.9	14.4	7.5	256

Section 11 Lamination Size E Cores

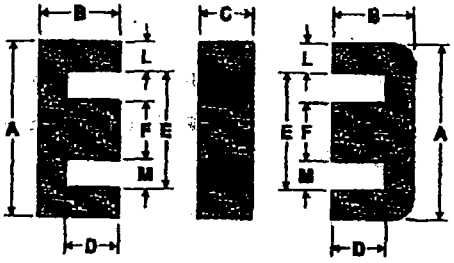


Figure 1 Figure A Figure 2

PHYSICAL DIMENSIONS

PART NO.	TYPE	FIG		A	B	C	D (min.)	E (min.)	F	L (nom.)	M (min.)
*-41203-EC	E2829	1A	in.	.500 ± .010	.224 ± .007	.125 ± .005	.158	.362	.125 ± .003	.062	.120
			mm								
*-41707-EC	E3233	2A	in.	.680 ± .015	.280 ± .007	.140 ± .005	.155	.411	.140 ± .005	.110	.143
			mm								
*-41808-EC	EI187	1A	in.	.780 ± .012	.3188 ± .007	.188 ± .006	.218	.548	.188 ± .005	.094	.183
			mm								
*-42510-EC	E2425	1A	in.	.990 ± .015	.375 ± .007	.250 ± .010	.246	.740	.240 ± .005	.119	.245
			mm								
*-43009-EC	E2627	1A	in.	1.200 ± 0.15	.5275 ± .010	.370 ± .005	.3475	.843	.370 ± .005	.169	.238
			mm								
*-43515-EC	EI375	2A	in.	1.360 ± .015	.557 ± .005	.368 ± .007	.380	.995	.387 ± .008	.175	.310
			mm								
*-44317-EC	EI21	2A	in.	1.609 ± .015	.650 ± .008	.493 ± .007	.410	1.115	.493 ± .007	.238	.310
			mm								
*-44721-EC	EI625	2A	in.	1.855 ± .020	.778 ± .005	.617 ± .008	.475	1.245	.617 ± .008	.297	.310
			mm								
*-45724-EC	EI75	2A	in.	2.227 ± .023	.931 ± .007	.740 ± .010	.570	1.500	.740 ± .010	.355	.370
			mm								

MAGNETIC DATA

	Ungapped A_L mH/1000 turns						Magnetic Path Length (cm)	Core Area (cm^2)	Minimum Core Area (cm^2)	Core Volume (cm^3)	Set Nom. Weight (gms)	WaAc (cm^4) (note 1)
PART NUMBER	K (min.)	R (min.)	P (min.)	F (±25%)	J (min.)	W(min.)						
*-41203-EC	310	440	480	770	1025	—	2.77	.101	.100	.279	1.3	.017
*-41707-EC	520	780	825	1300	1425	2240	3.04	.166	.128	.505	3.0	.031
*-41808-EC	600	885	940	1500	1875	3220	4.01	.228	.228	.914	4.4	.076
*-42510-EC	920	1325	1440	2300	2775	4635	4.85	.385	.384	1.87	9.5	.162
*-43009-EC	1515	2170	2360	3780	4420	8500	6.24	.836	.807	5.22	26	.74
*-43515-EC	1300	2000	2180	3500	4380	7990	6.94	.840	.821	5.83	33	.856
*-44317-EC	—	2925	3180	5900	7350	13,720	7.75	1.62	1.49	11.8	57	1.48
*-44721-EC	—	4020	4370	8300	10,600	19,810	8.90	2.39	2.36	21.3	103	2.77
*-45724-EC	—	6070	6600	10,400	10,610	—	10.7	3.49	3.39	36.7	179	6.34

FOR PREFERRED PARTS, SEE INSIDE BACK COVER

(1) Product of printed circuit bobbin window area and core area.

HOW TO ORDER

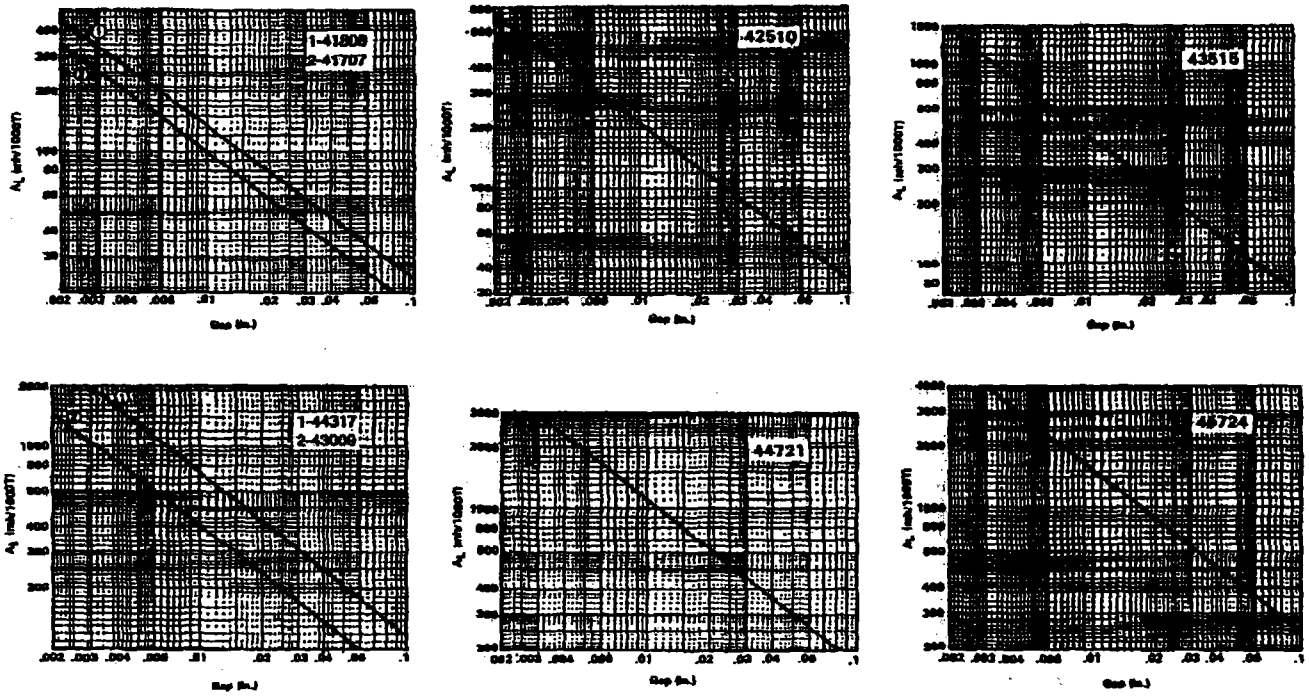
(a) Add (*) material code to part number. E.g., P-41203-EC

(b) Any practical gap is available. See pages 1.6 and 1.7.

(c) Cores are sold in pieces (multiply sets × 2).
Gapped pieces are normally packed separately from ungapped pieces. If desired in sets, this must be specified.

Lam E Cores

A_L vs Gap



These graphs do not imply that a specific gap provides a specific A_L or vice versa. It is important when ordering to specify the A_L *or* gap, but not both.

Data taken using full bobbin and includes fringing flux.

PLAIN BOBBINS

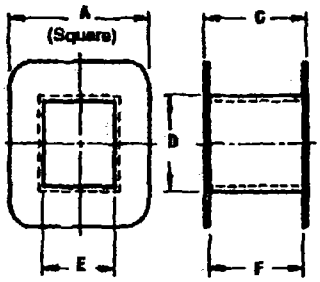


Figure 1

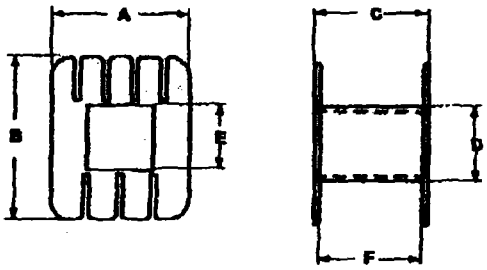
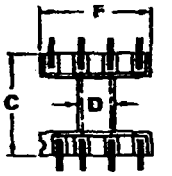


Figure 2

FOR CORE:	FIG.	TYPE	PART NUMBER	DIMENSIONS IN INCHES A MAX.	B MAX.	C MAX.	D MAX.	E MIN.	F NOM.	Nominal Winding Area in^2	Nominal Winding Area cm^2	Average Length of Turn ft.	Material
41203	1	E2829	B1203-01	.368	—	.310	.178	.130	.261	.024	.158	.089	Nylon*
41808	1	EI187	B1608-01	.545	—	.435	.255	.195	.375	.053	.342	.131	Nylon*
42510	1	E2425	B2510-01	.728	—	.486	.331	.261	.408	.079	.510	.184	Nylon*
43009	2	E2627	B3009-01	.840	.980	.690	.452	.378	.616	.130	.839	.228	Nylon*
43515	1	E375	B3515-01	.978	—	.745	.472	.390	.675	.175	1.13	.236	Nylon*
44317	1	E21	B4317-01	1.103	—	.806	.575	.505	.746	.195	1.26	.277	Nylon*
44721	1	E625	B4721-01	1.228	—	.928	.725	.635	.842	.218	1.41	.320	Nylon*
45724	1	E75	B5724-01	1.490	—	1.125	.850	.753	1.045	.332	2.14	.388	Nylon*

*(UL 94 HB rated)



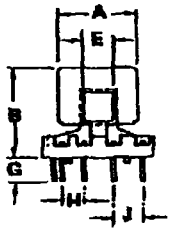
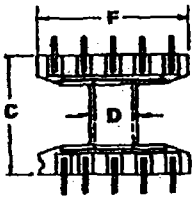


Fig. 1



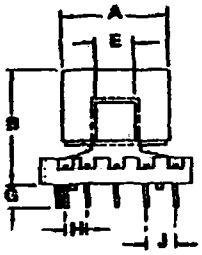
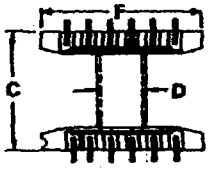


Fig. 2



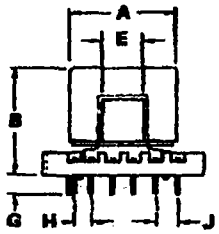


Fig. 3

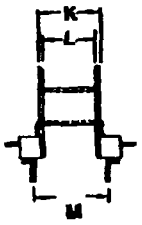


Fig. A

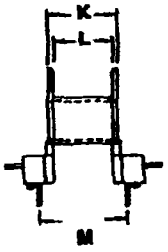
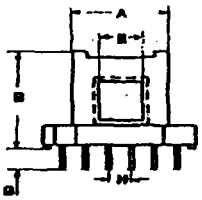


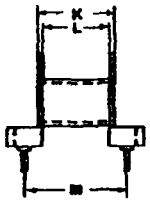
Fig. B

Material: (PC-B4317-LI) Rynite (UL 94 V-0 rated)

(others above) Glass-filled nylon (UL 94 HB rated)

Terminal pins: Phosphor bronze, .025" square





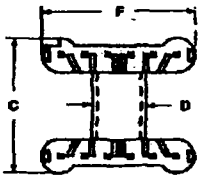
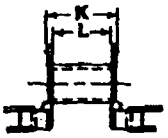


Fig. 4

Material: DAP
UL 94 V-0 rated

Terminal pins: Alloy 510, tin plated .036" square



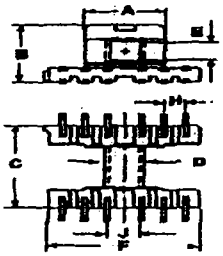


Fig. 5

Material: LCP
UL 94 V-0 rated

Terminal pins: Phosphor bronze, .020" square

FOR CORE:	PART NUMBER	FIG.	DIMENSIONS IN INCHES												Nominal Winding Area		Average Length of Turn ft.
			A MAX.	B MAX.	C MAX.	D MAX.	E MIN.	F MAX.	G MIN.	H NOM.	J NOM.	K MAX.	L NOM.	M NOM.	in²	cm²	
41203	SM-B1203-LA	5	.359	.413	.554	.177	.130	.678	—	.100	.150	.312	.272	—	.025	.162	.067
41808	PC-B1808-81*	1-A	.545	.635	.685	.288	.195	.755	.165	.150	.200	.435	.387	.515	.049	.316	.133
42510	PC-B2510-T1*	2-B	.735	.802	.625	.350	.261	1.035	.165	.150	.200	.485	.404	.615	.063	.406	.178

WIRE TABLE: Copper Wire, Heavy Insulation

AWG	Dia. mm	Area mm^2	Dia. Ins. mm	Area mm^2	Ω/m @ 20°C	Ω/m @ 100°C	Current @ 4.5 A/mm^2 Amps
10	2.59	5.26	2.73	5.85	0.0033	0.0044	23.68A
11	2.31	4.17	2.44	4.67	0.0041	0.0055	18.78A
12	2.05	3.31	2.18	3.73	00.52	0.0070	14.90A
13	1.83	2.62	1.95	2.98	0.0066	0.0088	11.81A
14	1.63	2.08	1.74	2.38	0.0083	0.0111	9.365A
15	1.45	1.65	1.56	1.90	0.0104	0.0140	7.43A
16	1.29	1.31	1.39	1.52	0.0132	0.0176	5.90A
17	1.15	1.03	1.24	1.21	0.0166	0.0176	4.67A
18	1.02	0.82	1.11	0.97	0.0209	0.0280	3.70A
19	0.91	0.65	1.00	0.78	0.0264	0.0353	2.94A
20	0.81	0.52	0.89	0.62	0.0333	0.0445	2.33A
21	0.72	0.41	0.80	0.50	0.0420	0.0561	1.85A
22	0.64	0.32	0.71	0.40	0.0530	0.0708	1.46A
23	0.57	0.26	0.64	0.32	0.0668	0.0892	1.16A
24	0.51	0.20	0.57	0.26	0.0842	0.1125	0.92A
25	0.45	0.16	0.51	0.21	0.1062	0.1419	0.73A
26	0.40	0.13	0.46	0.17	0.1339	0.1789	0.58A
27	0/.36	0.10	0.41	0.13	0.1689	0.2256	0.46A
28	0.32	0.08	0.37	0.11	0.2129	0.2845	0.36A
29	0.29	0.06	0.33	0.08	0.2685	0.3587	0.29A
30	0.25	0.05	0.30	0.07	0.3386	0.4523	0.23A
31	0.23	0.04	0.27	0.06	0.4269	0.5704	0.18A
32	0.20	0.03	0.24	0.04	0.5384	0.7192	0.14A
33	0.18	0.025	0.22	0.037	0.6789	0.9070	0.11A
34	0.16	0.020	0.20	0.300	0.8560	1.1437	0.091A
35	0.14	0.016	0.18	0.024	1.0795	1.4422	0.072A
36	0.13	0.012	0.16	0.019	1.3612	1.8186	0.057A
37	0.11	0.010	0.14	0.016	1.7165	2.2932	0.045A
38	0.10	0.008	0.13	0.013	2.1644	2.8917	0.036A
39	0.09	0.006	0.12	0.011	2.7293	3.6464	0.028A
40	0.08	0.005	0.01	0.008	3.4417	4.5981	0.023A
41	0.07	0.004	0.09	0.007	4.3399	5.7982	0.018A

AWG = American Wire Gauge
Area = $(\pi * D^2)/4$
Copper resistivity at temperature T: $\rho = 1.724*(1 + 0.0042*(T-20))*10^{-6}$ Ω–cm
at T = 20°C: $\rho = 1.724*10^{-6}$ Ω–cm

Current Density Limit:

An rms current density of 4.50 A/mm^2 causes approximately a 30°C temperature increase with natural cooling for a transformer or an inductor whose core area product (AP = Aw*Ae) is 1 cm^4.

With a larger core, the allowable current density decreases because the surface usable to dissipate the heat increases less rapidly than the volume producing the heat:

$$Jmx = 4.5*AP^{-0.125} \quad A/mm^2$$

When the frequency increases, the skin effect becomes dominant and the resistance increases:

$$R_{HF} = \frac{\rho * l}{2 * \pi * r * a}$$

The thickness (a) is given, by Lord Rayleigh's formula:

$$a = \frac{1}{2 * \pi * \sqrt{((\mu * F * 10^{-7})/\rho)}}$$

The RHF value can be derived from Equation 30:

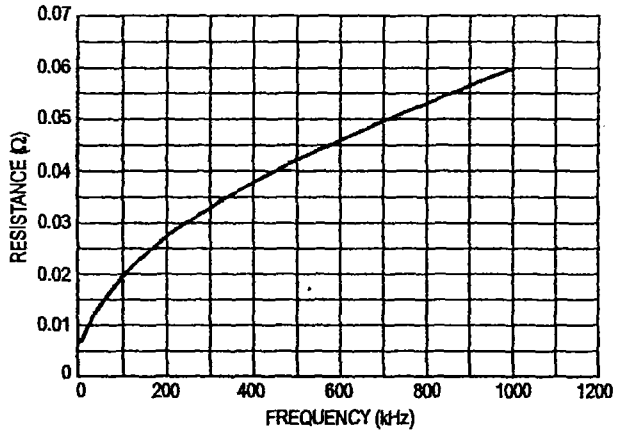
$$R_{HF} = \frac{1 * \sqrt{(8 * \mu * F * \rho * 10^{-7})}}{d} \qquad (30)$$

with: F Hertz r resistivity (0.018 for copper)
l meter
d mm μ permeability (1 for copper)

Table 8. Resistance as a Function of the Frequency

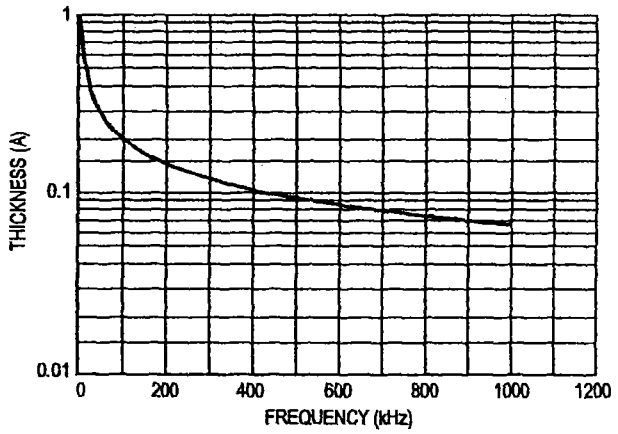
Frequency	Φ 0.50 mm	Φ 1.00 mm	2.00 mm	Thickness a
25kHz	N/A	N/A	0.0094Ω	0.427mm
35kHz	N/A	N/A	0.0112Ω	0.360mm
50kHz	N/	0.0268Ω	0.0134Ω	0.301mm
75kHz	N/A	0.0328Ω	0.0164Ω	0.246mm
100kHz	N/A	0.0379Ω	0.0189Ω	0.213mm
200kHz	0.1073Ω	0.0536Ω	0.0268Ω	0.150mm
300kHz	0.1314Ω	0.0657Ω	0.0328Ω	0.123mm
500kHz	0.1697Ω	0.0848Ω	0.0424Ω	0.095mm
1000kHz	0.2400Ω	0.1200Ω	0.0600Ω	0.067mm

The values are given for a copper of wire of 1 meter long, at the ambient temperature of 25°C.



NOTE: Wire is solid copper, one meter long, diameter 2.00 mm, temperature is +20°C.

Figure 48. Copper Wire Resistance as a Function of the Frequency



NOTE: Curve valid for copper only.

Figure 49. Thickness of the Skin Effect as a Function of Frequency

Table 9. Fluorescent Tube Characteristics

Length ft/mm	Dia. mm/T	Power (W)	Operating Volt/Ampere
8/2400	36/T12	125	152/0.94
8/2400	36/T12	100	128/0.89
6/1800	36/T12	85	123/0.77
6/1800	36/T12	75	131/0.64
6/1800	28/T8	70	128/0.70
5/1500	36/T12	65	113/0.64
5/1500	28/T8	58	113/0.63
4/1200	36/T12	40	104/0.42
4/1200	28/T8	36	104/0.42
3/900	28/T8	30	101/0.36
2/600	36/T12	20	58/0.38
2/600	28/T8	18	58/0.38

Table 10. Preferred Core Suppliers

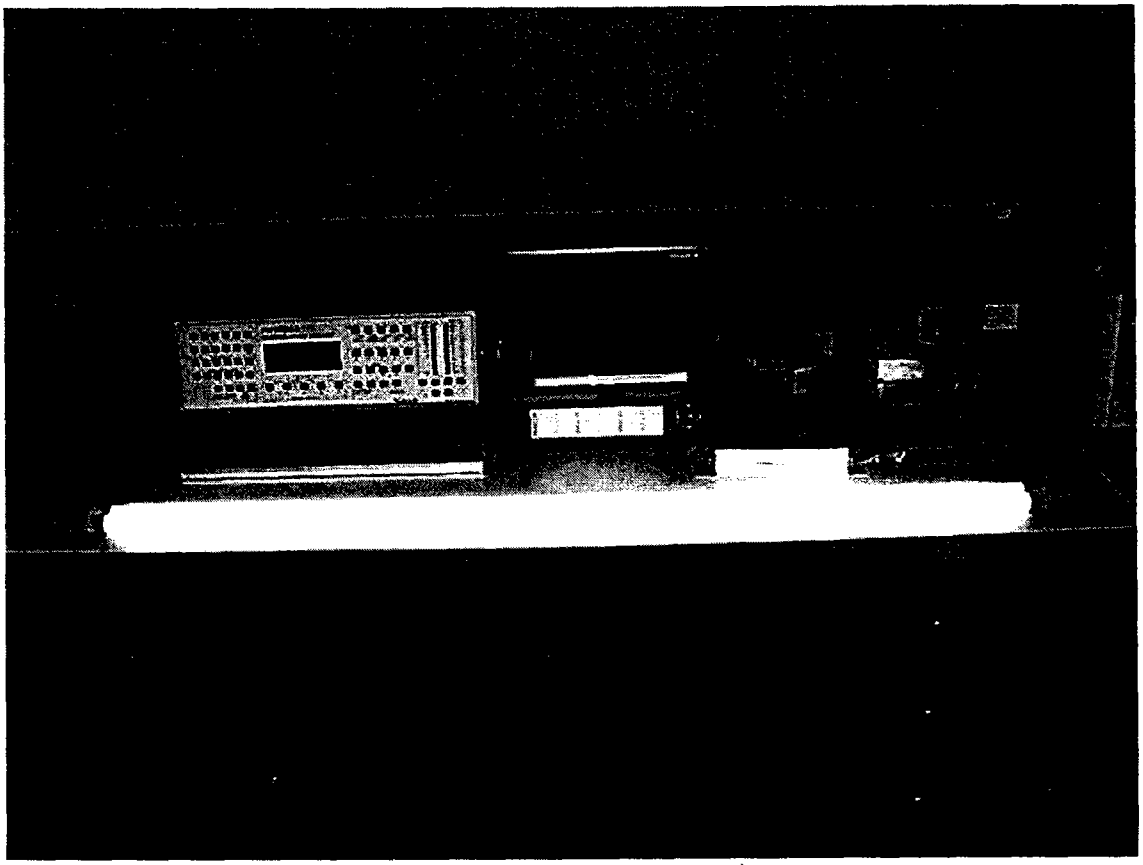
THOMSON LCC

SIEMENS

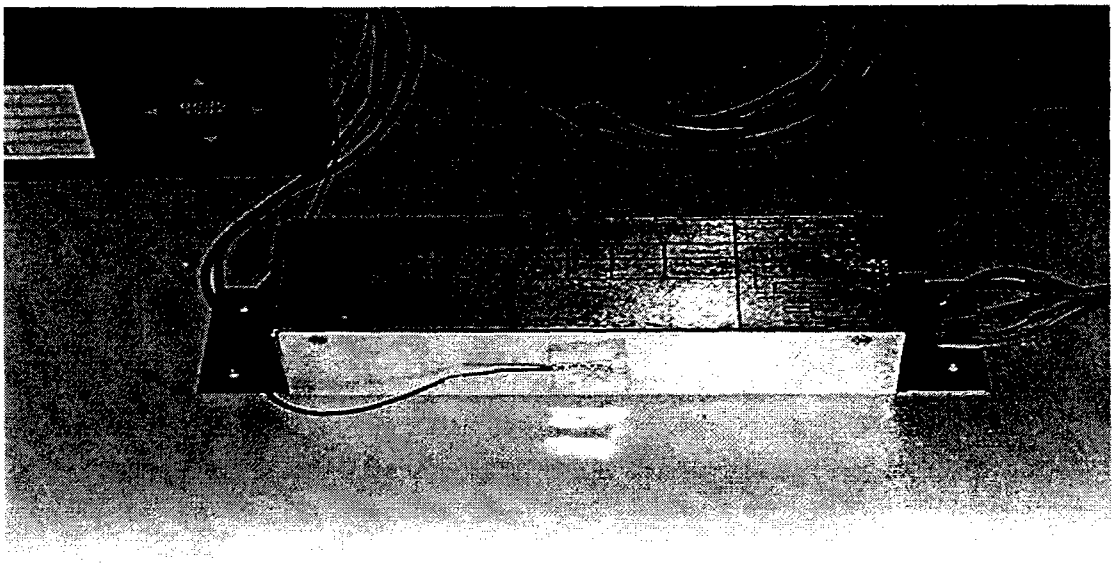
PHILIPS

VOGT

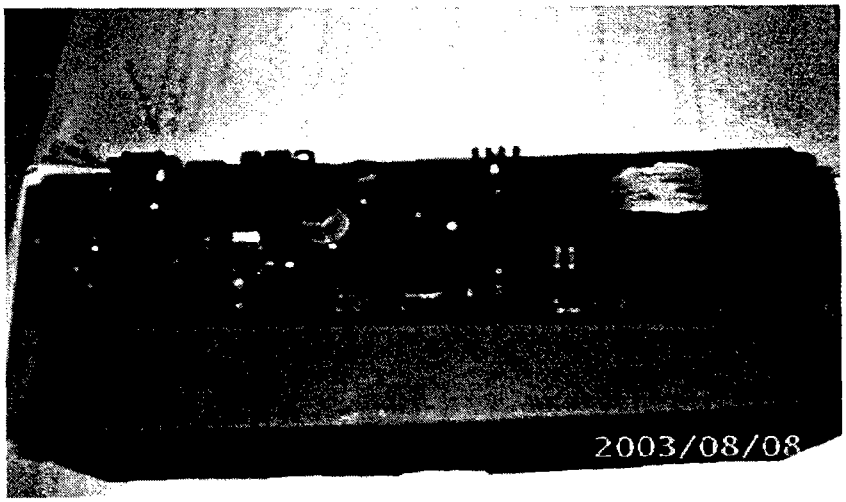
ภาคผนวก ค
การทดสอบและภาพประกอบเกี่ยวกับการสร้าง



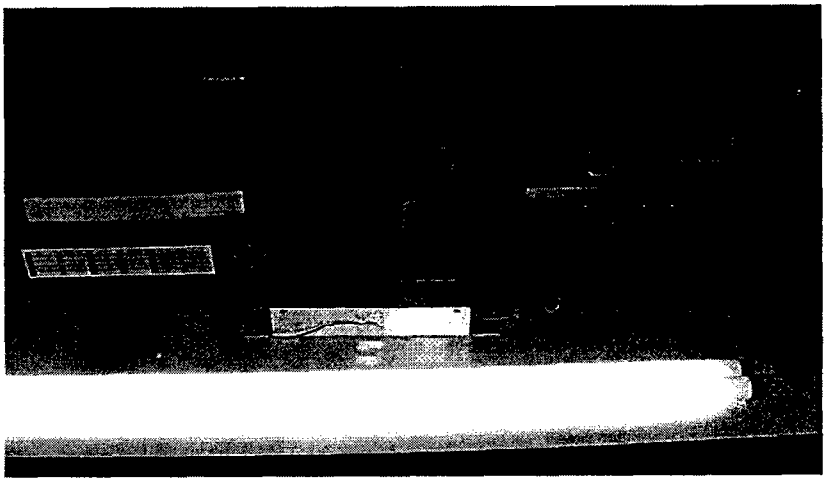
ภาพประกอบ 82 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

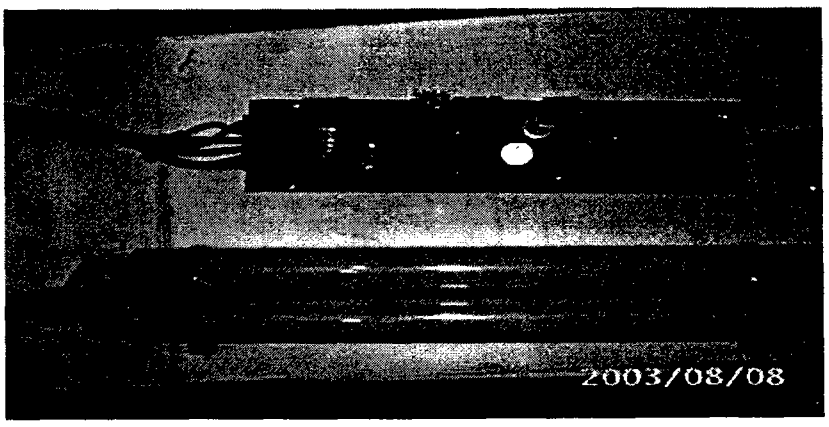


ภาพประกอบ 83 การทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์



ภาพประกอบ 84 วงจรภายในของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์





ภาพประกอบ 85 การต่อวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

ภาคผนวก ง

คู่มือการใช้งานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์

คำนำ

คู่มือการใช้งาน บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36 วัตต์ ฉบับนี้จัดทำขึ้นมาเพื่อให้ท่านได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่าง ๆของการใช้งานงานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ รวมทั้งการใช้งานและการบำรุงรักษา เป็นไปอย่างถูกต้องและปลอดภัย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมั่นใจว่าคู่มือฉบับนี้จะทำให้ท่านผู้ใช้งานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ยรรยง แดงยืนยง

สารบัญ

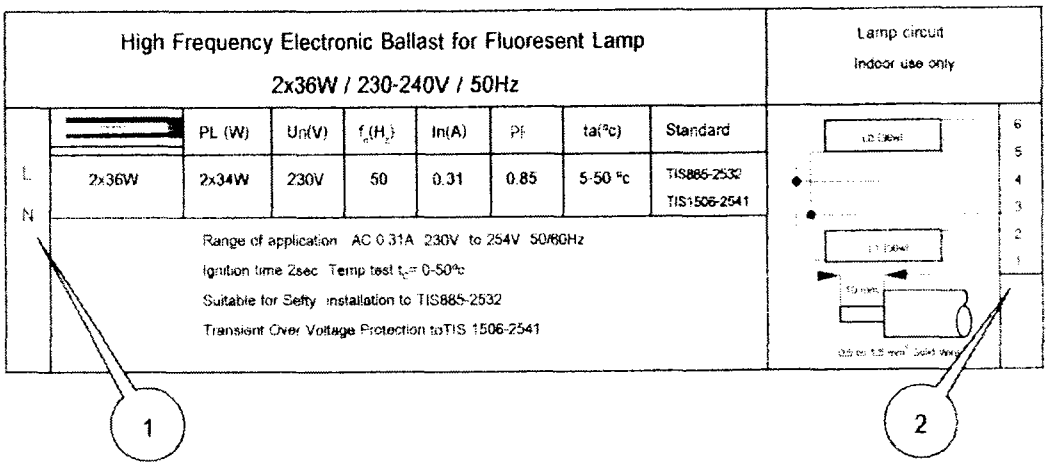
หน้า

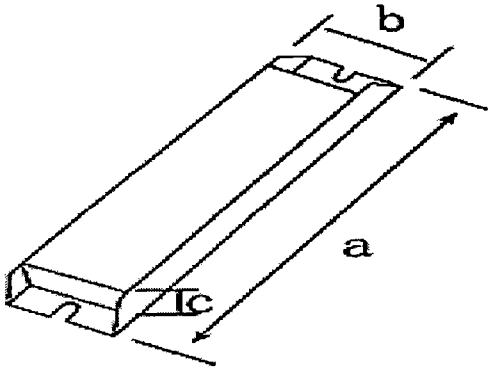
ความรู้ทั่วไปของการใช้งานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์..... 180
ส่วนประกอบที่สำคัญ ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์..... 180
ส่วนประกอบภายนอก..... 180
ส่วนประกอบภายใน..... 181
วิธีการติดตั้งและใช้งานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์..... 182
วิธีการบำรุงรักษาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์..... 182

ความรู้ทั่วไปของการใช้งานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด36วัตต์ถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับงานทางด้านการส่องสว่าง โดยมีส่วนประกอบดังนี้

ส่วนประกอบภายนอกของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์



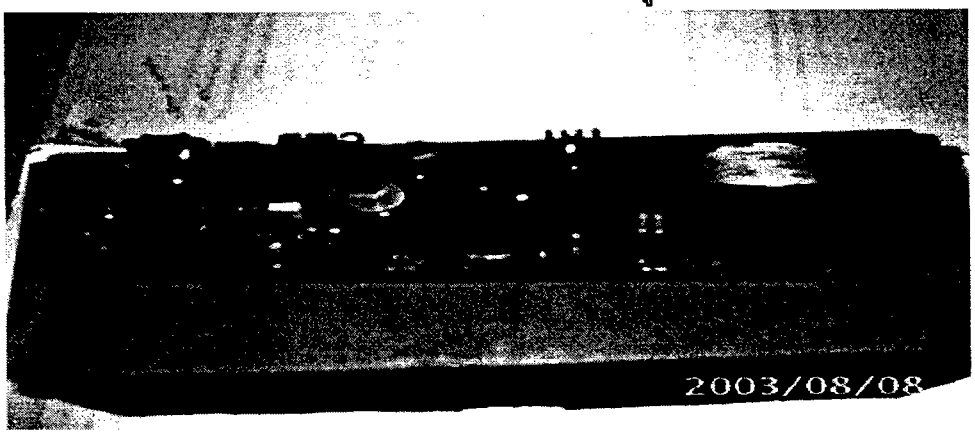


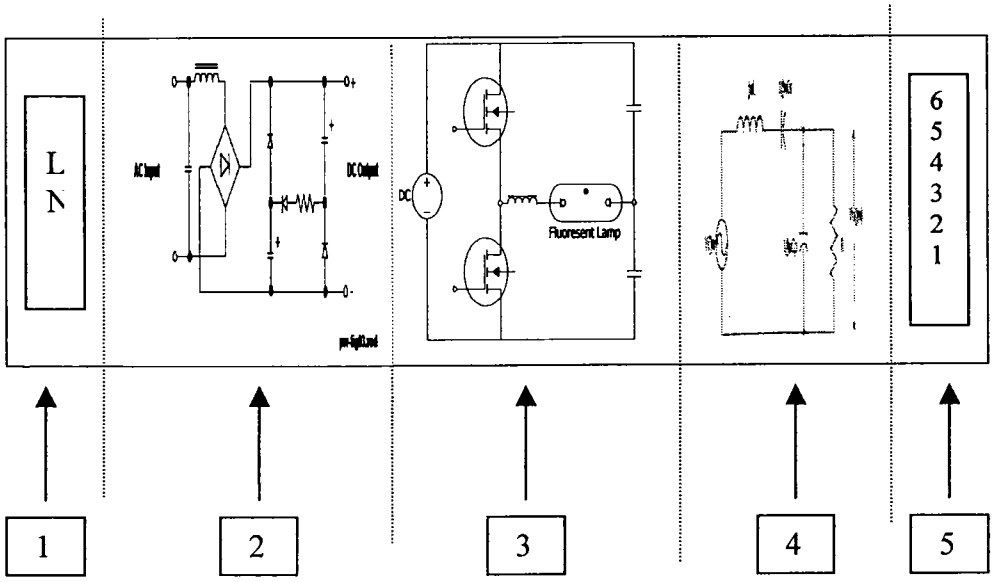
ภาพประกอบ86 ส่วนประกอบภายนอกของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์

หมายเลข 1 ขั้วต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า

หมายเลข 2 ขั้วต่อแรงดันไฟฟ้าสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

ส่วนประกอบภายในของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์





ภาพประกอบ87 ส่วนประกอบภายในของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์

หมายเลข1 ขั้วต่อไฟฟ้ากระแสสลับ
หมายเลข2 วงจรบูสท์พรีเร็กกูเรเตอร์
หมายเลข3 วงจรอินเวอร์เตอร์
หมายเลข4 Saturable reactor
หมายเลข5 ขั้วต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์

วิธีการติดตั้งและใช้งานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์

บัลลาสต์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ประกอบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ทำหน้าที่แปลงแรงดันให้พอเหมาะและควบกระแสไฟฟ้าที่ไหเข้าไปในหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้อยู่ในปริมาณที่หลอดสามารถเปล่งแสงสว่างได้สม่ำเสมอซึ่งจะมีการติดตั้งดังนี้

3.1 ศึกษาคู่มือให้ละเอียดก่อนนำมาใช้งาน

3.2 บัลลาสต์จะต้องมีจำนวนวัตต์ที่ระบุไว้ตรงกับจำนวนวัตต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์

3.3 การติดตั้งให้ใช้งานตามสัญลักษณ์ทีกำหนดไว้บนตัวบัลลาสต์

3.4 การติดตั้งให้ติดตั้งในอาคารและไม่อยู่ในที่เปียกชื้น

3.5 หลีกเลี่ยงการติดตั้งบัลลาสต์ใกล้กับวัสดุที่ติดไฟง่าย

3.6 การติดตั้งจะต้องอยู่ในที่โปร่งอากาศถ่ายเทสะดวกมีความแน่นหนาและมีความแข็งแรง

3.7 สายจากบัลลาสต์ไปยังหลอดควรให้มีระยะทางที่สั้น และไม่ควรเดินขนานกับสายไฟหลัก

วิธีการบำรุงรักษาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์

4.1. ศึกษาคู่มือให้ละเอียดก่อนนำมาใช้งาน

4.2. ตรวจสอบอุณหภูมิในบริเวณที่ติดตั้งบัลลาสต์ให้มีอุณหภูมิห้องไม่เกิน50องศาเซลเซียส

4.3. การเก็บรักษาบัลลาสต์ควรอยู่ในห้องที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก

4.4 ไม่ควรให้บัลลาสต์ตกกระแทก

4.5 ตรวจสอบสภาพสายไฟ ให้อยู่ในสภาพปกติหากชำรุดให้รีบแก้ไขทันที

4.6 ตรวจสภาพหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์อยู่เสมอ

4.7 ระวังอย่าให้มีน้ำซึมเข้าตัวบัลลาสต์

ภาคผนวก จ
รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือ

ประวัติย่อผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ-สกุล	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
การศึกษา	Ed.D.
สถานศึกษา	
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สถานที่ทำงาน	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ชื่อ-สกุล	นายสันติ ชาตรุประชีวิน
การศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต(สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า)
สถานศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	วิศวกร5
สถานที่ทำงาน	บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย
ชื่อ-สกุล	นายพลรัฐ วิวิธวร
การศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต(สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า)
สถานศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	วิศวกร5
สถานที่ทำงาน	บริษัททศท.คอเปอเรชั่นจำกัด มหาชน

ภาคผนวก ฉ
ผลการทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
ELECTRICAL AND ELECTRONICS INSTITUTE

ฝ่ายปฏิบัติการทดสอบ

นิคมอุตสาหกรรมบางปู ซอย 8 ถนนสุขุมวิท กม.37
975 หมู่ 4 ตำบลแพรกษา อำเภอเมือง สมุทรปราการ 10280
โทรศัพท์ 0 2709 4860-8 โทรสาร 0 2324 0917

รายงานผลการทดสอบ [บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์]

หมายเลขรายงาน	30378/46
หมายเลขปฏิบัติการ	4609B3329
ชื่อที่อยู่ของผู้รับบริการ	นายยรรยง แดงยืนยง บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110
รายละเอียดตัวอย่าง	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนซ์ ขนาด 2X36 วัตต์, แรงดันไฟฟ้า 220-240 โวลต์, กระแสไฟฟ้า 0.31 แอมแปร์, ความถี่ 50 เฮิรตซ์, ตัวประกอบกำลังของวงจร 0.85, อุณหภูมิโดยรอบ 5-50 °C, จำนวน 1 หน่วย
หมายเลขตัวอย่าง	B3329
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	เรียบร้อย
วัน/เดือน/ปีที่รับตัวอย่าง	1 กันยายน 2546
วัน/เดือน/ปีที่ทดสอบ	3 กันยายน 2546
มาตรฐานทดสอบ	มอก.1506-2541 (เฉพาะรายการข้อ 4.3.2 และ 4.4)
ผลการทดสอบ	ผลการทดสอบมีรายละเอียดดังปรากฏในหน้าถัดไป

ผู้รับรอง

(นางสาววิยะดา กล่ำชัย)
ผู้ช่วยผู้จัดการ ทดสอบอุปกรณ์ส่องสว่าง
4 ก.ย. 2546

(นายจรัญ เขียวดอกน้อย)
ผู้อำนวยการ
4 ก.ย. 2546

ผู้ทดสอบ : CS.

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะชิ้นตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น ห้ามคัดถ่ายผลการทดสอบแต่เพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตจากฝ่ายปฏิบัติการทดสอบ

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
ELECTRICAL AND ELECTRONICS INSTITUTE

ฝ่ายปฏิบัติการทดสอบ

หมายเลขรายงาน : 30378/46 **หมายเลขปฏิบัติการ** : 4609B3329

ผลการทดสอบ [บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์]

เครื่องหมาย "P" หมายถึง ผลการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดใน มอก.1506-2541 ในหัวข้อที่เกี่ยวข้อง
เครื่องหมาย "X" หมายถึง ผลการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดใน มอก.1506-2541 ในหัวข้อที่เกี่ยวข้อง
เครื่องหมาย "-" หมายถึง ไม่อยู่ในข่ายที่จะต้องทำการทดสอบหรือไม่ได้ทำการทดสอบ

ลำดับที่	รายการทดสอบ		มอก., ข้อ	หน่วย	เกณฑ์กำหนด	ผลการทดสอบ
1.	ภาวะการใช้งาน	ค่ากำลังวงจรทั้งหมด : ที่ได้จากการวัด	4.3.2	วัตต์	≤ 79.2	78.53
		ค่ากำลังวงจรทั้งหมด : เทียบกับค่าที่ผู้ทำแจ้งไว้		ร้อยละ	≤ 110	109.069
2.	ตัวประกอบกำลังของวงจร	ค่าที่ได้จากการวัด	4.4	-	-	0.990
		ผลต่างจากค่าที่แสดงไว้บนตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์			≤ ± 0.05	0.14

หมายเหตุ 1.ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทดสอบเท่ากับ 219.9 โวลต์
2.อุณหภูมิโดยรอบหลอดฟลูออเรสเซนซ์เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส
3.อุณหภูมิบนตัวกลองขณะทดสอบมีค่าอุณหภูมิ 40.2 องศาเซลเซียส

รายงานฉบับนี้รับรองผลเฉพาะชิ้นตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น ห้ามคัดถ่ายรายงานผลการทดสอบแต่เพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตจากฝ่ายปฏิบัติการทดสอบ

ผู้ทดสอบ ..... ผู้รับรอง .....

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายยรรยง แดงยืนยง
วัน เดือน ปีเกิด	29 ธันวาคม 2515
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลรถไฟ เขตห้วยขวาง จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ในปัจจุบัน	370 สามเสน4 ถนนสามเสน เขตพระนคร จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	ช่าง5
สถานที่ทำงานในปัจจุบัน	การทางพิเศษแห่งประเทศไทย อาคารศูนย์ควบคุมระบบทางด่วน ขั้นที่สอง ถนนพระรามเก้า เขตห้วยขวาง บางกะปิ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2530	มัธยมศึกษาปีที่3 จากโรงเรียนวัดบวรนิเวศ อำเภอพระนคร จังหวัดกรุงเทพมหานคร
พ.ศ.2532	อาชีวศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) สาขาวิชา ช่างอิเล็กทรอนิกส์ จากโรงเรียนเทคโนโลยีสยาม จังหวัดกรุงเทพมหานคร
พ.ศ.2535	อาชีวศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ จากมหาวิทยาลัยสยาม จังหวัดกรุงเทพมหานคร
พ.ศ.2541	อุดมศึกษา (ปริญญาตรี) วิศวกรรมศาตร์บัณฑิต(วศ.บ.) สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า (ไฟฟ้ากำลัง) จาก สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล จังหวัดกรุงเทพมหานคร
พ.ศ.2546	อุดมศึกษา (ปริญญาโท) บัณฑิตวิทยาลัย สาขา อุตสาหกรรมศึกษา (กศ.ม.) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จังหวัดกรุงเทพมหานคร