

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดโซเดียมความดัน

ELECTRONIC BALLAST FOR HIGH PRESSURE SODIUM LAMP



T104010



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...104010
วัน,เดือน,ปี... 2 8 ต.ค. 2552

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดโซเดียมความดัน

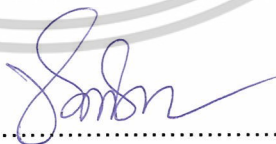
ผู้จัดทำ

- | | | |
|---------------|-----------------|-----------------------|
| 1. นายเหมราช | สารทอง | รหัสนักศึกษา 47010918 |
| 2. นายณัฐดนัย | ตั้งจารุศศิธรณ์ | รหัสนักศึกษา 48010250 |
| 3. นายศรัณย์ | มะลิวัลย์ | รหัสนักศึกษา 48010867 |
| 4. นายเอกพล | ตั้งงามสกุล | รหัสนักศึกษา 48012057 |



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. วิจิตร กิณเรศ)



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.ชัยทัต มณีอินทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดโซเดียมความดัน

นาย เหมราช สารทอง

นาย ญัฐดนัย ตั้งจรัสศิริธรรม์

นาย ศรัณย์ มะลิวัลย์

นาย เอกพล ตั้งงามสกุล

รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.ชัยทัต มณีอินทร์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา, ทดลอง, ออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดโซเดียมความดันสูง ขนาด 250 วัตต์ ให้สามารถใช้ทดแทนบัลลาสต์แกนเหล็กได้ ซึ่งมีข้อดีในเรื่องน้ำหนักที่เบา โครงสร้างง่าย ค่าตัวประกอบกำลังสูง อีกทั้งยังให้ค่าความสูญเสียของบัลลาสต์น้อยกว่าบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก มีประสิทธิภาพสูงกว่าบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก มีค่าตัวประกอบกำลังไม่น้อยกว่า 0.85 รวมทั้งค่าความผิดเพี้ยนของกระแสอินพุตไม่เกิน 30% โดยใช้วงจรในการออกแบบทั้งสิ้น 5 วงจรประกอบด้วย วงจรกรองอีเอ็มไอ, วงจรเรียงกระแส วงจรวาลเลย์ฟิล, วงจรอินเวอร์เตอร์และวงจร LCC รีโซแนนท์ แล้วทำการทดสอบพร้อมทั้งบันทึกค่าองค์ประกอบภายใต้สภาวะต่างๆ ที่สร้างขึ้นมา เปรียบเทียบกับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก และเปลี่ยนแปลงรูปแบบต่างๆ ของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ โดยกำหนดเงื่อนไขในการออกแบบที่สภาวะต่างๆ ซึ่งมีเงื่อนไขการทดสอบแตกต่างกัน ซึ่งจากการทดสอบพบว่าได้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่าที่ 0.90, ค่าความผิดเพี้ยนของกระแสอินพุตไม่เกิน 25%, ระบบไฟฟ้าป้อนเข้า 200-245 โวลต์, ค่า Ballast Lumen Factor ไม่น้อยกว่า 80 % ประสิทธิภาพของระบบมากกว่า 90% และเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นควรปรับปรุงในส่วนวงจรจุดหลอดของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์โดยเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มความเข้มแสงและพัฒนาให้สามารถใช้ร่วมกับหลอดความดันสูงได้หลายชนิด

ELECTRONIC BALLAST FOR HIGH PRESSURE SODIUM LAMP

Hemmarach Sarntong

Nutdanai Tangjarusatorn

Sarun Maliwon

Ekkapol Tangngamsakul

Assoc. Prof. Dr. Vijit Kinnares Advisor

Mr. Chaitat Maneeinn Advisor

2008

ABSTRACT

The objectives of this project are to study, test, design and implement an electronic ballast for a 250 W high pressure sodium lamp replacing a conventional magnetic ballast. The proposed ballast offers advantages such as light weight, simple structure and high power factor. Also, it gives less losses than the magnetic ballast thus higher efficiency. The power factor is more than 0.85 and total harmonic distortion of input current (THDi) is less than 30%. This designed circuit consists of 5 parts: EMI filter circuit, rectifier circuit, valley fill circuit, inverter circuit and LCC resonant circuit. The test has been performed together with measurement under various conditions compared with the test of the magnetic ballast. The test has also been performed with the change of various circuit topologies of the electronic ballast. The design under several conditions is given. Testing conditions are different. From the test, it is found that the power factor is more than 0.9, THDi is less than 25% and input voltage is between 200-245 V. The ballast lumen factor is greater than 80% .The total system efficiency is more than 90%. In order to increase the efficiency, the improvement of ignition circuit should be made. Output power should be increased in order to increase light intensity. The development of the proposed electronic ballast should be made in order to be applied to various types of high pressure sodium lamps.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์ ทั้งนี้จากได้รับความช่วยเหลือจาก รศ.ดร. วิจิตร กิณเรศและอาจารย์ชัยทัต มณีอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ที่มอบความเอาใจใส่และคำแนะนำดี ๆ ตลอดระยะเวลา 1 ปีการศึกษาที่ทำโครงการตลอดจนช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำปริญญาานิพนธ์แก่ข้าพเจ้า

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำโครงการ

ขอขอบคุณ พี่ ๆ ทุกคนในห้องปฏิบัติการวิจัย ECC 405 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ เมื่อเกิดปัญหาต่าง ๆ ขึ้น

ขอขอบคุณสำนักห้องสมุดกลางและห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ได้สนับสนุนตำราข้อมูลต่าง ๆ ในโครงการนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณสถาบันและท่านอาจารย์อันเป็นที่เคารพรักยิ่งทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์แก่ตัวข้าพเจ้ามาตั้งแต่เล็กจนจบจนปัจจุบัน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เหมราช

ณัฐดนัย

ศรัณย์

เอกพล

สารทอง

ตั้งจรัสศิรินทร์

มะลิวัลย์

ตั้งงามสกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในโครงการ	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย	2
1.6 ขั้นตอนการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานและหลักการที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 บทนำ	3
2.2 หลอดโซเดียมความดันสูง	3
2.2.1 โครงสร้างหลอด	3
2.2.2 คุณสมบัติของก๊าซที่บรรจุอยู่ในหลอดอาร์ก	4
2.2.3 หลักการทำงานของโซเดียมความดันสูง	5
2.3 หน้าที่ของบัลลาสต์	5
2.4 บัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก	6
2.4.1 ประเภทของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก	7
2.5 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	8
2.5.1 วงจรกรองอีเอ็มไอ	9
2.5.1.1 ลักษณะวงจรกรองอีเอ็มไอ	10
2.5.1.2 หลักการทำงานของวงจรกรองอีเอ็มไอ	10
2.5.2 วงจรเรียงกระแส	11

	หน้า
2.5.2.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น	11
2.5.2.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น	12
2.5.3 วงจรแก้ไขค่าตัวประกอบกำลัง	13
2.5.4 วงจรอินเวอร์เตอร์	14
2.5.4.1 วงจรฮาล์ฟบริดจ์	15
2.5.5 วงจรเรโซแนนซ์	15
2.5.5.1 วงจรเรโซแนนซ์อนุกรมกับโหลด	16
2.5.5.2 วงจรเรโซแนนซ์ขนานกับโหลด	18
2.5.5.3 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม-ขนาน	20
บทที่ 3 การออกแบบวงจร	22
3.1 บทนำ	22
3.2 วงจรอีเอ็มไอ	22
3.3 วงจรเรียงกระแส	24
3.4 วงจรวาลเลย์ฟิล	25
3.5 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฮาล์ฟบริดจ์	27
3.6 วงจรจุดหลอด	30
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	36
4.1 บทนำ	36
4.2 การทดสอบและบันทึกองค์ประกอบทางไฟฟ้าของบัลลาสต์ ชนิดแกนเหล็ก	37
4.3 การทดสอบและบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	39
4.3.1 การวัดค่าประกอบกำลังไฟฟ้ากระแสและแรงดันของ วงจรอินเวอร์เตอร์	39
4.3.2 การวัดค่าประกอบกำลังไฟฟ้ากระแสและแรงดันของ วงจรอินเวอร์เตอร์ประกอบกับวงจรวาลเลย์ฟิล	41

4.3.3 การวัดค่าประกอบกำลังไฟฟ้ากระแสและแรงดันของ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	43
4.4 การทดสอบการทำงานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าอินพุตของบัลลาสต์ อิเล็กทรอนิกส์เทียบกับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก	46
4.5 การทดสอบการทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความถี่ เพื่อควบคุมปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟ	57
4.6 การเปรียบเทียบผลการบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าและข้อมูลทาง แสงของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก, วงจรวาลเลย์ฟิลประกอบกับอินเวอร์เตอร์, วงจรอินเวอร์เตอร์และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	64
4.7 บทสรุป	66
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	67
5.1 สรุปผลโครงการ	67
5.2 ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนา	68
บรรณานุกรม	69
ภาคผนวก	71
ประวัติผู้เขียน	

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 หลอดโซเดียมความดันสูง	3
2.2 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของหลอดโซเดียมความดันสูง	4
2.3 ส่วนประกอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	8
2.4 วงจรกรองอีเอ็มไอ	9
2.5 วงจรกรองอีเอ็มไอแบบ T	10
2.6 วงจรกรองอีเอ็มไอแบบ π	10
2.7 การทำงานที่ความถี่ต่ำ	11
2.8 การทำงานที่ความถี่สูง	11
2.9 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น	11
2.10 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น	12
2.11 วงจรวาลเลย์ฟิล	14
2.12 วงจรฮาล์ฟบริดจ์	15
2.13 วงจรเรโซแนนท์อนุกรมกับหลอด	16
2.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอิมพีแดนซ์กับความถี่ของวงจรเรโซแนนท์อนุกรม	18
2.15 วงจรเรโซแนนท์ขนานกับโหลด	19
2.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอิมพีแดนซ์กับความถี่ของวงจรเรโซแนนท์ขนาน	19
2.17 วงจรเรโซแนนท์แบบอนุกรม-ขนาน	20
3.1 วงจรวาลเลย์ฟิล	26
3.2 ผลการ simulate วงจรวาลเลย์ฟิล	26
3.3 รูปผลการทดลองวงจรวาลเลย์ฟิล	27
3.4 วงจรมอสเฟต IRF840	27
3.5 แสดงความการปรับความถี่โดยใช้ ตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ	28
3.6 การต่อสัญญาณให้กับมอสเฟตด้วย IC2153	28
3.7 ผลการ Simulate วงจรอินเวอร์เตอร์	29
3.8 แรงดันออกจากวงจรอินเวอร์เตอร์	29
3.9 Dead Time ของสัญญาณ	30
3.10 วงจรเรโซแนนท์แบบอนุกรม-ขนาน	31
3.11 ผลการ Simulate วงจร LCC เรโซแนนซ์	32
3.12 แรงดันอินพุต 60 โวลต์	32
3.13 แรงดันอินพุต 120 โวลต์	33

ภาพที่	หน้า
3.14 แรงดันอินพุต 180 โวลต์	33
3.15 แรงดันอินพุต 240 โวลต์	34
3.16 แรงดันอินพุต 260 โวลต์	34
3.17 ผลการ Simulate กระแส(สัญญาณคูณ20)และแรงดันบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	35
3.18 การ Simulate กระแสและแรงดันบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์(ขยายจากภาพที่ 3.17)	35
3.19 แรงดันและกระแสคร่อมหลอดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	35
4.1 รูปกระแสและแรงดันอินพุตบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก.....	38
4.2 แรงดันและกระแสคร่อมหลอดบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก.....	38
4.3 แรงดันขณะจุดหลอดบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก	39
4.4 การบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของวงจรอินเวอร์เตอร์	40
4.5 แรงดันและกระแสอินพุตวงจรอินเวอร์เตอร์	40
4.6 แรงดันกระแสคร่อมหลอดวงจรอินเวอร์เตอร์	41
4.7 แรงดันและกระแสอินพุตวงจรอินเวอร์เตอร์และวาลเลย์ฟิล.....	42
4.8 แรงดันและกระแสคร่อมหลอดวงจรอินเวอร์เตอร์และวาลเลย์ฟิล	42
4.9 การบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของวงจรวาลเลย์ฟิลและอินเวอร์เตอร์	43
4.10 แรงดันและกระแสอินพุตบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	44
4.11 แรงดันและกระแสอินพุตบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	44
4.12 รูปแรงดันคร่อมหลอดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	45
4.13 กระแสคร่อมหลอดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	45
4.14 การบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	46
4.15 กราฟแรงดันคร่อมหลอดเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	49
4.16 กราฟกระแสอินพุตเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	49
4.17 กราฟกระแสที่หลอดเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	49
4.18 กราฟอิมพีแดนซ์อินพุตเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	50
4.19 กราฟอิมพีแดนซ์ที่หลอดเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	50
4.20 กราฟ Average Power Input เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	53
4.21 กราฟ Average Power Output เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	53
4.22 กราฟ Apparent Power Input เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	54
4.23 กราฟ Apparent Power Output เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	54
4.24 กราฟ Reactive Power Input เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	54

VIII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่	หน้า
4.25 กราฟ Reactive Power Output เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	55
4.26 กราฟ Power Factor เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	55
4.27 กราฟ %THDv เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	55
4.28 กราฟ %THDi เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	56
4.29 กราฟ Luminous Flux เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต	57
4.30 กราฟแรงดันคร่อมหลอดเมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่	59
4.31 กราฟกระแสเมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่	59
4.32 กราฟอิมพีแดนซ์เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่	59
4.33 กราฟ Average Power เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่	61
4.34 กราฟ Apparent Power เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่	61
4.35 กราฟ Reactive Power เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่	61
4.36 กราฟ Power Efficiency(%) เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่	62
4.37 กราฟ %THD เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่	63
4.38 กราฟ Luminous Flux เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่	63
4.39 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Luminous Flux กับ กำลังไฟฟ้า(วัตต์)	64
4.40 กราฟ Luminous Efficiency เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่	64

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	6
2.2 เปรียบเทียบระหว่างการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังแบบพาสซีฟและแอคทีฟ	14
3.1 ผลการ simulate วงจรวาลเลย์ฟิล	25
4.1 ข้อกำหนดในการออกแบบวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	36
4.2 การทดสอบบันทึกค่าแรงดัน, กระแส, อิมพีแดนซ์, ความผิดเพี้ยนสัญญาณ บัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กเมื่อแรงดันด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์	47
4.3 การทดสอบบันทึกค่ากำลังไฟฟ้า, ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์	48
4.4 การทดสอบบันทึกค่ากำลังไฟฟ้า, ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก เมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์	51
4.5 การทดสอบบันทึกค่ากำลังไฟฟ้า, ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์	52
4.6 การทดสอบเปรียบเทียบค่าฟลักซ์ส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อ เปรียบเทียบกับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก	56
4.7 การทดสอบบันทึกค่าแรงดัน, แรงดัน, กระแส, อิมพีแดนซ์, ของบัลลาสต์ อิเล็กทรอนิกส์เมื่อปรับความถี่	58
4.8 การทดสอบบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าต่าง ๆ ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อปรับ ความถี่	60
4.9 การทดสอบบันทึกค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์, ค่าความผิดเพี้ยนสัญญาณ , ค่าฟลักซ์ส่องสว่าง ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อปรับความถี่	62
4.10 การเปรียบเทียบผลการบันทึกค่าองค์ประกอบไฟฟ้าและข้อมูลทางแสงของ บัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	65
4.11 การเปรียบเทียบผลการบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าและข้อมูลทางแสง ของวงจรวาลเลย์ฟิลกับวงจรอินเวอร์เตอร์และวงจรอินเวอร์เตอร์	66

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกปี ในทุก ๆ ด้านไม่ว่าจะเป็นในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต การขนส่ง อื่น ๆ ในระบบแสงสว่างเองก็มีการใช้เพิ่มขึ้นไม่ว่าจะเป็นไฟถนน ไฟในระบบอุตสาหกรรม จำเป็นต้องเพิ่มแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าซึ่งส่งผลกระทบต่อหลาย ๆ ด้าน เช่น การลงทุน, สิ่งแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติ ดังนั้นในโครงการนี้จึงได้คิดค้นเทคโนโลยีที่ช่วยในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและแสงสว่าง

ปัจจุบันการใช้บัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก (Magnetic Ballast) จากการศึกษพบว่าสูญเสียพลังงานสูงในตัวบัลลาสต์ เนื่องจากบัลลาสต์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพต่ำ มีค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ต่ำ ทำให้ใช้กระแสไฟฟ้าสูงเกินต้องการของหลอด

ดังนั้นจึงพัฒนาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถลดพลังงานที่ใช้ได้ และยังมีคุณสมบัติป้องกันแรงดันกระชาก กระแสไฟฟ้าเกิน เพิ่มค่าตัวประกอบกำลังให้กับระบบ

โครงการนี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนาร่างต้นแบบของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อใช้สำหรับหลอดโซเดียมความดันสูง (High Pressure Sodium Lamp) 250 วัตต์ โดยมีเป้าหมายให้ ค่าความสูญเสียของบัลลาสต์น้อยกว่าบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก, ประสิทธิภาพสูงกว่าบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก, โครงสร้างง่ายกว่าบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก, มีค่าตัวประกอบกำลังไม่ต่ำกว่า 0.85 และค่าความผิดพลาดของกระแสอินพุทจะไม่เกิน 30%, ใช้จุดหลอดโซเดียมความดันสูงขนาด 250 วัตต์

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษา ทดลอง ออกแบบ และสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดโซเดียมความดันสูง ขนาด 250 วัตต์ ให้สามารถใช้ทดแทนบัลลาสต์แกนเหล็กได้ โดยเน้นน้ำหนักที่เบา และโครงสร้างง่ายกว่า

1.2.2 เพื่อศึกษา ทดลอง ออกแบบ และสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดโซเดียมความดันสูง ขนาด 250 วัตต์ โดยมีเป้าหมายให้ค่าความสูญเสียของบัลลาสต์น้อยกว่าบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก, ประสิทธิภาพสูงกว่าบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก, มีค่าตัวประกอบกำลังไม่น้อยกว่า 0.85 รวมทั้งค่าความผิดพลาดของกระแสไม่เกิน 30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

- 1.3.1 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าสูง ทำให้สามารถใช้ตัวเหนี่ยวนำที่มีขนาดเล็กลงได้ ทำให้น้ำหนักน้อยลง
- 1.3.2 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้แหล่งพลังงานจ่ายไฟฟ้า ใช้ปรากฏการณ์ LCC ในการจุดหลอด

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในโครงการนี้

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าความถี่สูง ทำให้สามารถใช้ตัวเหนี่ยวนำที่มีขนาดเล็กกว่าบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กที่ใช้แหล่งจ่ายพลังงานความถี่ต่ำ ใช้ปรากฏการณ์ LCC ในการจุดหลอดหลอดโซเดียมความดันสูง

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตการวิจัยนี้คือ การศึกษา ทดลอง ออกแบบ และสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดหลอดโซเดียมความดันสูงขนาด 250 วัตต์ ให้สามารถใช้งานได้และมีคุณสมบัติตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

- 1.6.1 ศึกษาโครงสร้างและหลักการทำงานของหลอดโซเดียมความดันสูง
- 1.6.2 ศึกษาโครงสร้างและหลักการทำงานของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก
- 1.6.3 ศึกษาโครงสร้างและทฤษฎีของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
- 1.6.4 ศึกษาทฤษฎีวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง
- 1.6.5 ศึกษาวงจรจุดหลอด
- 1.6.6 ทดสอบและบันทึกผลการทดสอบ เปรียบเทียบคุณสมบัติของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
- 1.6.7 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดสอบ พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะนำเสนอทฤษฎีของหลอดโซเดียมความดันสูง, บัลลาสต์แกนเหล็ก การออกแบบวงจรและหน้าที่หลักการทำงานของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ โดยแยกอธิบายแต่ละส่วนจนถึงสามารถใช้จุดหลอดโซเดียมความดันสูง

2.2 หลอดโซเดียมความดันสูง (High Pressure Sodium Lamp)

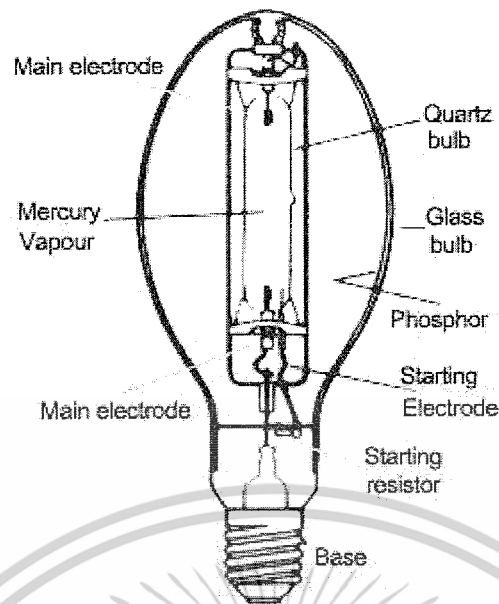
เป็นหลอดไฟที่สร้างขึ้นมาใช้ในงานที่ต้องการปริมาณแสงสว่างมาก แต่สีของแสงจะไม่สมดุลเหมือนหลอดโลหะฮาไลด์ หลอดโซเดียมความดันสูงเป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในบรรดาหลอดปล่อยประจุความดันสูง (HID) ทั้งหมด ปัจจุบันสามารถผลิตหลอดที่มีประสิทธิภาพได้ถึง 157 ลูเมนต่อวัตต์ เมื่อเทียบกับหลอดประเภทอื่นซึ่งอยู่ในตระกูลเดียวกัน

2.2.1 โครงสร้างหลอด



ภาพที่ 2.1 หลอดโซเดียมความดันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของหลอดโซเดียมความดันสูง

(John E. Kaufman, 1981: 8-42)

หลอดโซเดียมความดันสูงเป็นหลอดที่ประกอบด้วยกระเปาะแก้วด้านนอกทำจากแก้วบอโรซิลิเกตและกระเปาะแก้วด้านในทำจากเซรามิกที่ทนอุณหภูมิได้สูงมาก ๆ ส่วนประกอบของหลอดมีดังนี้

กระเปาะแก้วด้านนอกจะทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันกระเปาะแก้วด้านใน และช่วยในการควบคุมอุณหภูมิของกระเปาะแก้วด้านในให้คงที่

หลอดอาร์ก หมายถึง หลอดแก้วด้านในจะทำจากวัสดุจำพวกเซรามิก (Polycrystalline Translucent Aluminamat) ที่ทนอุณหภูมิสูง

2.2.2 คุณสมบัติของก๊าซที่บรรจุอยู่ในหลอดอาร์ก

1. ก๊าซซีนอน (Xenon)

เป็นก๊าซเฉื่อยบรรจุอยู่ในหลอดอาร์กเพื่อช่วยทำหน้าที่ในการแตกตัวของก๊าซโซเดียมให้รวดเร็วขึ้น และเนื่องจากก๊าซนี้มีสภาพการแตกตัวได้เร็ว จึงทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในหลอดอาร์กมากขึ้น ซึ่งเป็นที่มาของการเรียกหลอดไฟนี้ว่าหลอดโซเดียมความดันสูง สำหรับหลอดโซเดียมความดันต่ำ จะมีความดันภายในหลอดประมาณ 2-3 มิลลิเมตรปรอทเท่านั้น

2. ไอปรอท (Mercury)

หมายถึง ไอปรอทที่อยู่ภายในหลอดอาร์ก เมื่อเกิดการแตกตัวขึ้นภายในหลอดอาร์ก

แล้วไอปรอทจะเป็นตัวเปล่งแสงสีน้ำเงินเขียวออกมา และเมื่อไปผสมกับแสงที่ได้จากไอโซเดียม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้แสงสีธรรมชาติ (Yellow White or Golden Light) แต่ปริมาณแสงสีเหลืองและแสงสีส้มจะมีมากกว่าแสงสีอื่น

3. โซเดียม (Sodium)

หมายถึง ก๊าซโซเดียมที่มีสถานะเป็นของแข็ง ณ อุณหภูมิปกติแต่เมื่อได้รับความร้อน จะเกิดการแตกตัว และเปล่งแสงสีเหลืองสดออกมาเพียงสีเดียว เพื่อที่จะผสมกับแสงสีอื่นที่เกิดจากการแตกตัวของก๊าซชนิดอื่น

4. อิเล็กโทรด (Electrode)

จะประกอบอยู่ในหลอดอาร์ค ทำด้วยทั้งสแตน มีลักษณะเป็นขดลวดเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการระบายความร้อน

5. แผ่นเหล็กนิเกิล (Nickel-Plate Steel)

จะอยู่ในกระเปาะแก้วชั้นนอก และอยู่นอกหลอดอาร์คซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าจากขั้วหลอดเข้าไปยังอิเล็กโทรดทั้ง 2 ด้านของขั้วหลอด (Base) ขั้วหลอดที่สร้างขึ้นตามมาตรฐาน ANSI มีขั้วหลอดขนาดกลาง (Medium) และขั้วหลอดขนาดใหญ่ (Mogul) เนื่องจากหลอดไฟชนิดนี้ใช้กับแรงดันไฟฟ้าสูงและกระแสไฟฟ้าที่ไหลในหลอดก็สูงด้วยดังนั้นจึงสร้างขั้วหลอดเป็นแบบเกลียว ซึ่งขั้วหลอดแบบนี้จะป้องกันอันตรายจากการอาร์คของกระแสไฟฟ้าได้ดีกว่าแบบเขี้ยว

2.2.3 หลักการทำงานของโซเดียมความดันสูง

หลอดโซเดียมความดันสูงและวงจรทางไฟฟ้าจะต้องประกอบด้วยบัลลาสต์ ตัวจุดหลอด (Pulse Starter or Ignitor) และมีการต่อวงจรไฟฟ้า เมื่อเปิดสวิตช์บ่อนแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรของหลอดไฟแล้ว ตัวจุดหลอด (Ignitor) จะเป็นตัวสร้างพัลส์ที่มีความถี่สูง เพื่อที่จะทำให้บัลลาสต์สร้างแรงดันไฟฟ้าสูงเพื่อไปใช้ในการขับหลอด ขณะเดียวกันระหว่างปลายทั้งสองของอิเล็กโทรด ก๊าซซีนอนก็จะเริ่มแตกตัวทำให้ความร้อนและความดันภายในหลอดอาร์คสูงขึ้นเรื่อยๆ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในหลอดอาร์คนี้จะทำให้ก๊าซโซเดียมและปรอทเกิดการแตกตัวตาม ซึ่งจะทำให้แสงเริ่มสว่างขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งสว่างจ้าในที่สุด

2.3 หน้าทีของบัลลาสต์

1. กำหนดค่ากระแสที่เหมาะสมให้ไหลผ่านหลอดทำให้หลอดทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ
2. ต้องสามารถให้แรงดันที่สูงพอขณะจุดหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ต้องจ่ายกระแสที่คงที่ให้กับโหลด ไม่ว่าแรงดันที่แหล่งจ่ายไฟตกหรือเพิ่มขึ้นในช่วงที่กำหนด
4. กระแสที่ไหลผ่านโหลดต้องสมมาตรมีการไหลสลับไปมาระหว่างทั้ง 2 ขั้วโหลด

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

บัลลาสต์แกนเหล็ก	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
ราคาต่ำ และอายุใช้งานยาวนานมาก(20 ปี)	ราคาสูง และอายุใช้งานสั้น
ทนต่อสภาพแวดล้อม	มีข้อจำกัดในการใช้งานในสถานที่ที่มีอุณหภูมิสูง
น้ำหนักหนัก	น้ำหนักเบา และไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ภายนอก
สูญเสียพลังงานสูงประมาณ 20%	ลดสูญเสียพลังงานสูงประมาณ 20%
เกิดความร้อนสู่สภาพแวดล้อมสูง, มีเสียงคราง	ลดความร้อนสู่สภาพแวดล้อม
มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ (PF =0.27-0.52)	มีค่าตัวประกอบกำลังสูง (PF > 0.96)
ใช้เวลา 2-3 วินาทีจึงให้แสงสว่าง และมีการกระเพื่อมกระพริบ	ให้แสงสว่างทันที และไม่มีการกระเพื่อม

2.4 บัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก

เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ควบคุมแหล่งจ่ายพลังงาน ให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปในหลอดไฟฟ้าให้มีค่าสม่ำเสมอ เหมาะสมกับหลอดแต่ละประเภท แต่ละชนิด และแต่ละขนาด ซึ่งเป็นอุปกรณ์จำเป็นสำหรับหลอดก๊าซดิสชาร์จ เพราะเมื่อหลอดไฟผ่านขั้นตอนการจุดติดแล้วนั้น ค่าความต้านทานของหลอดจะลดลงอย่างมาก จึงต้องนำบัลลาสต์มาต่ออนุกรมในวงจรเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานมิให้กระแสไหลเกินพิกัดจนไส้หลอดขาด การใช้งานร่วมกันระหว่างหลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์ จะต้องเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้งานร่วมกันได้ หากใช้งานผิดชนิดกันย่อมทำให้เกิดผลเสียหายหลายอย่าง เช่น จุดหลอดติดยาก หลอดเสื่อมสภาพเร็ว อายุใช้งานสั้น กำลังสูญเสียในบัลลาสต์สูง ซึ่งจะทำให้อายุงานบัลลาสต์สั้นลงได้ คุณสมบัติสำคัญที่ต้องพิจารณาได้แก่

- แรงดันไฟฟ้า (Line Volt) คือ ค่าแรงดันที่บัลลาสต์ถูกออกแบบไว้ หากแรงดันที่ป้อนหรือความถี่ผิดไปจะส่งผลกระทบต่อกระเทือนอย่างมากให้แก่หลอดไฟฟ้าจนอาจเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แรงดันไฟฟ้าตก (Voltage Dip) คือ ระดับแรงดันไฟฟ้าตกลงในช่วงสั้นๆ ซึ่งมีผลทำให้ความสว่างของหลอดไฟฟาลดลงเล็กน้อย แต่บัลลาสต์ยังสามารถส่งกระแสให้หลอดติดอยู่ได้

- ตัวประกอบกำลัง (Power Factor, PF) คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังวัตต์ ต่อผลคูณของค่าแรงดันไฟฟ้ากับค่ากระแส บัลลาสต์ที่มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำจะดึงกระแสเข้ามาทำให้น้ำหนักของสายไฟฟ้า ฟิวส์ สวิตช์ และเบรกเกอร์ อาจรวมถึงหม้อแปลงไฟฟ้า ที่ต้องใหญ่ขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ กระแสไฟฟ้าขณะเริ่มทำงาน (Starting current) ก็มีผลเช่นเดียวกัน

- ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า ต่อกำลังไฟฟารวม ซึ่งรวม ความสูญเสียในตัวบัลลาสต์ (Ballast Losses)

- ตัวประกอบยอดคลื่นกระแส (Current Crest Factor) คือ อัตราส่วนระหว่างค่าสูงสุด (Peak) ต่อค่า RMS (Root-Mean-Square Value) ของกระแส ซึ่งขึ้นกับรูปคลื่นที่ออกมาจากบัลลาสต์ หากมีค่าสูงเกินไปจะมีส่งผลต่อความสว่างของหลอดไฟฟ้า และทำให้หลอดเสื่อมเร็วขึ้น

2.4.1 ประเภทของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก

บัลลาสต์ที่ใช้กับหลอด HID มีบัลลาสต์อยู่หลายชนิดที่สามารถใช้กับหลอด HID ได้แต่เท่าที่พบทั่วไปมีอยู่ 4 ชนิด คือ

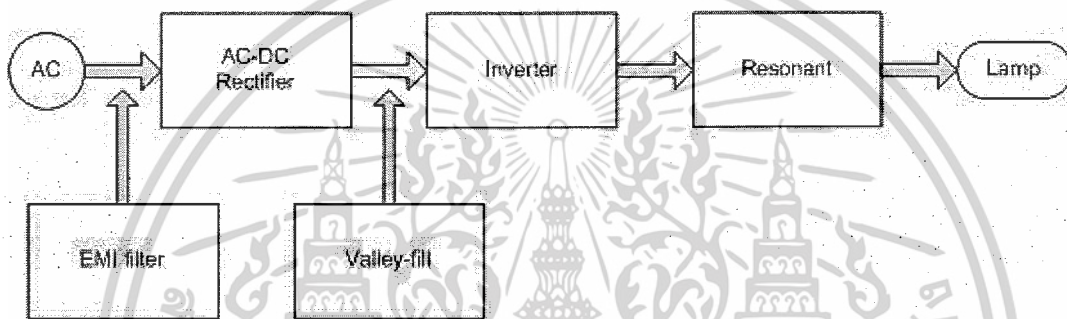
1. รีแอกเตอร์บัลลาสต์ (Reactor Ballast) มีลักษณะเป็นบัลลาสต์แกนเหล็กคือ มีขดลวดทองแดงพันอยู่บนแกนเหล็ก ข้อดีบัลลาสต์ชนิดนี้ คือ มีขนาดเล็ก เบา ราคาถูก และมีการสูญเสียในตัวบัลลาสต์ต่ำที่สุด จึงเป็นบัลลาสต์ชนิดที่มักใช้กันโดยทั่วไป แต่มีข้อจำกัดอยู่ที่แรงดันไฟฟ้าต้องไม่เปลี่ยนแปลงมากกว่า 5% และมีค่าตัวประกอบกำลัง (PF) ต่ำ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการต่อตัวเก็บประจุ
2. เรกูเลเตอร์บัลลาสต์ (Regulator Ballast) มีลักษณะคล้ายหม้อแปลงไฟฟ้าประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ขดลวดปฐมภูมิ และขดลวดทุติยภูมิ พันอยู่บนแกนเหล็ก โดยไม่มีการต่อกันทางไฟฟ้า ข้อดีบัลลาสต์ชนิดนี้ คือ แรงดันไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนแปลงได้มากถึง 13% รับแรงดันไฟฟ้าตกได้มากกว่า 50% และมีค่าตัวประกอบกำลัง (PF) สูงถึง 0.95 แต่มีข้อเสียที่การสูญเสียในตัวบัลลาสต์ และค่าตัวประกอบยอดคลื่นกระแสมีค่าสูงที่สุด
3. แล็กบัลลาสต์ (Lag Ballast) เป็นการผสมรีแอกเตอร์บัลลาสต์กับหม้อแปลงแบบออโต (Auto Transformer) เข้าด้วยกัน ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ พันอยู่บนแกนเหล็ก โดยที่ขดลวดทุติยภูมิต่ออนุกรมกับหลอดไฟฟ้า คุณสมบัติโดยทั่วไปคล้ายกับรีแอกเตอร์บัลลาสต์แต่สามารถใช้งานได้ดี ถึงแม้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้าจะสูงหรือต่ำกว่าแรงดันขณะเริ่มทำงาน (Starting Voltage) ส่วนข้อเสียคือ มีขนาดใหญ่กว่า ราคาแพงกว่า และการสูญเสียในตัวบัลลาสต์สูงกว่า

4. บัลลาสต์ชนิดเหนี่ยวนำอัตโนมัติ เป็นการผสมระหว่างบัลลาสต์ชนิด Lag กับรีแอคเตอร์บัลลาสต์ บัลลาสต์ชนิดนี้จะมีขนาดเล็กและราคาถูก แต่มีการเรกกูเรชันที่ไม่ดีคือ ถ้าแรงดันที่สายเปลี่ยนแปลง 10 % จะทำให้กำลังที่หลอดเปลี่ยนแปลงถึง 5%

2.5 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

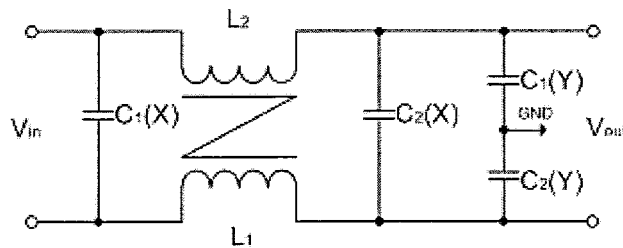


ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

โครงสร้างของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

1. แปลงจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้ บริดจ์ไดโอด โดยใช้วงจรแอลีย์ฟิล แก๊ซค่าตัวประกอบกำลัง วงจรพาสซีฟฟิลเตอร์ และ วงจรกรองอีเอ็มไอ ช่วยในการลดสัญญาณรบกวน (Noise)
2. ภาควงจรกำลังแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ความถี่สูง โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ชนิดกึ่งบริดจ์ป้อนพลังงานไปยังหลอดไฟ

2.5.1 วงจรกรองอีเอ็มไอ (EMI Filter)



ภาพที่ 2.4 วงจรกรองอีเอ็มไอ

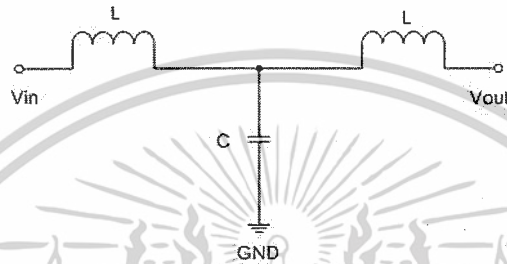
การเกิดสัญญาณรบกวนในตัวนำอุปกรณ์ไฟฟ้าจ่ายกำลังด้วยระบบความถี่สูง ก่อเกิดคลื่นความถี่ต่างๆ วงจรกรองอีเอ็มไอ ช่วยรักษาสมดุลเฟสบวกและลบล้างความถี่แปลกปลอม วงจรกรองอีเอ็มไอ คือ การใส่วงจรกรองความถี่เข้าที่อินพุตของเพาเวอร์คอนเวอร์เตอร์เพื่อกรองรบกวน (Harmonic) ที่ความถี่สูง สัญญาณที่เกิดขึ้นนี้เป็นสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

1. การรบกวนซึ่งมีสาเหตุมาจากความต่างศักย์ระหว่างกราวด์ระบบ โดยปกติแล้วระบบไฟฟ้าหลายๆ ระบบที่นำมาต่อเพื่อทำงานร่วมกันจะใช้ระบบกราวด์ของตัวเอง ซึ่งเป็นการแยกหรือใช้งานระบบกราวด์คนละระบบ แต่ถ้านำมาต่อเชื่อมกันจะทำให้เกิดความต่างศักย์คร่อมระหว่างกราวด์ขึ้น ผลของความต่างศักย์ของระบบกราวด์นี้เองทำให้เกิดรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น เราเรียกการรบกวนในโหมดนี้ว่า Common ground impedance coupling
2. การรบกวนซึ่งมีสาเหตุมาจากกระแสสูงๆ เมื่อกระแสไหลผ่านเส้นลวดตัวนำจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นโดยรอยตัวนำตามแนวรัศมี ผลของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะไปเหนี่ยวนำให้เกิดการไหลของกระแสบนตัวนำหรือตรงที่อยู่ใกล้เคียง Inductive coupling
3. การรบกวนซึ่งมีสาเหตุมาจากแรงดันที่อยู่ข้างเคียง เมื่อนำแหล่งกำเนิดที่มีแรงดันสูงมาวางใกล้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ อากาศซึ่งมีค่าความซึมซาบแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Permeability) ซึ่งอยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ เราเรียกการรบกวนในแบบนี้ว่า Capacitive coupling
4. การรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีสาเหตุมาจากคลื่นระนาบ ซึ่งประกอบด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปรบกวนการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ข้างเคียง เรียกการรบกวนแบบนี้ว่า Radiate field coupling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.1 ลักษณะวงจรกรองอีเอ็มไอ

วงจรอินเวอร์เตอร์จำเป็นต้องมีวงจรกรองความถี่เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่ออกไปภายนอกให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ อุปกรณ์ที่ใช้จะไม่ต่อความต้านทานเพราะจะทำให้เกิดความร้อน (Loss) โดยใช้การต่อ LC คั่นที่อินพุตกับระบบแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อลดสัญญาณรบกวน การต่อ LC ฟิเตอร์สามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น แบบพาย (π) หรือแบบที (T) ดังภาพที่ 2.5 และ 2.6 ตามลำดับ แต่ส่วนใหญ่นิยมแบบ π เนื่องจากมีขนาดเล็กกว่า ประหยัดกว่า และวงจรที่ง่าย



ภาพที่ 2.5 วงจรกรองอีเอ็มไอแบบ T



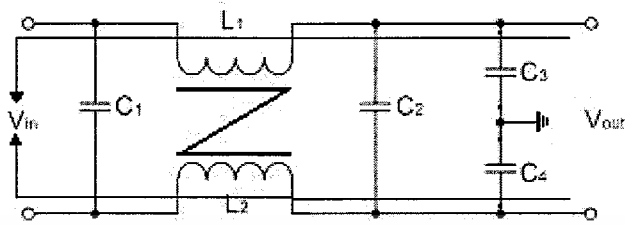
ภาพที่ 2.6 วงจรกรองอีเอ็มไอแบบ π

2.5.1.2 หลักการทำงานของวงจรกรองอีเอ็มไอ

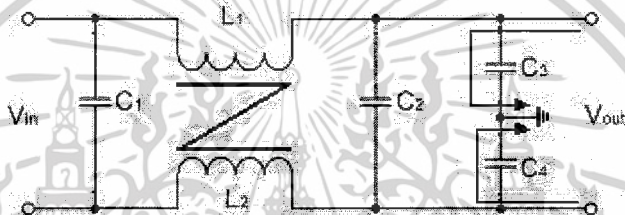
จากภาพที่ 2.4 ตัวเก็บประจุ $C(X)$ ที่อยู่ในวงจรจะมีผลในการลดทรานเซียนต์ $C_1(X)$ จะลดทรานเซียนต์ที่เกิดในสายไฟสลับไม่ให้ผ่านเข้าหาวงจรถวายอินเวอร์เตอร์ ส่วน $C_2(X)$ จะลดทรานเซียนต์ที่เกิดจากวงจรถวายอินเวอร์เตอร์ไม่ให้ผ่านไปยังสายไฟสลับได้ วงจรฟิเตอร์จะเป็นส่วนป้องกันสัญญาณความถี่สูงจากอินเวอร์เตอร์ส่งผ่านเข้าสู่ระบบแหล่งจ่ายภายนอก เมื่อมีสัญญาณความถี่สูงเกินกว่าย่านการทำงานของวงจรที่ถูกกำหนดให้ผ่าน (Cutoff Frequency) โดยกำหนดไว้ให้มากกว่า 9 เท่าของความถี่ไลน์แต่ไม่เกินความถี่มาตรฐานกำหนดของแต่ละประเภทอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เนื่องจากค่าอินดักแตนซ์ L_1 หรือ L_2 มีค่าสูงมาก ($X_L = 2\pi fL$) สัญญาณความถี่สูงดังกล่าวจะไหลผ่านตัวเก็บประจุ $C_1(Y)$ หรือ $C_2(Y)$ เข้าสู่ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราวด์แทนเพราะค่าคาปาซิแตนซ์มีค่าต่ำลง ($X_C = 1/(2\pi fL)$) ซึ่งแสดงให้เห็น
เส้นทางการไหลของสัญญาณความถี่ต่ำและสูงได้ตามภาพที่ 2.7 และ 2.8



ภาพที่ 2.7 การทำงานที่ความถี่ต่ำ

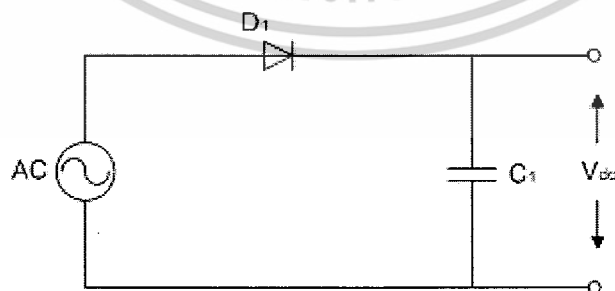


ภาพที่ 2.8 การทำงานที่ความถี่สูง

2.5.2 วงจรเรียงกระแส

วงจรเรียงกระแส เป็นวงจรทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง
หรือทำให้ไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ในช่วงบวกอย่างเดียว เรียกว่าการเรียงกระแส (Rectification)
วงจรเรียงกระแส นั้นจะมีไดโอดเป็นส่วนประกอบสำคัญ สามารถแบ่งได้ดังนี้

2.5.2.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

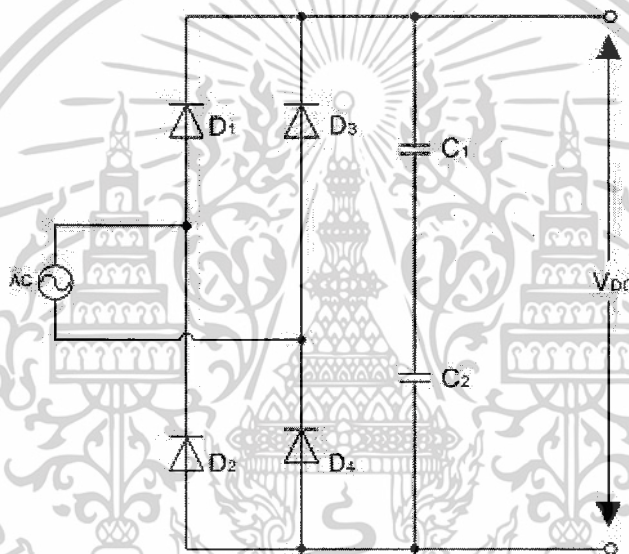


ภาพที่ 2.9 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น จะเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ตัดเอาแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้ามาอาจเป็นครึ่งบวกหรือครึ่งลบแล้วแต่การจัดวงจรไดโอด แรงดันที่ส่งออกเอาท์พุทจะเป็นช่วงๆ คือช่วงมีแรงดันและช่วงไม่มีแรงดันสลับกันไป วงจรประกอบด้วยไดโอดตัวเดียวดังภาพที่ 2.9 การทำงานของวงจรไฟกระแสสลับจะมาปรากฏที่ขาแอนโอด โดยไดโอดจะยอมให้กระแสไหลผ่านได้ทางเดียว คือช่วงที่ได้รับไบอัสตรง ดังนั้นวงจรจะมีกระแสไหลเพียงช่วงบวกของไฟสลับเท่านั้น ถ้าช่วงลบจะไม่มีกระแสไหล แรงไฟตรงที่เอาท์พุทนี้ยังนำไปใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไม่ได้ เพราะเป็นไฟตรงที่ไม่เรียบพอ (Pulse D.C) จึงต้องมีการกรอง (Filter) ให้เรียบโดยใช้ตัวเก็บประจุทำหน้าที่กรอง

2.5.2.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น



ภาพที่ 2.10 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น จะสามารถเรียงแรงดันไฟสลับให้ออกเอาท์พุทได้ทั้งช่วงบวกและช่วงลบของแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้ามาที่อินพุทของวงจร โดยไม่มีส่วนใดของแรงดันไฟสลับถูกตัดทิ้งไป ลักษณะของวงจรจะใช้บริดจ์ไดโอด ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟสลับเป็นสัญญาณไฟตรง วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นสามารถจ่ายกระแสได้เรียบและสูงกว่าวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

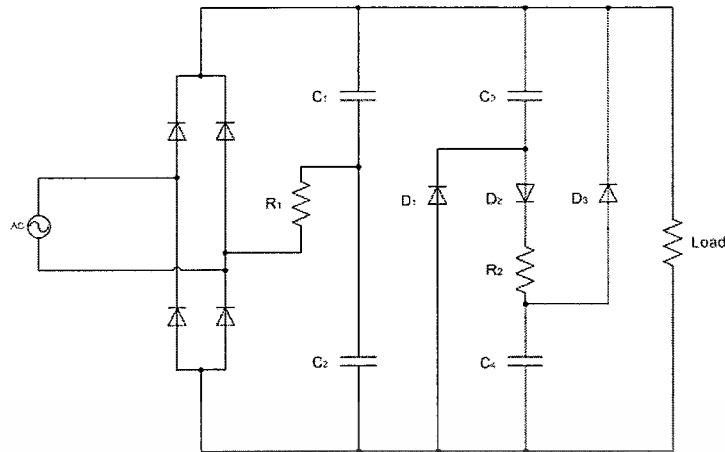
หลักการทํางานของวงจรเรียงกระแสพิเศษเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอด

1. การทํางานของไดโอดจะนำกระแสเป็นคู่โดยไดโอด D_1 และ D_2 ทํางานคู่กันและ D_3 D_4 ทํางานคู่กัน เป็นผลทำให้กระแสไหลจะเป็นบวกหรือเป็นศูนย์
2. เมื่อไดโอด D_1 และ D_2 นำกระแสแรงดันตกคร่อมไหลจะเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่าย เมื่อไดโอด D_3 และ D_4 นำกระแสแรงดันคร่อมไหลจะตรงกันข้ามกับแรงดันของแหล่งจ่ายคือ $-V_s$
3. ค่าแรงดันไบอัสย้อนกลับสูงสุดที่ตกคร่อมไดโอด จะมีค่าเท่ากับค่ายอดของแรงดันจากแหล่งจ่าย กล่าวคือเมื่อไดโอด D_1 นำกระแสและแรงดันตกคร่อม D_3 จะตรงกันข้ามกับแรงดันของแหล่งจ่าย
4. กระแสที่ไหลจากแหล่งจ่ายเข้าไปในวงจรบริดจ์ไดโอดคือ $i_{D1} - i_{D4}$ ทำให้ค่ากระแสแหล่งจ่ายเป็นศูนย์
5. ค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยของกระแสจากแหล่งจ่ายจะเท่ากับค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของกระแสไหล
6. ความถี่ของแรงดันต้านออกเป็นสองเท่าของความถี่ของแรงดันจากแหล่งจ่ายโดยที่แรงดันฮาร์มอนิกส์จะประกอบไปด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและฮาร์มอนิกส์ลำดับคู่

2.5.3 วงจรแก้ไขค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor Correction)

การปรับปรุงแบบพาสซีฟ (Passive Method)

หลักการใช้ ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุในการลดทอนความผิดเพี้ยนของสัญญาณให้ใกล้เคียงกับรูปไซน์ ในการกำจัดกระแสฮาร์มอนิกส์ที่ความถี่สูง โดยนำตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายแรงดันทำให้กระแสฮาร์มอนิกส์ที่ความถี่สูงไม่สามารถผ่านได้ ส่วนตัวเก็บประจุถ้าต่อขนานกับสายด้านเข้ากระแสฮาร์มอนิกส์ที่ความถี่สูงจะทำให้ลัดลงกราวด์เพราะอิมพีแดนซ์ของตัวเก็บประจุต่ำ



ภาพที่ 2.11 วงจรวัลเลย์ฟิล

ตาราง ที่ 2.2 เปรียบเทียบระหว่างการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังแบบพาสซีฟและแอกทีฟ

	แบบพาสซีฟ	แบบแอกทีฟ
ราคา	ถูก	แพงกว่า
ประสิทธิภาพ	PF ต่ำกว่า	PF สูงกว่า
ข้อจำกัดด้านแรงดัน	ปรับได้ในช่วงแคบ	สามารถปรับเพิ่มได้ สูง

2.5.4 วงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

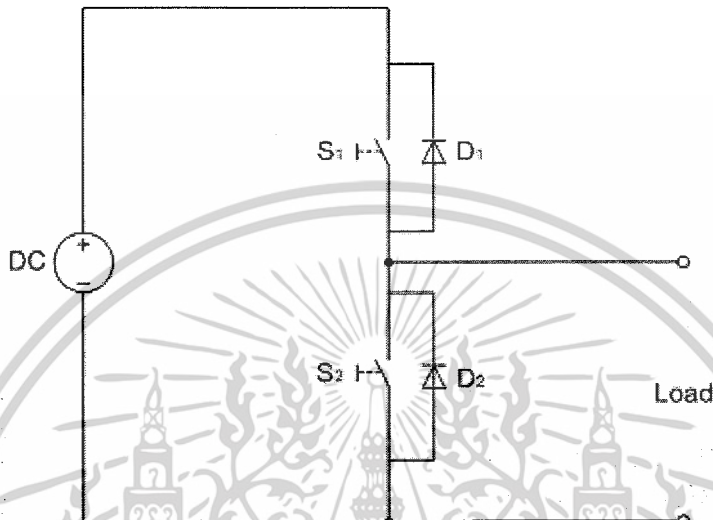
วงจรอินเวอร์เตอร์ เป็นวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ความถี่สูง มีอยู่หลายรูปแบบ ได้แก่

1. ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ (Flyback Converter)
2. ฟอว์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ (Forward Converter)
3. พูช-พูลคอนเวอร์เตอร์ (Push-Pull Converter)
4. ฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Half-Bridge Converter)
5. ฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full-Bridge Converter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.1 วงจรฮาล์ฟบริดจ์ (Half Bridge Inverter)

เป็นวงจรที่สลับกันทำงานทีละครึ่งไซเคิลของอุปกรณ์สวิตช์แรงดันที่ตกรวมอุปกรณ์จะมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของแรงดันอินพุต โดยจะมีสวิตช์ S_1 และ S_2 ทำงานสลับกันที่ความถี่สูงดังที่แสดงในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 วงจรฮาล์ฟบริดจ์

ข้อดีของวงจรฮาล์ฟบริดจ์ (Half Bridge Inverter)

1. ค่าแรงดันที่ตกรวมตัวสวิตช์ซึ่งขณะหยุดนำกระแสมีค่าเท่ากับค่าแรงดันที่ด้านอินพุต
2. กระแสที่ได้ด้านเอาต์พุตค่อนข้างเรียบ
3. ใช้มอสเฟตเพียง 2 ตัว จึงประหยัดกว่าวงจรแบบฟูลบริดจ์ และสามารถให้กระแสไหลผ่านโหลดเป็นรูปคลื่นไซน์ได้
4. การออกแบบขั้วนำสวิตช์ไม่ยุ่งยาก

2.5.5 วงจรเรโซแนนท์ (Resonant)

วงจรเรโซแนนท์ คือ วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าด้วยหลักการการทำให้วงจรที่ประกอบไปด้วย R, L, C ค่าต่างๆมีผลตอบสนองเสมือนมีเฉพาะ R ที่เกิดขึ้น ณ ความถี่เฉพาะค่าหนึ่งที่ทำให้ค่า X_C และ X_L เท่ากัน ค่าความถี่นั้นเราเรียกว่า ความถี่เรโซแนนท์ (f) วงจรเรโซแนนท์สามารถต่อได้สามแบบคือ แบบอนุกรมกับโหลด (Series loaded Resonant : SLR), แบบ

ขนานกับโหลด (Parallel loaded Resonant :PLR) และแบบอนุกรม-ขนาน (Series-Parallel loaded Resonant : SPLR)

สมการความต้านทานตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำคือ

$$X_C = \frac{1}{\omega C} , X_L = \omega L \quad (2.1)$$

สมการความถี่เรโซแนนท์คือ

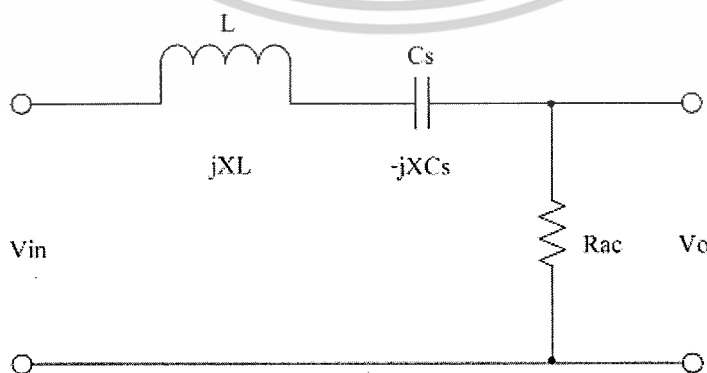
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} , C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L} , L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} \quad (2.2)$$

ถ้าต้องการให้เกิดเรโซแนนท์ต้องทำให้ค่า X_C และ X_L มีค่าเท่ากัน ซึ่งทำได้หลายวิธีเช่น ปรับความถี่ (f), ปรับค่า C หรือ ปรับค่า L

คุณสมบัติหนึ่งของวงจรเรโซแนนท์ก็คือ ค่าแฟคเตอร์คุณภาพ (Quality Factor : Q) ของวงจร เป็นปริมาณที่ใช้บอกความคมของเรโซแนนท์ (ยอดของเรโซแนนท์แคบหรือกว้าง) ซึ่งก็คือ bandwidth ของวงจรมันเอง ค่า Q นี้จะเป็นตัวชี้บอกคุณภาพของวงจรว่าสามารถทำงานได้ดีในช่วงความถี่แคบเพียงใด ถ้าค่า Q มีค่ามากแสดงว่าวงจรจะมี bandwidth น้อย ค่า Q สามารถคำนวณได้จาก

$$Q = \frac{\omega L}{R} , Q = \frac{1}{\omega CR} \quad (2.3)$$

2.5.5.1 วงจรเรโซแนนท์อนุกรมกับโหลด (Series loaded Resonant : SLR)



ภาพที่ 2.13 วงจรเรโซแนนท์อนุกรมกับโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวงจรเรโซแนนซ์อนุกรม ในสภาวะที่เกิดเรโซแนนซ์ ค่ากระแสที่ไหลในวงจรจะมีค่าสูงสุด อิมพีแดนซ์มีค่าต่ำสุดเท่ากับ R ในทางอุดมคติจะมีค่าเท่ากับ 0 โอห์ม

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (2.5)$$

เนื่องจากที่ความถี่เรโซแนนซ์ $X_L = X_C$

$$\therefore X_L - X_C = 0 \quad (2.6)$$

ดังนั้น

$$Z = R \quad (2.7)$$

จากภาพที่ 2.13 จะได้สมการแรงดันคือ

$$v_o = i_i \cdot R_{ac} \quad (2.8)$$

$$v_{in} = i_i (R_{ac} + j[X_L - X_{C_s}]) \quad (2.9)$$

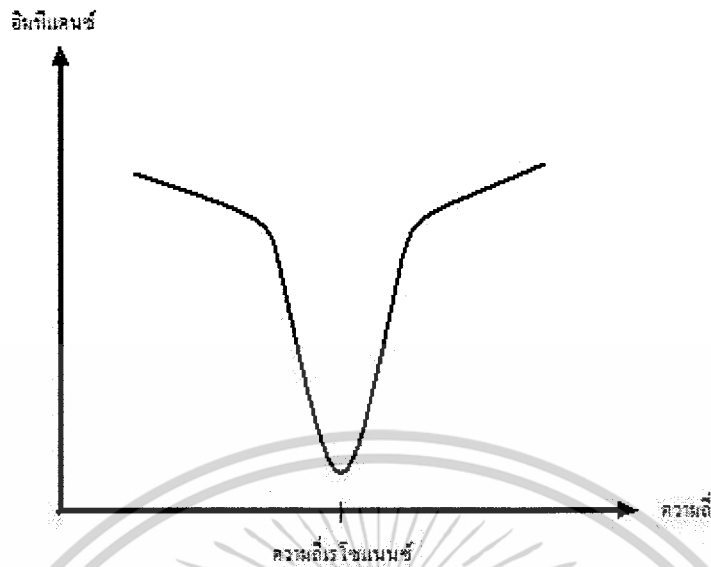
ฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจร

$$\frac{v_o}{v_{in}} = \frac{i_i \cdot R_{ac}}{i_i (R_{ac} + j[X_L - X_{C_s}])} \quad (2.10)$$

พิสูจน์สมการจะได้ฟังก์ชันถ่ายโอน

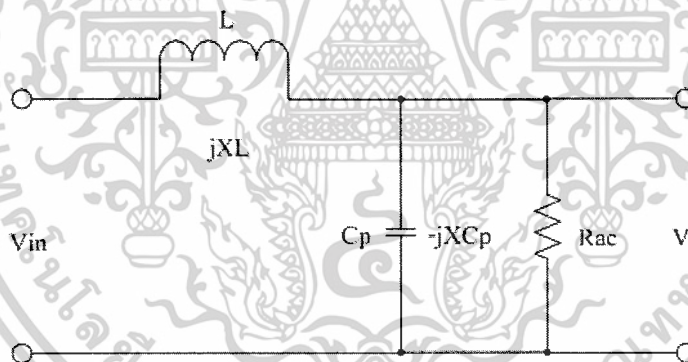
$$\frac{v_o(j\omega)}{v_{in}(j\omega)} = \frac{1}{\sqrt{1 + Q_s^2 \left[\frac{\omega}{\omega_s} - \frac{\omega_s}{\omega} \right]^2}} \quad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหามาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอิมพีแดนซ์กับความถี่ของวงจรเรโซแนนซ์อนุกรม

2.5.5.2 วงจรเรโซแนนซ์ขนานกับโหลด (Parallel loaded Resonant :PLR)



ภาพที่ 2.15 วงจรเรโซแนนซ์ขนานกับโหลด

ในวงจรเรโซแนนซ์ขนาน ในสภาวะที่เกิดเรโซแนนซ์ ค่ากระแสที่ไหลในวงจรจะมีค่าต่ำสุด อิมพีแดนซ์มีค่าสูงสุดในทางอุดมคติจะมีค่าเป็นอนันต์

$$\frac{1}{Z_{LC}} = \frac{1}{X_L} + \frac{1}{X_C} = \frac{1}{j\omega L} + j\omega C \quad (2.12)$$

$$Z_{LC} = \frac{\omega L}{1 - \omega^2 LC} \quad (2.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 2.15 จะได้สมการแรงดันคือ

$$v_o = (i_i - i_R)(-jX_{C_p}) = -(i_i - i_R)(jX_{C_p}) \quad (2.14)$$

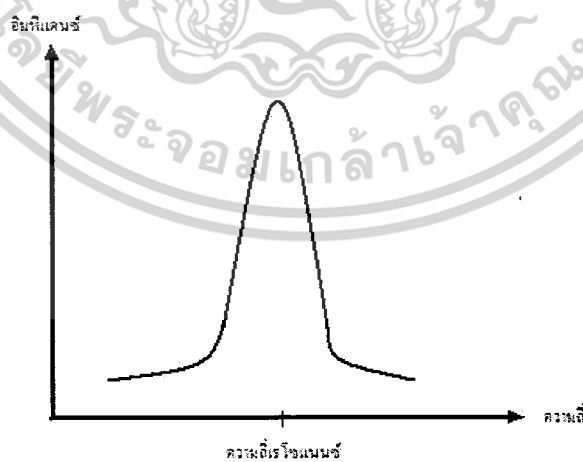
$$v_{in} = jX_L \cdot i_L - (i_i - i_R)(jX_{C_p}) \quad (2.15)$$

ฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจร

$$\frac{v_o}{v_{in}} = \frac{-(i_i - i_R)(jX_{C_p})}{(i_i - i_R)(jX_{C_p}) + jX_L \cdot i_L} \quad (2.16)$$

พิสูจน์สมการจะได้ฟังก์ชันถ่ายโอน

$$\left| \frac{v_o(j\omega)}{v_{in}(j\omega)} \right| = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_p} \right)^2 \right]^2 + \left[\frac{\omega}{\omega_p Q_p} \right]^2}} \quad (2.17)$$

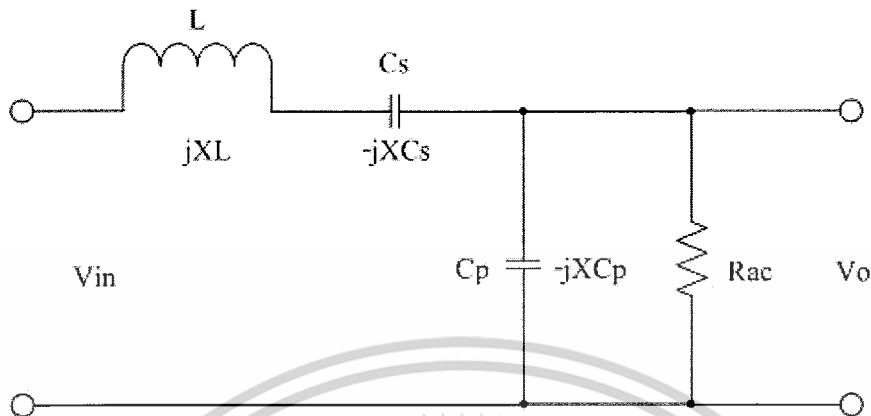


ภาพที่ 2.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอิมพีแดนซ์กับความถี่ของวงจรเรโซแนนซ์ขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5.3 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม-ขนาน (Series-Parallel loaded Resonant :

SPLR)



ภาพที่ 2.17 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม-ขนาน

ในวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม-ขนาน จะเป็นวงจรที่รวมวงจรเรโซแนนซ์อนุกรมกับวงจรเรโซแนนซ์ขนานเข้าด้วยกัน ในสภาวะที่เกิดเรโซแนนซ์ส่วนของวงจรเรโซแนนซ์อนุกรมจะมีกระแสไหลสูงสุด ส่วนด้านขนานก็จะมีกระแสไหลต่ำสุด

จากภาพที่ 2.17 จะได้สมการแรงดันคือ

$$v_o = (i_i - i_R)(-jX_{C_p}) = -(i_i - i_R)(jX_{C_p}) \quad (2.18)$$

$$v_{in} = jX_L \cdot i_L - (i_i - i_R)(jX_{C_p}) \quad (2.19)$$

ฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจร

$$\frac{v_o}{v_{in}} = \frac{-(i_i - i_R)(jX_{C_p})}{-(i_i - i_R)(jX_{C_p}) - i_i \cdot jX_{C_p} + i_i \cdot jX_L} \quad (2.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิสูจน์สมการจะได้ฟังก์ชันถ่ายโอน

$$\left| \frac{v_o(j\omega)}{v_{in}(j\omega)} \right| = \frac{1}{\sqrt{\left[2 - \left[\frac{\omega}{\omega_p} \right]^2 \right]^2 + Q_s^2 \left(\frac{\omega}{\omega_s} - \frac{\omega_s}{\omega} \right)^2}} \quad (2.21)$$

ขนาดของ C_p หาได้ดังนี้

$$C_p = \frac{i_{lamp}}{V_{lamp} \cdot 2\pi \cdot f} \quad (2.22)$$

ขนาดของ C_e หาได้ดังนี้

$$C_e = \frac{1}{L \cdot (2\pi f)^2} \quad (2.23)$$

$$(C_s \cdot C_p) - (C_s \cdot C_e) = (C_p \cdot C_e) \quad (2.24)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบวงจร

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะนำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบวงจรบัลลาสต์อีเล็กทรอนิกส์ซึ่งประกอบด้วย 4 วงจร คือ วงจรกรองอีเอ็มไอและวงจรเรียงกระแส วงจรวาลเลย์ฟิล วงจรอินเวอร์เตอร์ และวงจร LCC เรโซแนนท์

3.2 วงจรอีเอ็มไอ

Electro Magnetic Interference (EMI) เป็นวงจรกรองความถี่รบกวนที่เกิดจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า อุปกรณ์ที่ใช้ทำ Filters จะไม่ต่อกับ Resistor เพราะจะทำให้เกิดความร้อน (Loss) ได้ ในการออกแบบ EMI Filter จะต้องคำนึงถึงการเกิดของ Insertion Loss และ Attenuation ของระบบที่จะเกิดขึ้นด้วย โดยในโครงการนี้ได้เลือกใช้อีเอ็มไอฟิลเตอร์แบบ Typical Commercial Filter ที่หาซื้อได้ตามท้องตลาด ซึ่งเป็นวงจร Comercial filter with capacitors to ground

Typical Commercial Filter เป็นตัวกรองชนิดหนึ่งที่ถูกใช้ร่วมกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ และอุปกรณ์ทางอีเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ที่มีขายตามท้องตลาด ซึ่งในที่นี่ทางผู้ผลิตเองได้ผ่านการทดสอบมาแล้วสำหรับ UL, TUV, VDE, CSA และ FCC ซึ่งการทดสอบนี้ใช้ EMI test house ซึ่งจะช่วยให้ผู้ผลิตเกี่ยวกับการเตรียมเอกสารทั้งหมดที่มีความจำเป็นต่อผู้แทนขายต่างๆ ตัวกรองเหล่านี้จะถูกสมมูลเข้าด้วยกันระหว่าง π type และมักถูกซื้อจากผู้แทนจำหน่ายภายนอกหรือที่ผลิตจากต่างประเทศ ตัวกรองชนิดนี้ตามหลักแล้วจัดเป็นโหมดปกติที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุที่อยู่ตรงข้ามกับอินพุตและเอาต์พุตจากสายไฟสู่สายกราวด์ (Hot to Neutral) และตัวเก็บประจุอีก 2 ตัวไปสู่สายกราวด์ซึ่งเป็นการจำกัดการพบกระแสรั่วไหล (leakage current) ได้มากที่สุดสำหรับผู้แทนขายที่ต้องการอุปกรณ์ที่มีความทนทาน ค่าความเหนี่ยวนำรั่วไหล (leakage inductance) มักถูกทำให้สูงขึ้นโดยการเพิ่มวงแหวนเล็กๆ ที่ศูนย์กลางของแกนโดยการแยกขดลวดออกเป็น 2 ขด ซึ่งสามารถทำได้โดยการพันขดลวดทั้ง 2 คนให้ยาวเท่าที่จะทำได้บนแกนเฟอร์ไรต์ทอรอยด์ (ferrite toroid core) ในบางครั้งเทคนิคเหล่านี้ได้เพิ่มโหมดที่แตกต่างต่อเข้าไปกับตัวกรองโหมดปกติโดยการเพิ่มค่าความเหนี่ยวนำรั่วไหล หรือเพิ่มตัวเหนี่ยวนำเข้าไปในทั้งสองเส้น ซึ่งก็คือเป็นการสร้างสมมูล π type ร่วมกันกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดปกติและโหมดที่ต่างออกไป นอกจากนี้ในวงจรยังประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ วาริสเตอร์และตัวเหนี่ยวนำโดย

วาริสเตอร์ เป็นตัวป้องกันวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันมาก ๆ ซึ่งก็คือตัวต้านทานที่แปรค่าตามแรงดันนั้นใช้ป้องกันแรงดันเกิน วาริสเตอร์จัดเป็นตัวต้านทานไม่เป็นเชิงเส้นซึ่งโครงสร้างภายในผลิตจากซิลิกอนคาร์ไบด์ สังกะสีออกไซด์ (Zincite) หรือไททาเนียมออกไซด์ ลักษณะเด่นของตัวต้านทานที่แปรค่าตามแรงดันนี้คือคุณสมบัติระหว่างความต้านทานต่อแรงดัน จะสมมาตรกันและจะไม่ขึ้นกับขั้วของแรงดันด้วย ถึงแม้ว่าในความเป็นจริงแล้วหน้าสัมผัสเดี่ยวใด ๆ ของสารที่ใช้ทำตัวต้านทานจะยอมให้กระแสไหลผ่านทางเดียวก็ตาม แต่การกระจายอย่างไม่เป็นระเบียบของหน้าสัมผัสจำนวนมากซึ่งต่ออนุกรมและขนานกันมีผลทำให้เกิดการเรียงกระแสในทิศทางตรงข้ามมีจำนวนเท่าๆกัน ดังนั้นตัวต้านทานชนิดนี้จึงสามารถนำไปใช้งานเกี่ยวกับไฟกระแสสลับ ซึ่งไดโอดที่นำมาใช้ป้องกันวงจรทั่วไปไม่สามารถใช้งานได้ การทำงานของวาริสเตอร์นั้นสามารถเข้าใจง่ายโดยพิจารณาว่าเป็นซีเนอร์ไดโอด 2 ตัวต่อหลังชนกัน เมื่อค่าแรงดันที่ป้อนให้วาริสเตอร์ ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ กระแสจะไหลได้น้อย เนื่องจากความต้านทานสูง เมื่อแรงดันเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานจะลดลงและกระแสเพิ่มขึ้นอย่างเอกซ์โพเนนเชียล ในการเลือกใช้ชนิดของวาริสเตอร์ให้เหมาะสมกับงานนั้นต้องรู้ข้อมูลของมันบางอย่างดังนี้

1) ระดับแรงดันช่วงวาริสเตอร์เริ่มทำงาน ซึ่งความแหลมของช่วงแรงดันนี้ เป็นคุณสมบัติของสารที่ใช้ทำยกตัวอย่างเช่น วาริสเตอร์ที่ทำจากสังกะสี ออกไซด์ จะมีช่วงแรงดันที่แหลมกว่าชนิดที่ทำจากซิลิกอนคาร์ไบด์ ส่วนวาริสเตอร์ที่ทำจากไททาเนียมออกไซด์จะมีช่วงแรงดันค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 2.7 โวลต์) แรงดันที่ช่วงวาริสเตอร์เริ่มทำงานนี้จะถูกกำหนดมาสำหรับค่ากระแสที่เหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าของวาริสเตอร์

2) ค่ากระแสสูงสุด หรือ พลังงานของพัลส์สูงสุด ซึ่งสามารถแผ่กระจายออกไป โดยค่าพลังงานของพัลส์สูงสุดนี้เป็นตัวแปรที่สำคัญสูงสุดในวงจรป้องกัน

3) การใช้งานอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีความสำคัญเมื่อเวลาใช้วาริสเตอร์ในวงจรรักษา ระดับแรงดัน หรือวงจรที่มีอัตราการส่งพัลส์อย่างเร็วมาก

ตัวเหนี่ยวนำในวงจรจะใช้ตัวเหนี่ยวนำขนาด 2.25 mH ซึ่งจะต่ออนุกรมกับวงจรซึ่งจะต้องใช้เส้นลวดที่ทนกระแสสำหรับจ่ายโหลดได้

3.3 วงจรเรียงกระแส

ในโครงการนี้ได้เลือกวงจรเรียงกระแสชนิดเต็มคลื่นแบบบริดจ์ 1 เฟส ในวงจรจะใช้ ไดโอดกำลัง 4 ตัว ในการเลือกใช้ไดโอดกำลังนั้นจะมีคุณสมบัติสำคัญ 5 ประการคือ

1. ต้องสามารถทนกระแสกระชากได้ (Inrush ; I_{FSM}) กระแสกระชากจะเกิดขึ้นเมื่อเริ่มเปิดสวิตช์จ่ายไฟให้วงจร ซึ่งในขณะนั้นตัวเก็บประจุไม่มีประจุอยู่เลยค่าความต้านทานของวงจรจะต่ำมาก คือมีความต้านทานแฝงในตัวเก็บประจุ (ESR) กับ R_s เท่านั้น

$$\text{กระแสกระชาก } I_{FSM} = \frac{V_{out(DC)}}{R_s + ESR} \quad (3.1)$$

2. ต้องสามารถทนกระแสสูงสุดได้ชั่วขณะ (I_{FRM}) เป็นกระแสสูงสุดที่เกิดขึ้นขณะชาร์จตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ก็จะทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวไดโอดจะเกิดในระยะเวลาสั้นๆโดยทั่วไปจะกำหนดจากวงจรรอบการทำงานของไฟกระแสสลับ (1/50 วินาที หรือ 20 มิลลิวินาที) กระแสจำนวนนี้มีค่าสูงมากและไม่ใช้กระแสตอนปฏิบัติงานจริง
3. อัตราทนกระแสไบแอสตรง (Forward Bias : I_{FM}) เป็นค่ากระแสสูงสุดที่ไดโอดทนได้โดยไม่พังเสียก่อน โดยทั่วไปควรมีค่ามากกว่า 1.5 ถึง 2 เท่าของกระแสปกติ
4. อัตราการทนแรงดันไบแอสกลับสูงสุด (Peak Reverse Bias : PRB) หรืออัตราการทนแรงดันย้อนกลับสูงสุด (Peak Inverse voltage : VIP) เมื่อเราต่อไดโอดแบบบริดจ์จะมีแรงดันตกคร่อมไหลดเมื่อไบแอสกลับเท่ากับแรงดันที่เอาท์พุทของวงจร แต่เมื่อต่อแบบเรกติไฟร์จะพบว่าแรงดันไบแอสกลับจะเป็น 2 เท่าของแรงดันสูงสุดตามปกติและเป็น 2.83 เท่า ของแรงดัน RMS
5. กระแสรั่วไหล (Leakage Current) เป็นค่ากระแสที่ไหลเมื่อไดโอดในวงจรเรียงกระแสได้รับไบแอสกลับ ซึ่งค่านี้โดยทั่วไปแล้วมีค่าน้อยมากเท่าใดก็จะดีเท่านั้น

ดังนั้นไดโอดที่ใช้ในโครงการจะเป็นไดโอดกำลังชนิดเต็มคลื่นแบบบริดจ์ดังแสดงโดยพิภพกำลังหาได้ตามสมการต่อไปนี้

$$P_{in} = V_{in} \cdot I_{in} \cdot \cos\theta \quad (3.2)$$

ตามคุณลักษณะบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่กำหนดไว้เป็น

พิกัดการทำงานของบัลลาสต์	250	วัตต์
ต้านอินพุตรับไฟฟ้ากระแสสลับ	220	โวลต์
ตัวประกอบกำลังมีค่า	0.95	

จากสมการดังกล่าว จะได้กระแสที่ไหลผ่านไดโอด 1.20 แอมป์ แต่เนื่องจากวงจรดังกล่าวมีการทำงานแบบสวิตชิ่งซึ่งดังนั้นจึงกำหนดให้ไดโอดทำงานที่ 70 % ของพิกัดตัวเอง จะได้ว่าไดโอดที่ควรเลือกมาใช้งานจะมีพิกัดกระแสอยู่ที่ 2.04 แอมป์ ดังนั้นจึงเลือกไดโอดบริดจ์ KBL 400 V 6 A ซึ่งหาซื้อตามท้องตลาดได้ง่าย

3.4 วงจรบาลเลย์ฟิล

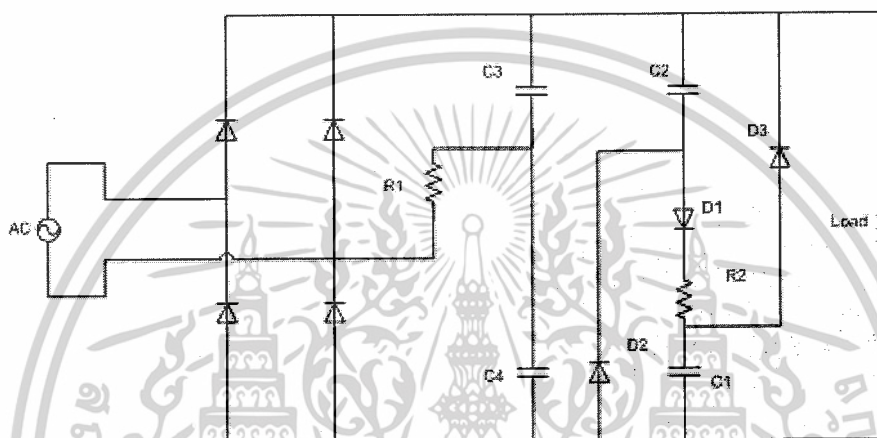
มีหน้าที่ช่วยเพิ่มค่า PF โดยใส่ระหว่างบริดจ์ไดโอดกับโหลด เลือกใช้ไดโอด mur 4100 ทนกระแส 4 A, แรงดัน 1000 V ใช้ C1, C2 = 68 μ F, C3, C4 = 1 μ F, R1 = 15 Ω , R2 = 220 Ω

ตารางที่ 3.1 ผลการ simulate

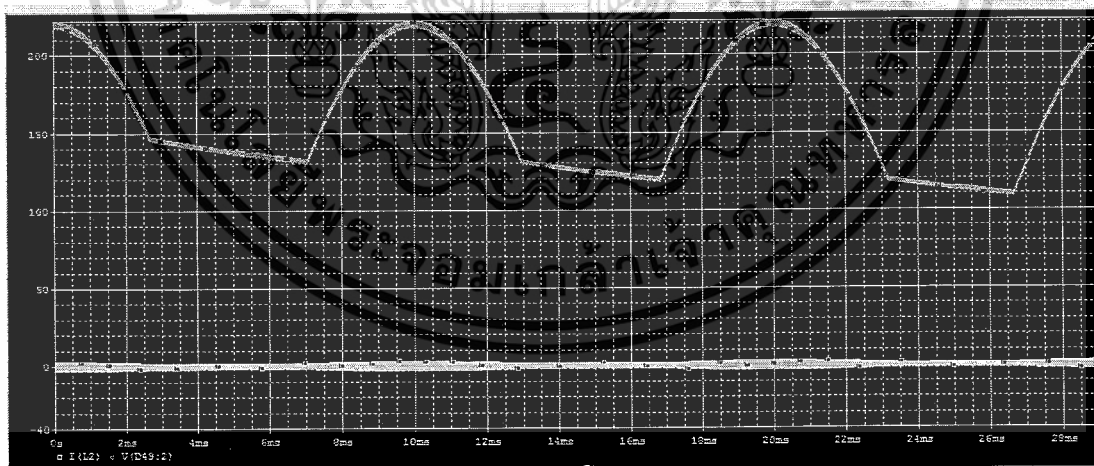
Harmonic	R1 = 15 Ω , R2 = 220 Ω , C1,2 = 68 μ F		
	C3,4 = 47 μ F	C3,4 = 1 μ F	C3,4 = 2 μ F
I ₁	402mA	419mA	466mA
I ₃	13%	7.10%	4.20%
I ₅	9.40%	3.80%	5.30%
I ₇	1.10%	2.30%	7.20%
I ₉	5.40%	5.20%	7.20%
I ₁₁	4.40%	4.30%	5.10%
I ₁₃	1.20%	1.80%	3.20%
I ₁₅	0.50%	0.60%	2.50%
I ₁₇	0.20%	0.90%	3%
I ₁₉	1.10%	1.70%	3%
THD%	17.64%	11.70%	15%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน เป็นวงจรที่ประกอบไปด้วย $C_{\text{electrolyte}}$: C1, C2 ไดโอด : D1-D3 และ R1, R2 ดังรูป 3.1 C1, C2 จะถูก Charge กระแสผ่าน D1, D3 ในช่วง Valley Region เป็นช่วง $V = \frac{V_{\text{line, peak}}}{2}$ มีคาบ = V_{line} จะช่วยลดความผิดเพี้ยน (distortion) ของสัญญาณ กระแสต้านเข้า ให้มีค่าใกล้เคียงสัญญาณ Sine ซึ่งจะทำให้กระแสฮาร์มอนิกส์ลดลง ช่วยปรับปรุงค่า Power factor ของวงจรขึ้น

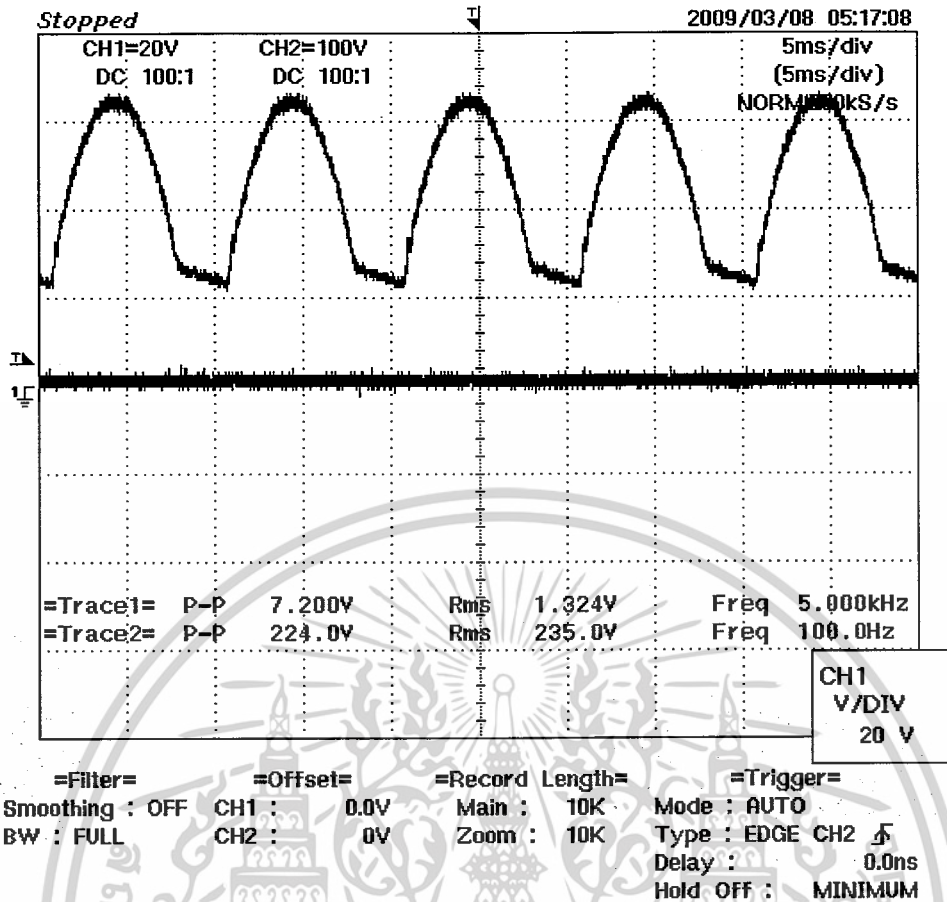


ภาพที่ 3.1 วงจรวาลเลย์ฟิล



ภาพที่ 3.2 ผลการ simulate วงจรวาลเลย์ฟิล

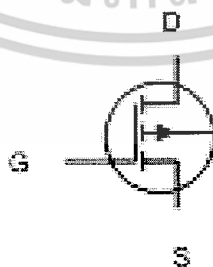
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 รูปผลการทดลองวงจรวาลเลย์ฟิล

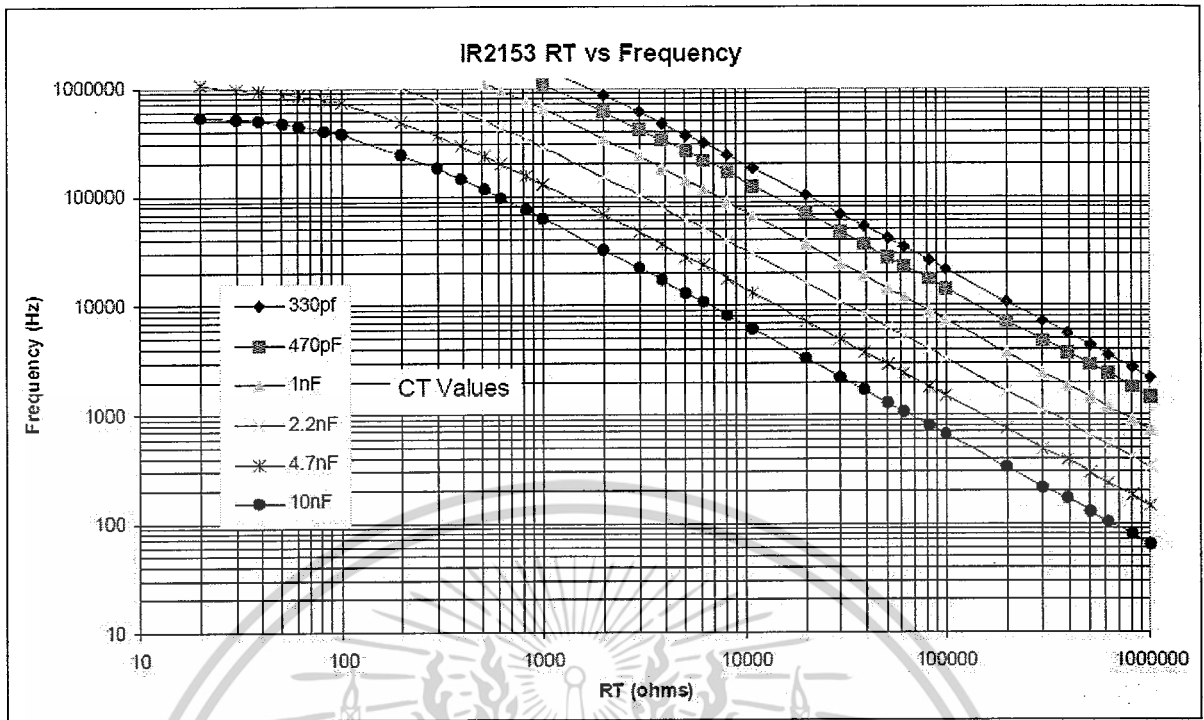
3.5 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฮาฟบริดจ์

ใช้แปลงไฟฟ้าแรงดันกระแสตรงเป็นไฟฟ้าแรงดันกระแสสลับความถี่สูง โดยเลือกใช้ ไอซี IR2513 สร้างสัญญาณและขับมอสเฟตที่ความถี่ 65 kHz โดยเลือกใช้มอสเฟตเบอร์ IRF840 ทนกระแสได้ 8 A , 500 V , $R_{DS(on)} = 0.8 \Omega$, $V_{GS} = 10 \text{ V}$

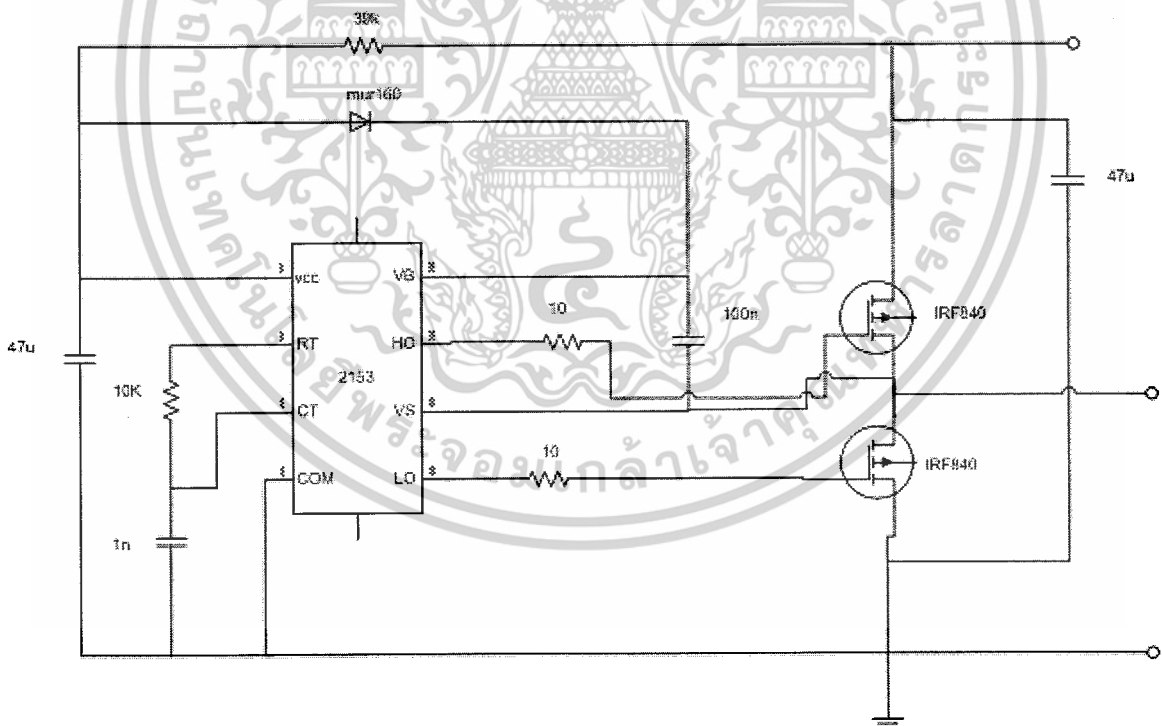


ภาพที่ 3.4 วงจรมอสเฟต IRF840

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

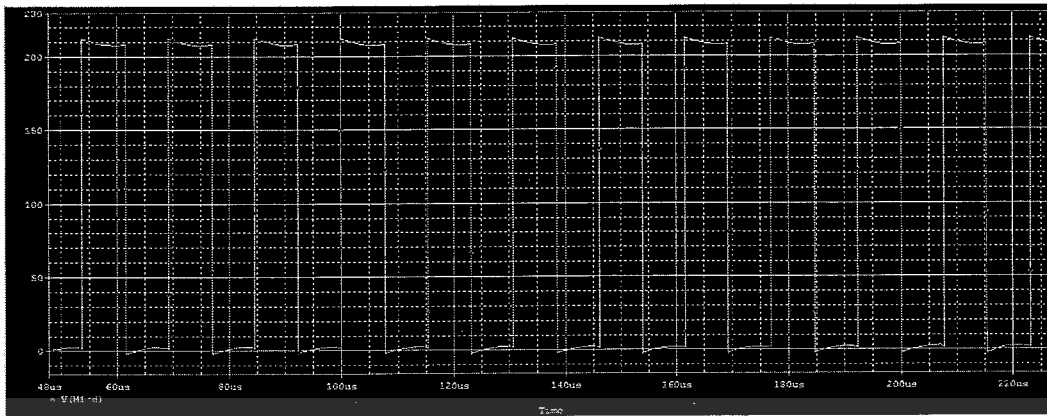


ภาพที่ 3.5 แสดงการปรับความถี่โดยใช้ตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ

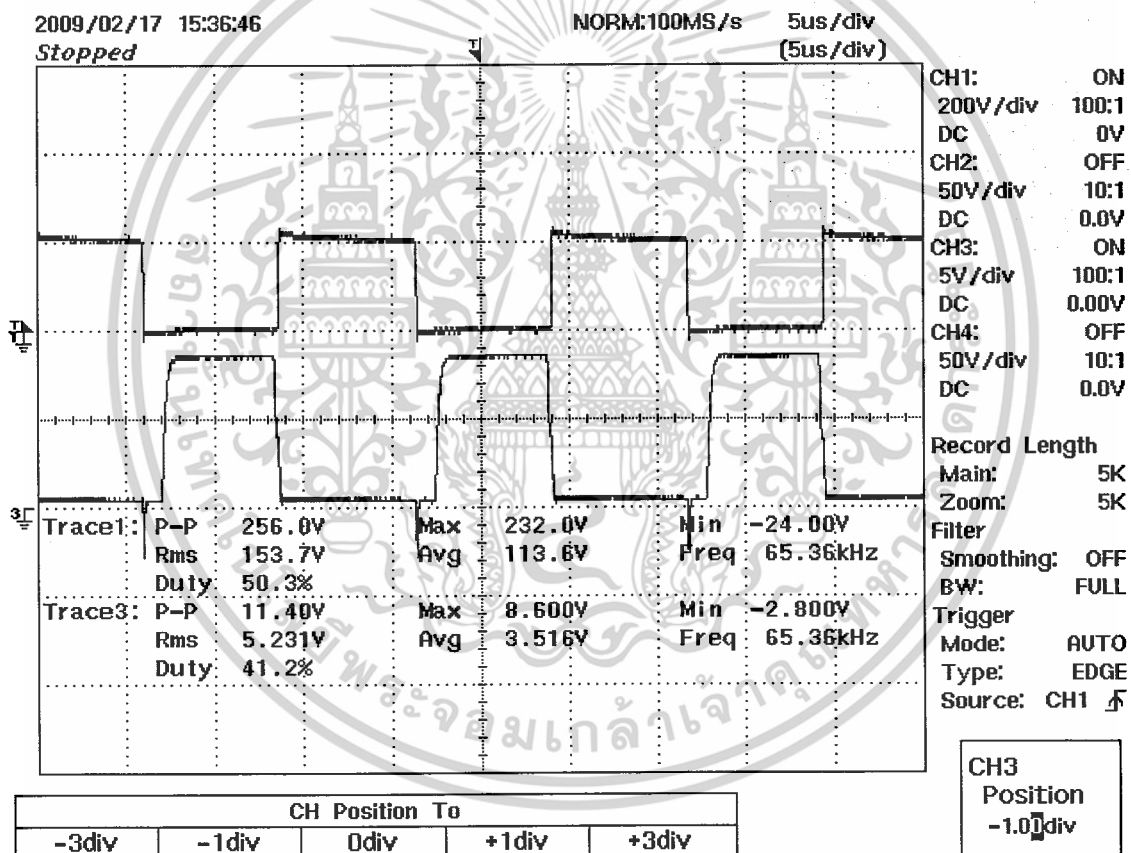


ภาพที่ 3.6 การต่อสัญญาณให้กับมอสเฟสด้วย IR2153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

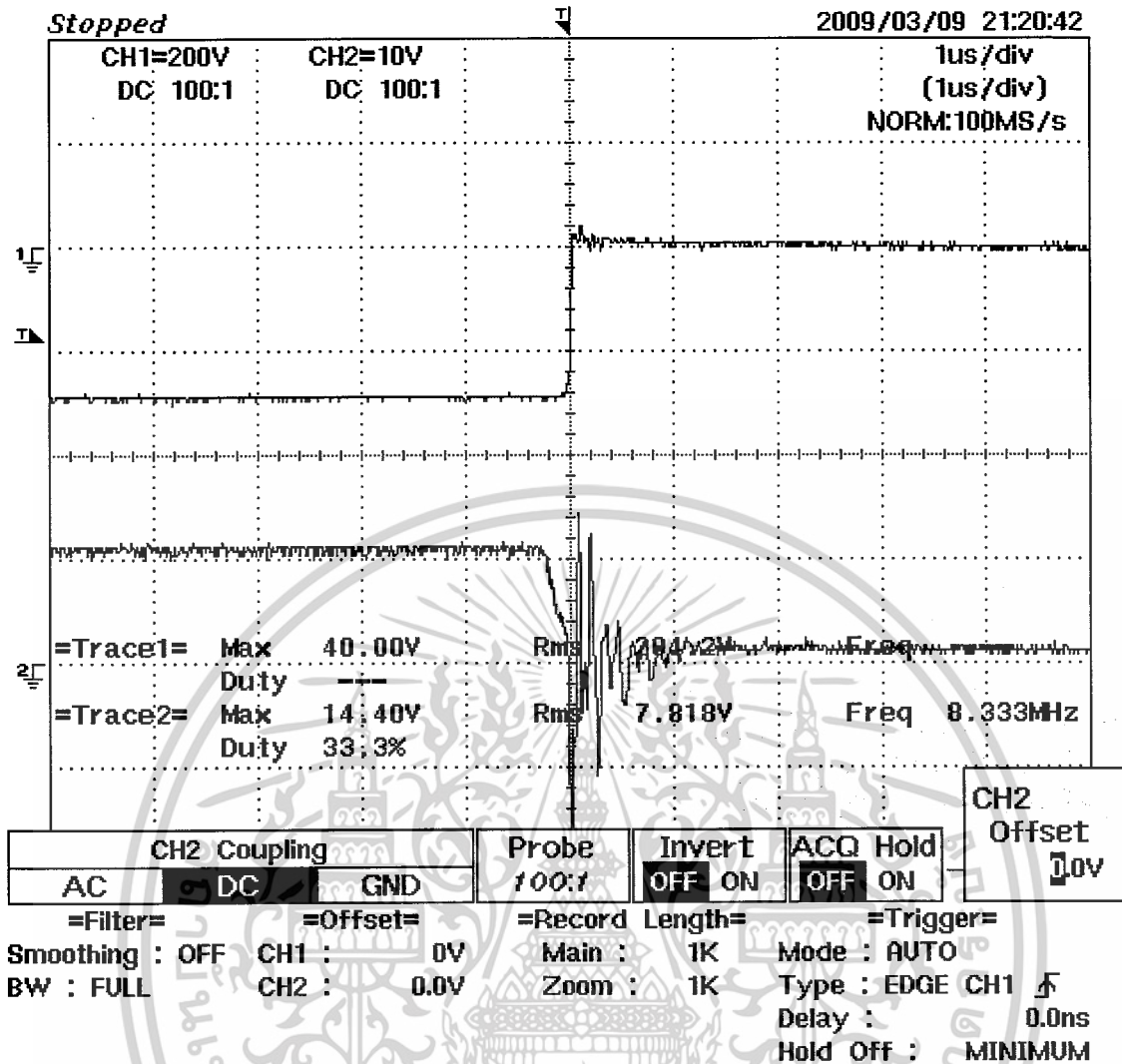


ภาพที่ 3.7 ผลการ Simulate วงจรอินเวอร์เตอร์



ภาพที่ 3.8 แรงดันออกจากวงจรอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.9 Dead Time ของสัญญาณ

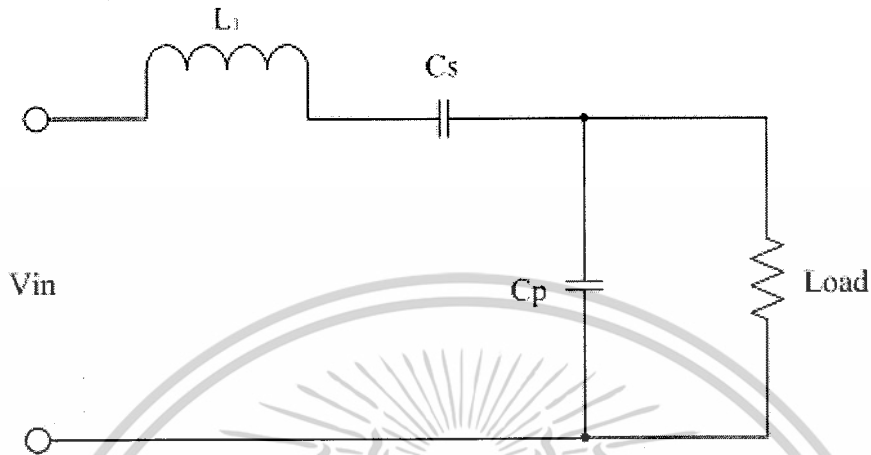
3.6 วงจรจุดหลอด

สำหรับการจุดหลอดโซเดียมความดันสูงนั้นจะใช้วงจรเรโซแนนท์เข้ามาช่วย วงจรเรโซแนนท์แบบอนุกรมกับโหลด (SLR) นั้นจะให้อัตราขยาย (gain) ได้มากที่สุดไม่เกินหนึ่ง การนำมาใช้จุดหลอดนั้นแรงดันขาเข้าต้องมีค่ามากกว่าแรงดันที่ใช้ในการจุดหลอดโซเดียมความดันสูงหรืออาจจำเป็นต้องใช้หม้อแปลงปรับให้แรงดันสูงขึ้นเพื่อช่วยจุดหลอด สำหรับวงจรเรโซแนนท์แบบขนานกับโหลด (Parallel loaded Resonant: PLR) สามารถให้อัตราขยายมากกว่าหนึ่งได้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามหากแรงดันขาเข้าต่ำ ก็อาจทำให้แรงดันขาออกมีค่าไม่มากพอที่จะจุดหลอด จำเป็นต้องใช้หม้อแปลงปรับแรงดันสูงขึ้นเพื่อช่วยในการจุดหลอด

ในโครงการนี้จึงเลือกใช้วงจรเรโซแนนท์แบบอนุกรม-ขนาน (Series-Parallel loaded Resonant: SPLR) ซึ่งค่า Q นั้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความต้านทานของโหลด ซึ่งจะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันต้านออกมีค่าสูงมากพอในการจุดหลอดและอัตราขยายที่ได้จะมีค่ามากทำให้เหมาะที่จะนำไปใช้งานกรณีที่มีแรงดันต้านเข้ามีค่าต่ำ



ภาพที่ 3.10 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม-ขนาน

C_p จะถูกชาร์จประจุจนเต็ม C_p จะคายประจุไปที่หลอดซึ่งมีขนาด 1,000 – 2,000 V ซึ่งมากพอจุดหลอดได้ ถึงที่ความถี่เรโซแนนซ์ C_p ที่ต่อขนานอยู่จะมีอิมพีแดนซ์สูงมากจนเหมือนเปิดวงจรอยู่ในขณะที่ L และ C_s จะเป็นส่วนที่ดึงกระแสและแรงดันให้เพียงพอจ่ายกับหลอดต่อไป

ตามมาตรฐาน IEC929 ได้กำหนดความถี่เรโซแนนซ์สำหรับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ไว้ว่าควรมีค่าอยู่ในช่วง 25 - 75 kHz ในโครงการนี้เลือกที่ความถี่เรโซแนนซ์เท่ากับ 65 kHz

จากข้อมูลหลอดโซเดียมความดันสูง 250 วัตต์ มีพิกัดกระแสที่หลอดเท่ากับ 2.0 A และพิกัดแรงดันคร่อมหลอดเท่ากับ 125 V และกำหนด $L = 232 \mu H$

จากสมการที่ (2.22)

$$C_p = \frac{i_{lamp}}{V_{lamp} \cdot 2\pi \cdot f} \quad \text{จะได้ } C_p = 38 \text{ nF}$$

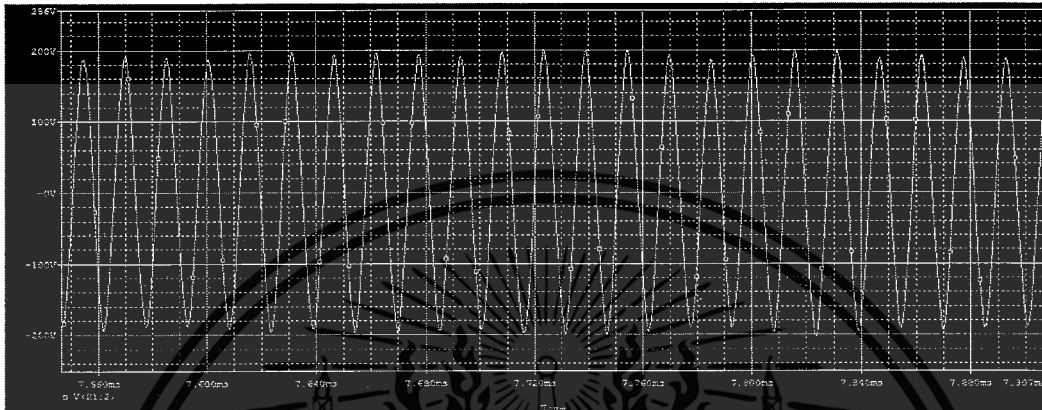
จากสมการที่ (2.23)

$$C_e = \frac{1}{L \cdot (2\pi f)^2} \quad \text{จะได้ } C_e = 25 \text{ nF}$$

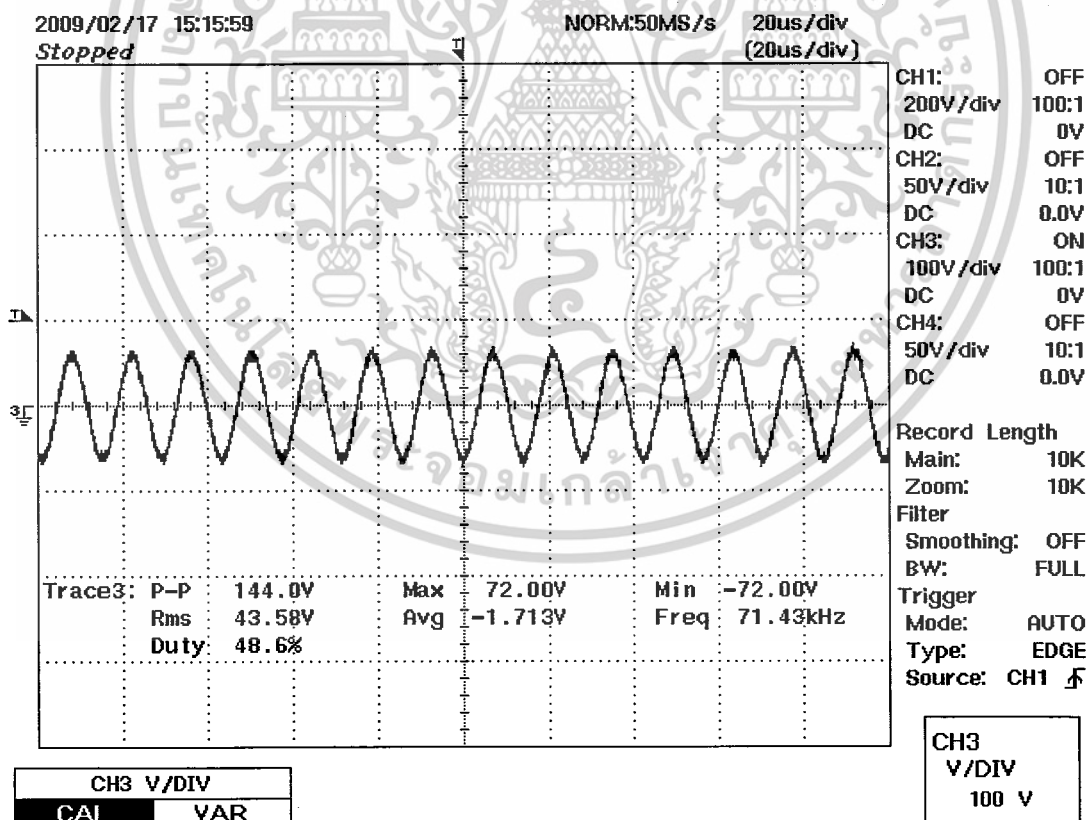
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (2.24)

$$(C_s \cdot C_p) - (C_s \cdot C_e) = (C_p \cdot C_e) \quad \text{จะได้ } C_s = 80 \text{ nF}$$

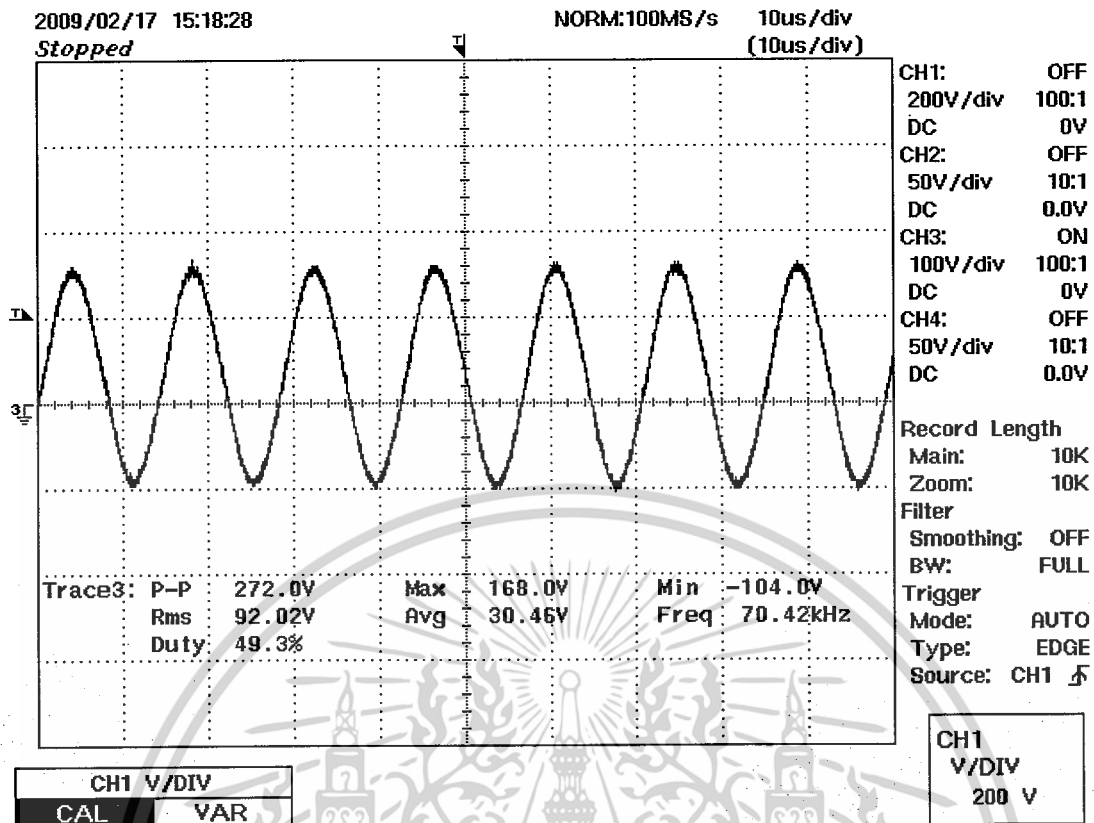


ภาพที่ 3.11 ผลการ Simulate วงจร LCC เรโซแนนท์

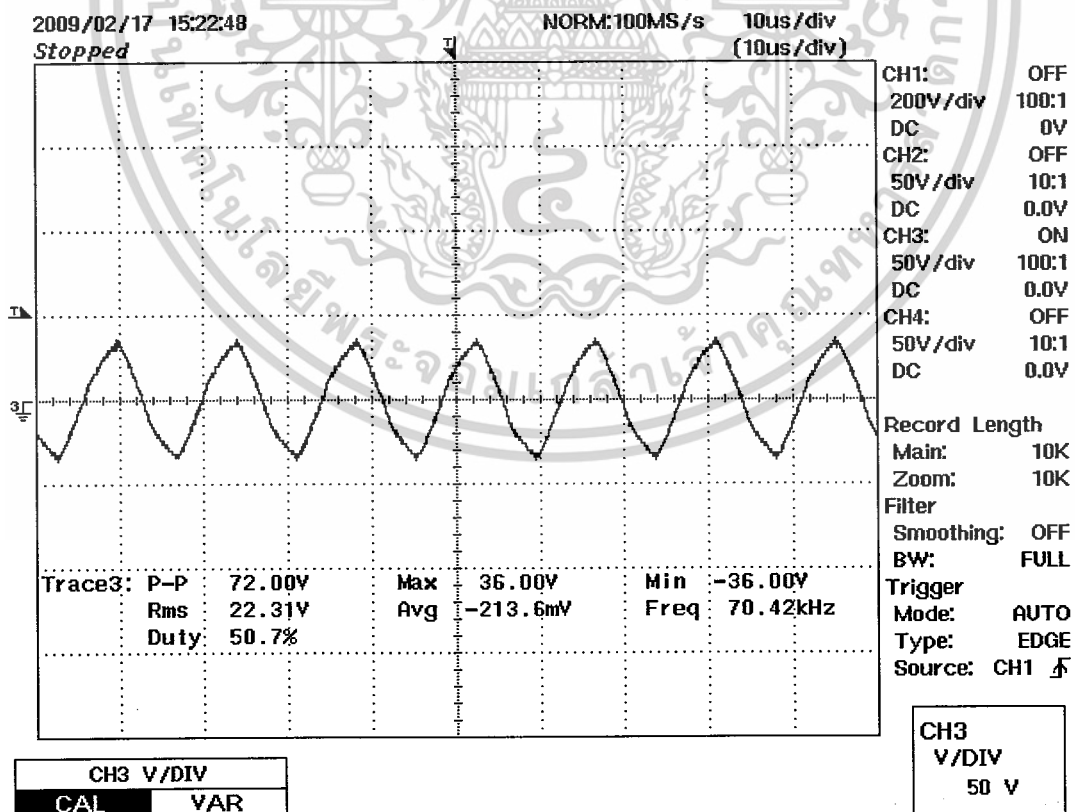


ภาพที่ 3.12 แรงดันอินพุต 60 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

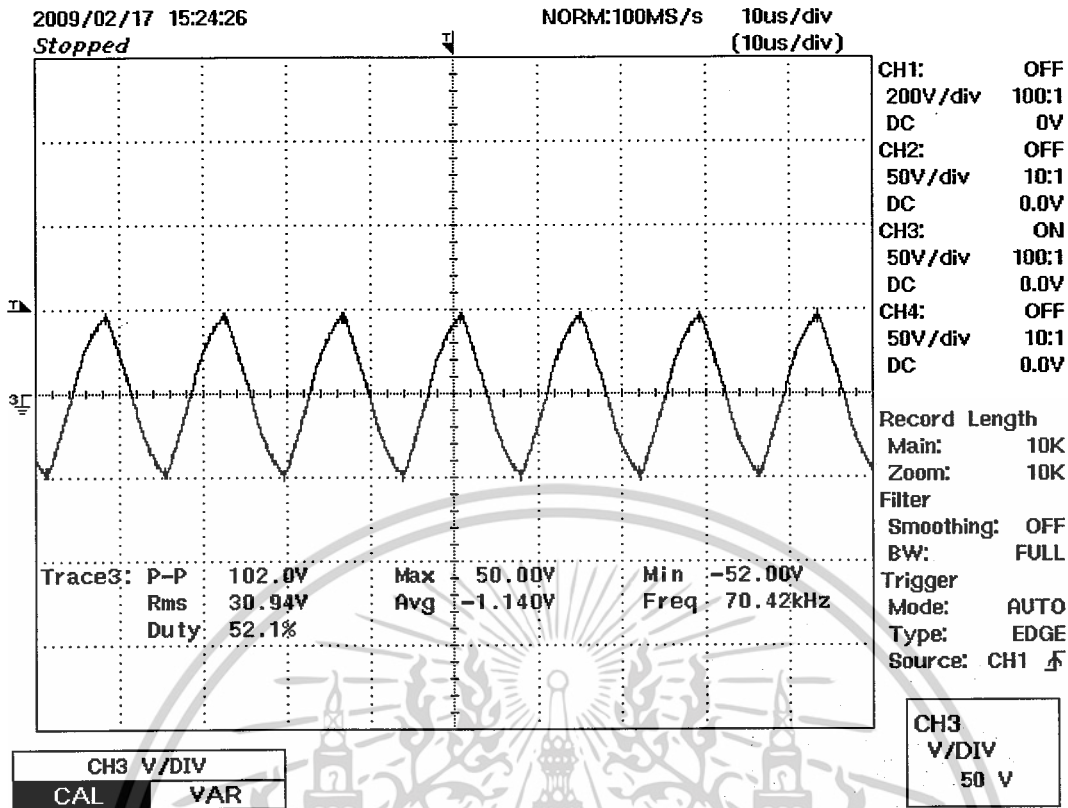


ภาพที่ 3.13 แรงดันอินพุต 120 โวลต์

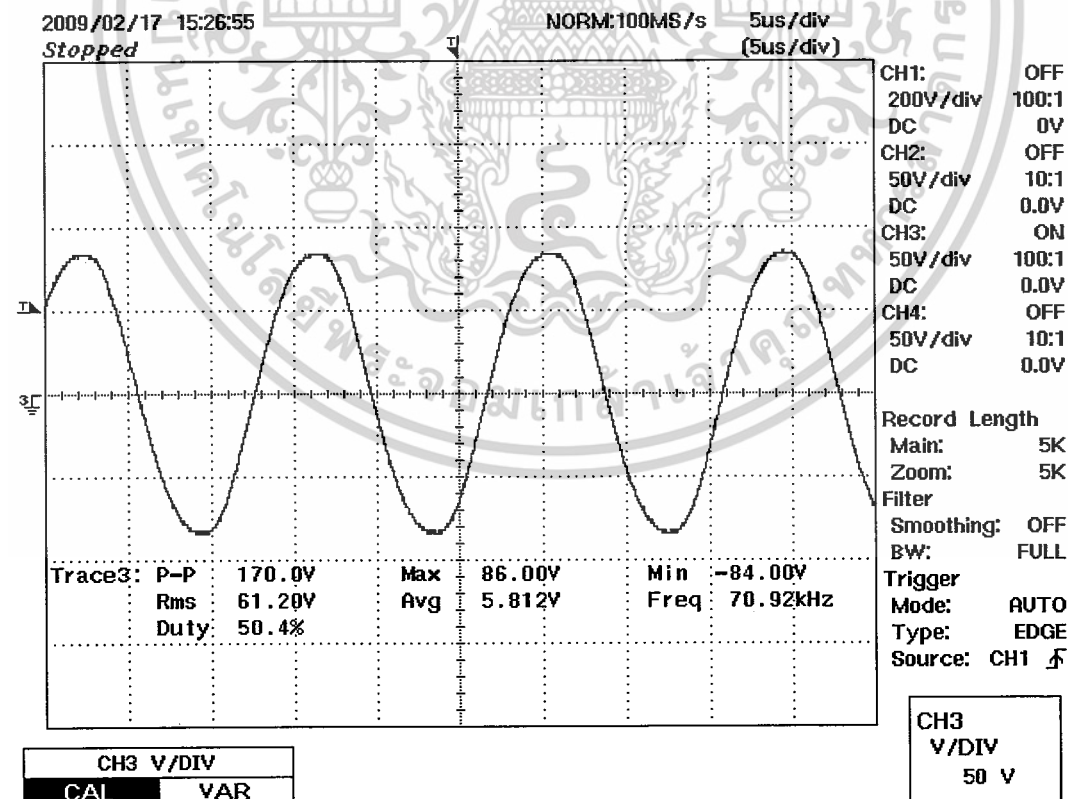


ภาพที่ 3.14 แรงดันอินพุต 180 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.15 แรงดันอินพุต 240 โวลต์



ภาพที่ 3.16 แรงดันอินพุต 260 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 บทนำ

ในบทนี้เป็นการนำบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ต้นแบบสำหรับหลอด โซเดียมความดันสูง 250 วัตต์ ที่สร้างขึ้นสำหรับโครงการนี้ ทำการทดสอบและบันทึกค่าองค์ประกอบภายใต้สภาวะต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นมาเปรียบเทียบกับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก และเปลี่ยนแปลงรูปแบบต่าง ๆ ของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ โดยกำหนดเงื่อนไขในการออกแบบในตารางที่ 5.1 โดยทดสอบที่สภาวะต่าง ๆ ซึ่งมีเงื่อนไขการทดสอบแตกต่างกัน แบ่งออกได้ หัวข้อใหญ่ 5 ดังนี้

1. การทดสอบและบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก
2. การทดสอบและบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
3. การทดสอบการทำงานเมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลง $\pm 10\%$ ตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์ ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก
4. การทดสอบการทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความถี่เพื่อควบคุมปริมาณค่าฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟ
5. การเปรียบเทียบผลการบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าและข้อมูลทางแสงของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 4.1 ข้อกำหนดในการออกแบบวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

รายละเอียด	ข้อกำหนด
พิกัดกำลังไฟฟ้า	250 วัตต์
ระบบไฟฟ้าป้อนเข้า	200-245 โวลต์
ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	> 0.90
ค่าความผิดเพี้ยนของกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต	< 25%
ค่า Ballast Lumen Factor	> 80%
ประสิทธิภาพ	> 85%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยบัลลาสต์, อิกนิเตอร์ และหลอดไฟ ที่นำมาทำการทดสอบและบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าในโครงการนี้ประกอบ

1. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ต้นแบบ
2. บัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก ยี่ห้อ ATCO รุ่น OMG 250-06
3. อิกนิเตอร์สำหรับหลอดโซเดียมความดันสูง ยี่ห้อ AEC รุ่น TZ 4000
4. หลอดโซเดียมความดันสูง 250 วัตต์ ยี่ห้อ Osram รุ่น HQL(MBF-U) ขั้วหลอด E27

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบและบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าในโครงการนี้ประกอบด้วย

1. Multi Meter ยี่ห้อ Hewlett Packard รุ่น 4194 A
2. Mixed Signal Oscilloscope ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น OL 1540C
3. Power Analyzer ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น PZ400
4. Power Quality Analyzer ยี่ห้อ Fluke รุ่น 43B
5. Illuminance Meter ยี่ห้อ Minolta รุ่น T-1M

4.2 การทดสอบและบันทึกองค์ประกอบทางไฟฟ้าของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก

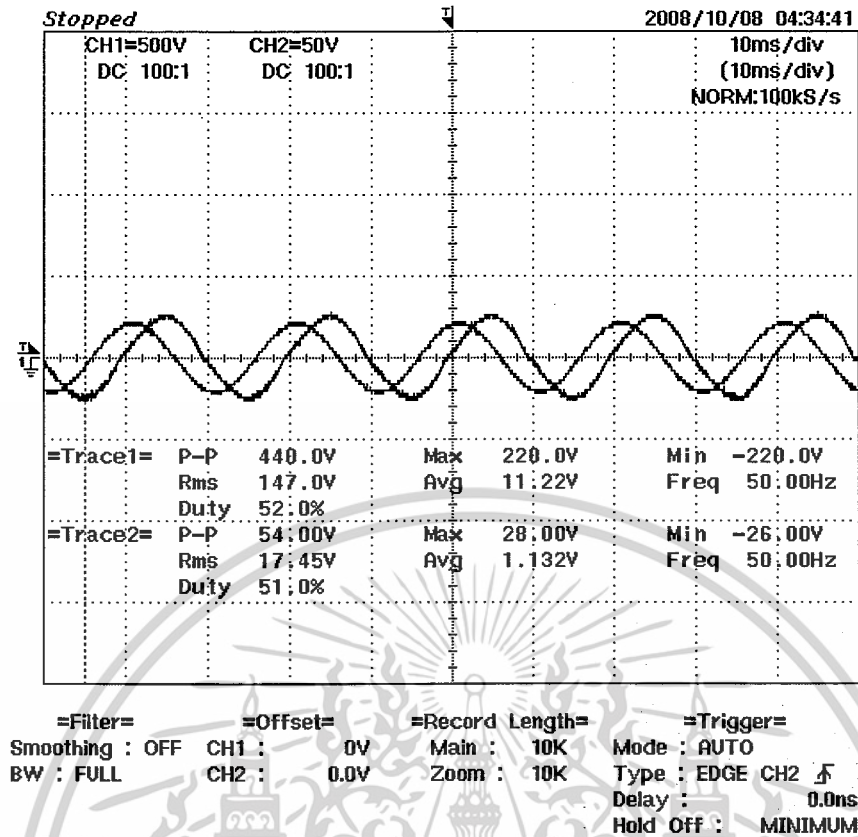
ในการทดสอบและบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กนั้นจะแบ่งการทดสอบและบันทึกค่าตามลำดับต่างๆ ได้ดังนี้

การทดสอบบันทึกค่าแรงดันและกระแสทางด้านอินพุตและคร่อมหลอดของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก

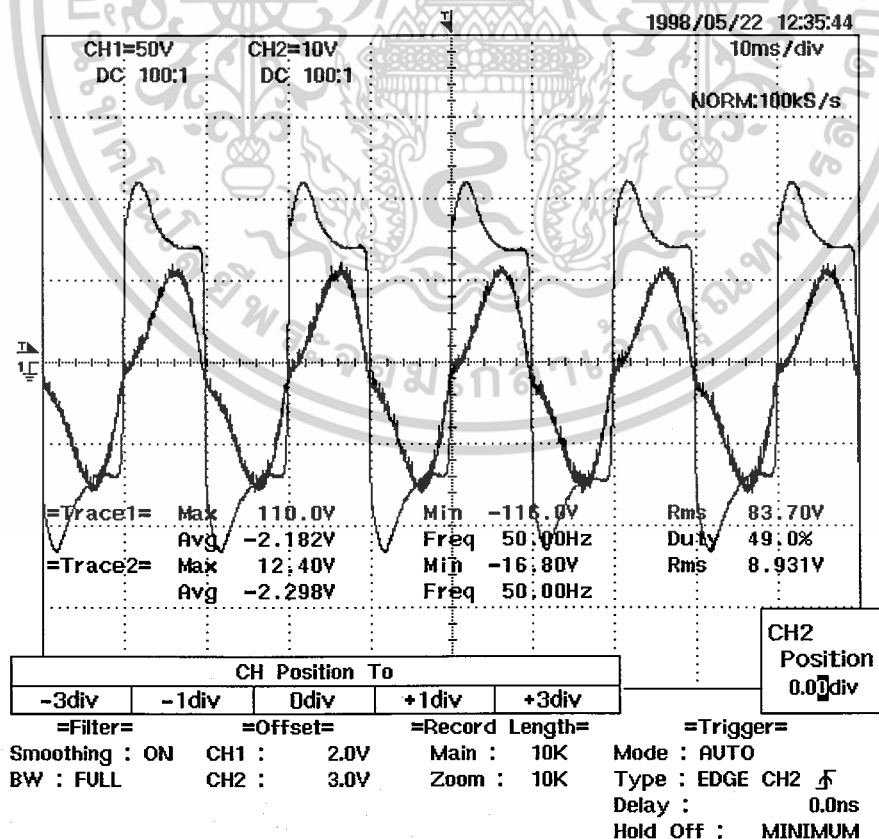
รูปคลื่นสัญญาณแรงดันและกระแสด้านอินพุตของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก แสดงดังภาพที่ 4.1

รูปคลื่นสัญญาณแรงดันและกระแสคร่อมหลอดของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กแสดงดังภาพที่ 4.2

รูปคลื่นสัญญาณแรงดันขณะจุดหลอดของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก แสดงดังภาพที่ 4.3

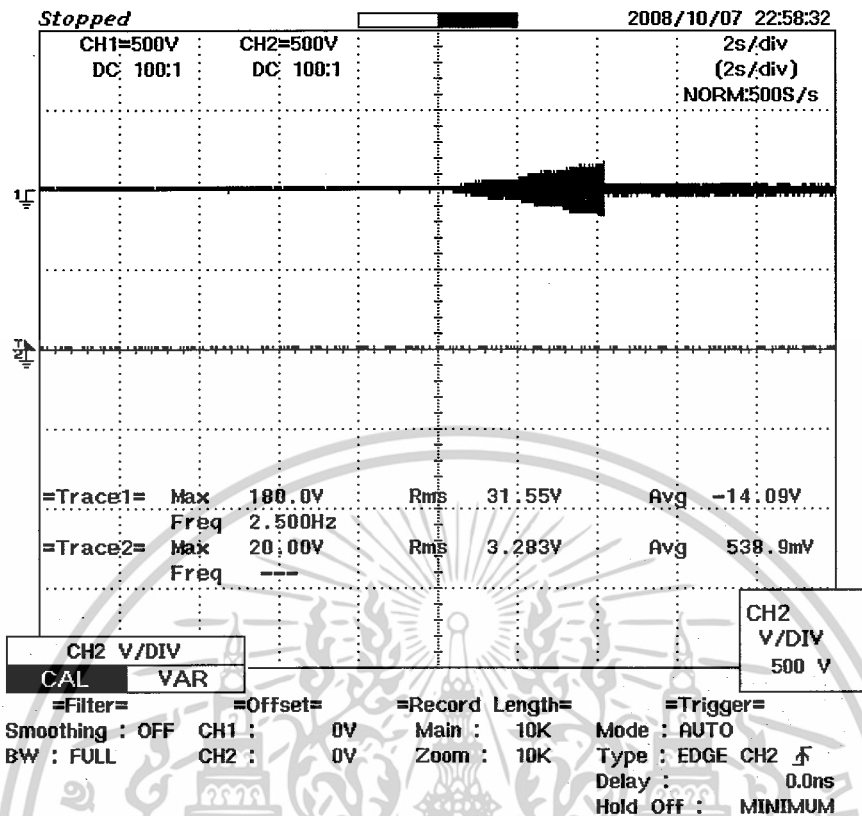


ภาพที่ 4.1 รูปกระแสและแรงดันอินพุต



ภาพที่ 4.2 แรงดันและกระแสคร่อมหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 แรงดันขณะจุดหลอด

4.3 การทดสอบและบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ในการทดสอบและบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ นั้นจะแบ่งการทดสอบและบันทึกค่าเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

4.3.1 การวัดค่าประกอบกำลังไฟฟ้ากระแสและแรงดันของวงจรถอเรียเตอร์

การทดสอบวัดค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของวงจรถอเรียเตอร์บัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก ซึ่งทำการวัดบันทึกผลโดย Power Analyzer (Yakogawa รุ่น PZ-4000) มีผลการทดสอบดังภาพที่ 4.4

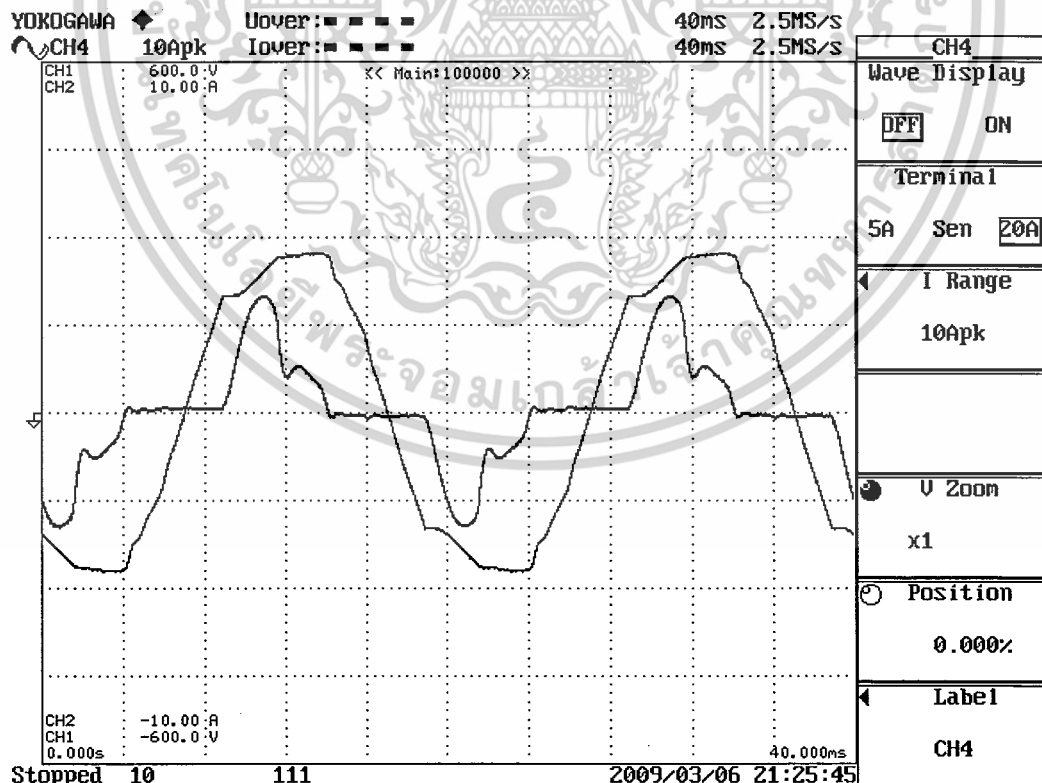
สัญญาณแรงดันและกระแสอินพุตของวงจรถอเรียเตอร์ แสดงในภาพที่ 4.5

สัญญาณแรงดันและกระแสคร่อมหลอดวงจรถอเรียเตอร์ แสดงในภาพที่ 4.6

	Element1	Element2	Element3	Element4	Σ A	Σ B
Urms [V]	148.68	130.22	0.0000k	0.0000k	148.68	130.22
Urn [V]	165.14	130.10	0.0000k	0.0000k	165.14	130.10
Udc [V]	-148.68	0.03	0.0000k	-0.0007k	-148.68	0.03
Uac [V]	1.16	130.22	0.0000k	0.0000k	1.16	130.22
Irms [A]	0.098	1.300	0.000	0.000	0.098	1.300
Imn [A]	0.107	1.288	0.000	0.000	0.107	1.288
Idc [A]	-0.097	0.010	0.000	0.000	-0.097	0.010
Iac [A]	0.014	1.300	0.000	0.000	0.014	1.300
P [W]	0.0144k	0.1691k	-0.000k	0.000k	0.0144k	0.1691k
S [VA]	0.0145k	0.1693k	0.000k	0.000k	0.0145k	0.1693k
Q [var]	0.0020k	0.0078k	0.000k	0.000k	0.0020k	0.0078k
λ []	0.9904	0.9989	Error	Error	0.9904	0.9989
φ [°]	7.94	6	2.65	Error	7.94	2.65
fU [Hz]	Error	64.935k	Error	Error	-----	-----
fI [Hz]	Error	65.789k	Error	Error	-----	-----
U+pk [V]	-146.05	186.11	0.0048k	0.0018k	-----	-----
U-pk [V]	-151.05	-186.12	-0.0047k	-0.0042k	-----	-----
I+pk [A]	-0.065	1.917	0.013	0.015	-----	-----
I-pk [A]	-0.132	-1.913	-0.016	-0.014	-----	-----
CFU []	1.02	1.43	Error	Error	-----	-----
CFI []	1.35	1.48	Error	Error	-----	-----
FFU []	1.00	1.11	Error	Error	-----	-----
FFI []	1.01	1.12	Error	Error	-----	-----
Z [Ω]	1.5219k	100.18	Error	Error	1.5219k	100.18
Rs [Ω]	1.5073k	100.07	Error	Error	1.5073k	100.07

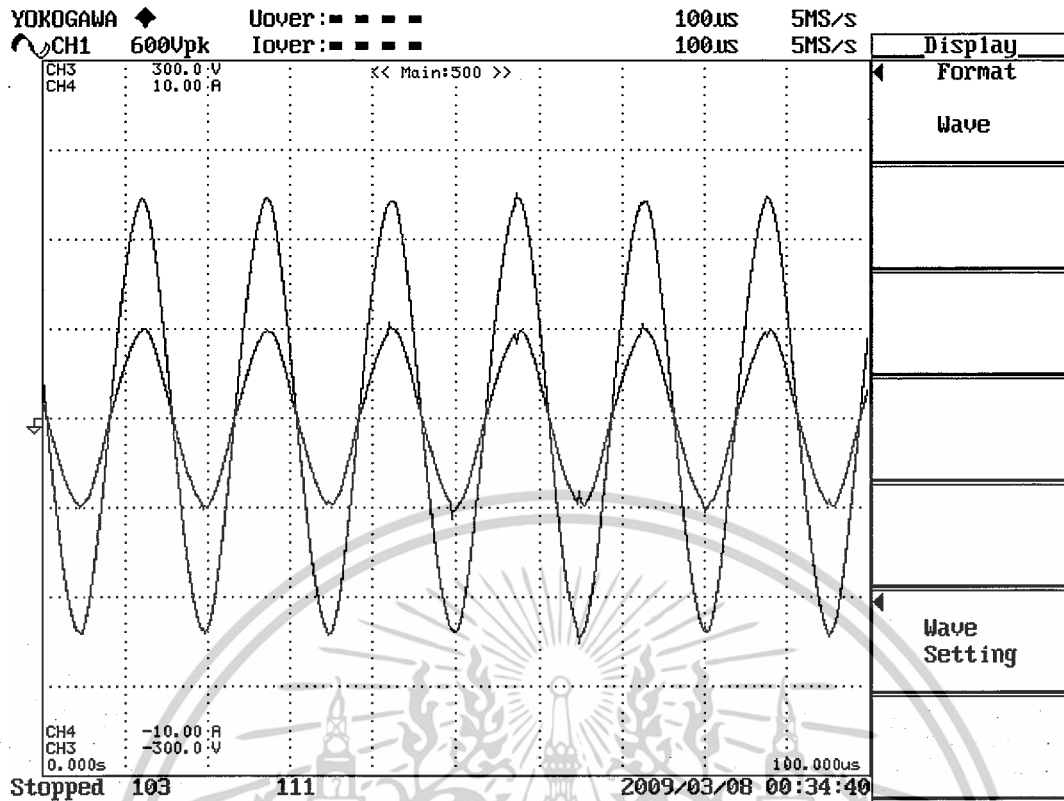
Stopped 71 111 2009/03/06 21:06:36

ภาพที่ 4.4 การบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของวงจรอินเวอร์เตอร์



ภาพที่ 4.5 แรงดันและกระแสอินพุต

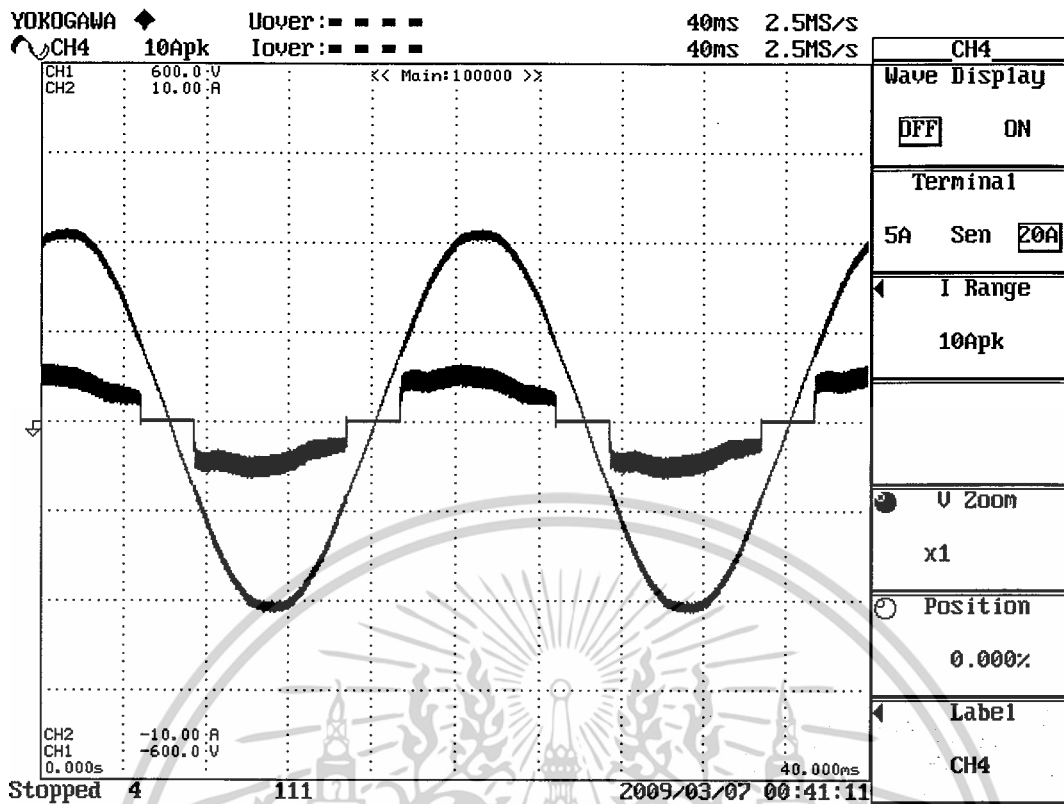
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



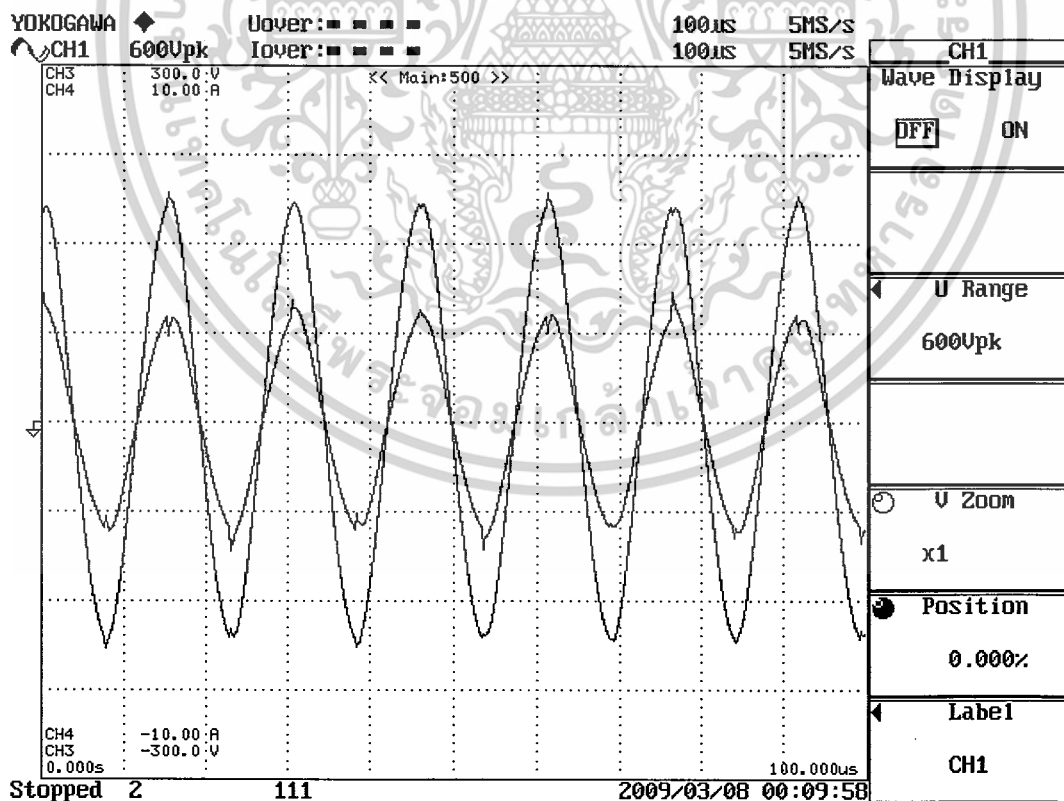
ภาพที่ 4.6 แรงดันกระแสและคร่อมหลอด

4.3.2 การวัดค่าประกอบกำลังไฟฟ้ากระแสและแรงดันของวงจรอินเวอร์เตอร์ ประกอบกับวงจรวาลเลย์ฟิล

การทดสอบวัดค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของวงจรอินเวอร์เตอร์และวาลเลย์ฟิลซึ่งทำการวัด
 บันทึกผลโดย Power Analyzer (Yakogawa รุ่น PZ-4000) มีผลการทดสอบดังภาพที่ 4.9
 สัญญาณแรงดันและกระแสอินพุตของวงจรวาลเลย์ฟิลและอินเวอร์เตอร์ แสดงในภาพที่ 4.7
 สัญญาณแรงดันและกระแสคร่อมหลอดวงจรวาลเลย์ฟิลและอินเวอร์เตอร์ แสดงในภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.7 แรงดันและกระแสอินพุต



ภาพที่ 4.8 แรงดันและกระแสคร่อมหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

YOKOGAWA		Uover: ■ ■ ■ ■		40us		5MS/s		CHZ	
CH2		10Apk		40us		5MS/s		Wave Display	
		Element1	Element2	Element3	Element4	Σ A		OFF <input type="checkbox"/> DN	
Urms[V]	I	196.94	155.96	0.0000k	0.0000k	196.94		Terminal	
Urm [V]	I	218.70	155.38	0.0000k	0.0000k	218.70		5A Sen <input type="checkbox"/> 20A	
Udc [V]	I	196.90	0.08	0.0003k	-0.0006k	196.90		I Range	
Uac [V]	I	4.08	155.96	0.0000k	0.0000k	4.08		10Apk	
Irms[A]	I	1.159	1.202	0.000	0.000	1.159		V Zoom	
Imm [A]	I	1.270	1.188	0.000	0.000	1.270		x1	
Idc [A]	I	1.143	0.010	0.001	0.001	1.143		Position	
Iac [A]	I	0.191	1.202	0.000	0.000	0.191		0.000%	
P [W]	I	0.2250k	0.1872k	0.000k	0.000k	0.2250k		Label	
S [VA]	I	0.2283k	0.1874k	0.000k	0.000k	0.2283k		CHZ	
Q [var]	I	0.0390k	0.0093k	0.000k	0.000k	0.0390k			
λ []	I	0.9853	0.9988	Error	Error	0.9853			
φ [°]	IG	9.84	2.84	Error	Error	9.84			
fU [Hz]	I	Error	64.935k	Error	Error	-----			
fI [Hz]	I	Error	64.935k	Error	Error	-----			
U+pk[V]	I	206.15	223.17	0.0049k	0.0030k	-----			
U-pk[V]	I	189.00	-223.75	-0.0047k	-0.0030k	-----			
I+pk[A]	I	1.406	1.776	0.020	0.017	-----			
I-pk[A]	I	0.842	-1.757	-0.016	-0.018	-----			
CfU []	I	1.05	1.43	Error	Error	-----			
CfI []	I	1.21	1.48	Error	Error	-----			
PfU []	I	1.00	1.11	Error	Error	-----			
PfI []	I	1.01	1.12	Error	Error	-----			
Z [Ω]	I	169.88	129.78	Error	Error	169.88			
Rs [Ω]	I	167.39	129.63	Error	Error	167.39			

Stopped 54 111 2009/03/07 00:48:44

ภาพที่ 4.9 การบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของวงจรวาลเลย์ฟิลและอินเวอร์เตอร์

4.3.3 การวัดค่าประกอบกำลังไฟฟ้ากระแสและแรงดันของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

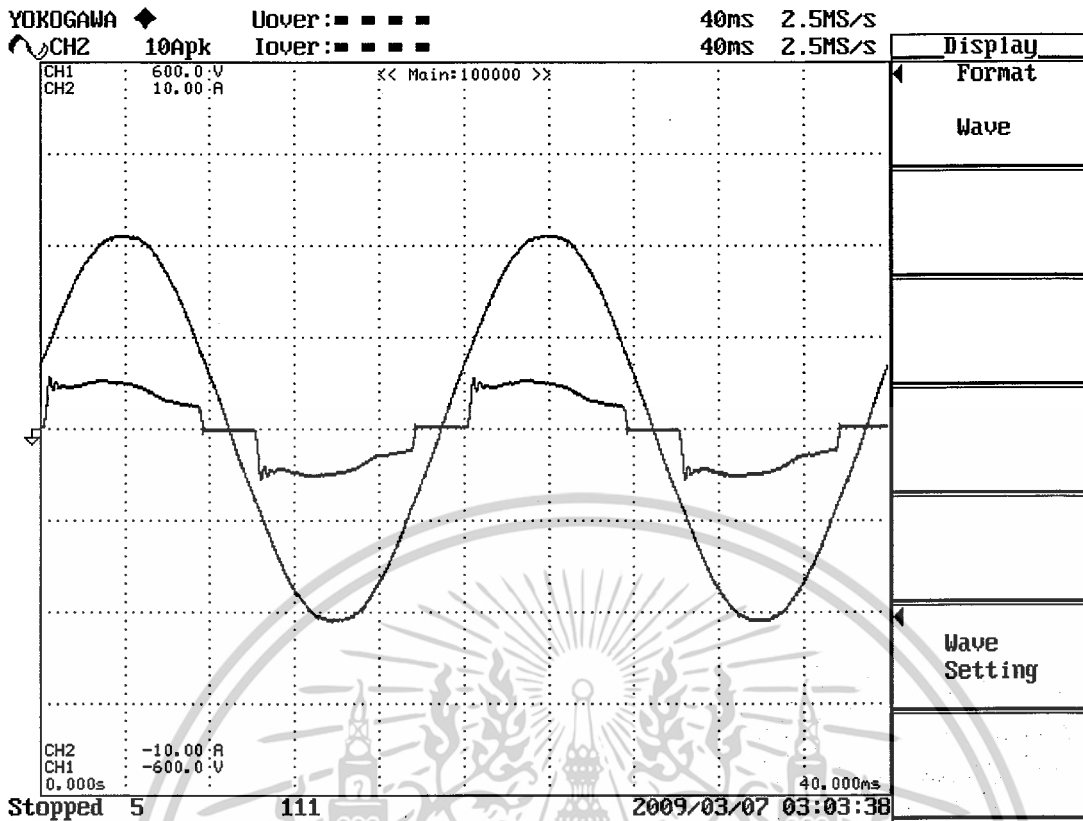
การทดสอบวัดค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งทำการวัดบันทึกผลโดย Power Analyzer (Yakogawa รุ่น PZ-4000) ผลการทดสอบดังภาพที่ 4.14

สัญญาณแรงดันและกระแสอินพุตของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ แสดงในภาพที่ 4.10

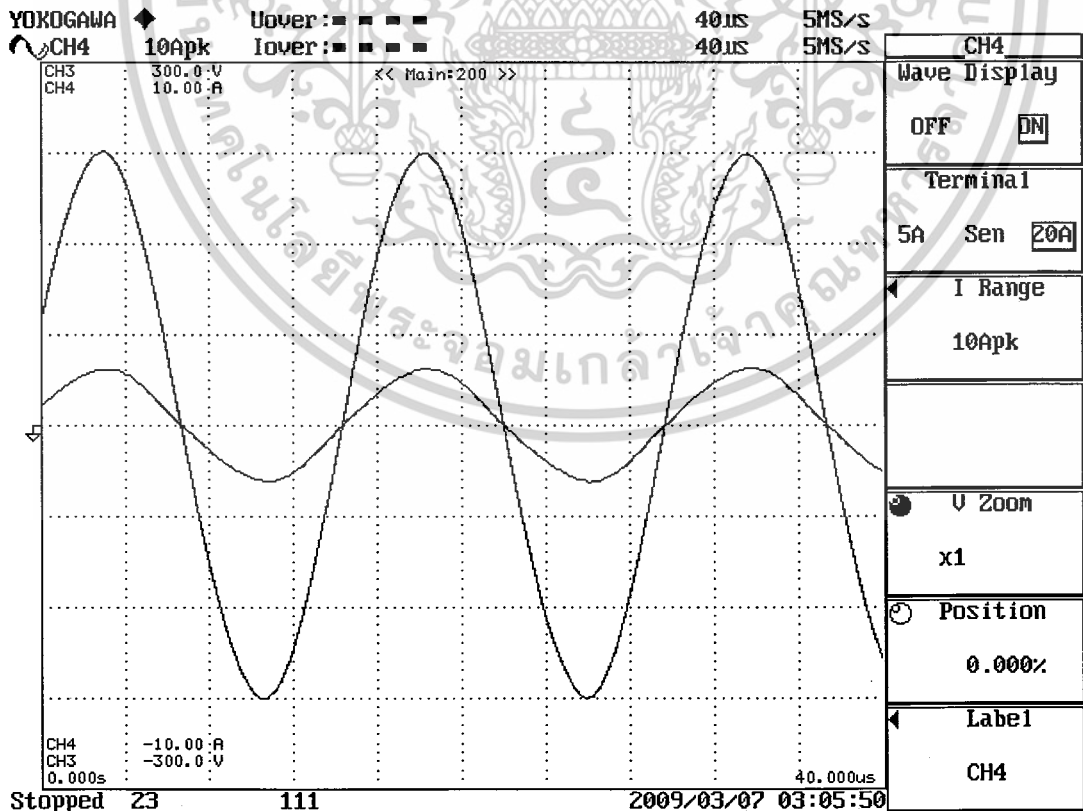
สัญญาณแรงดันและกระแสคร่อมหลอดวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ แสดงในภาพที่ 4.11

สัญญาณแรงคร่อมหลอดวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ แสดงในภาพที่ 4.12

สัญญาณกระแสคร่อมหลอดวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ แสดงในภาพที่ 4.13

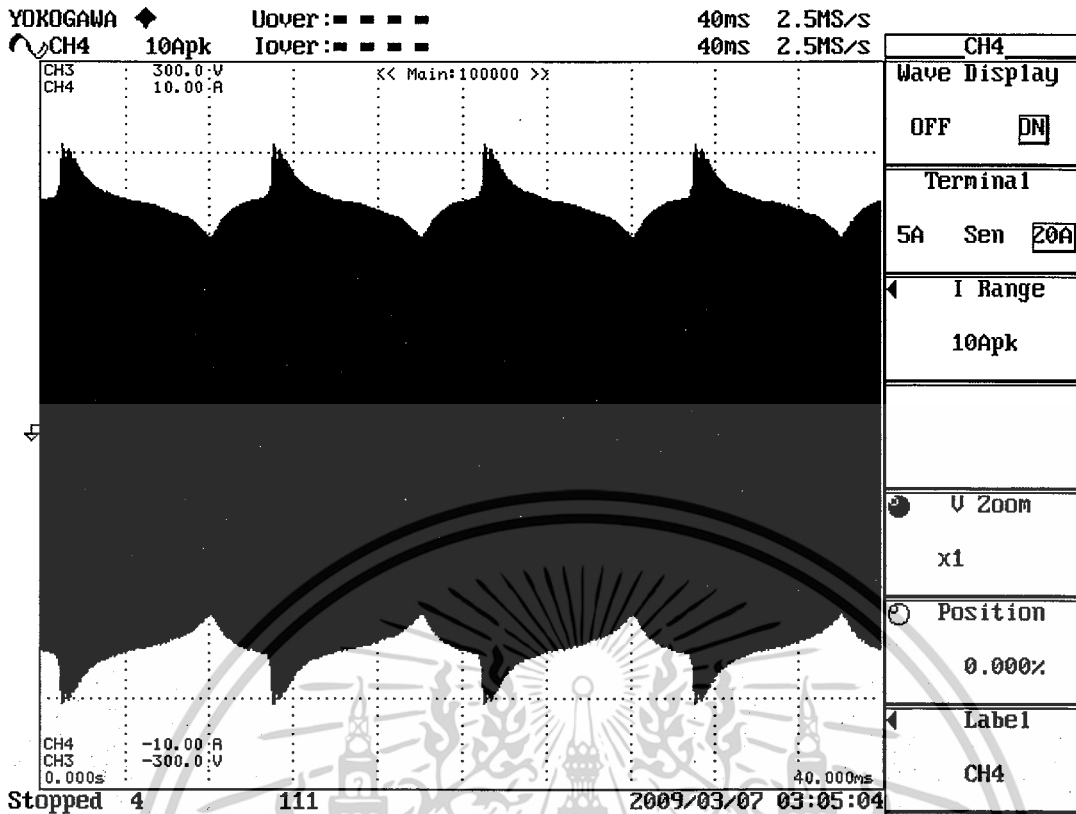


ภาพที่ 4.10 แรงดันและกระแสในฟุต

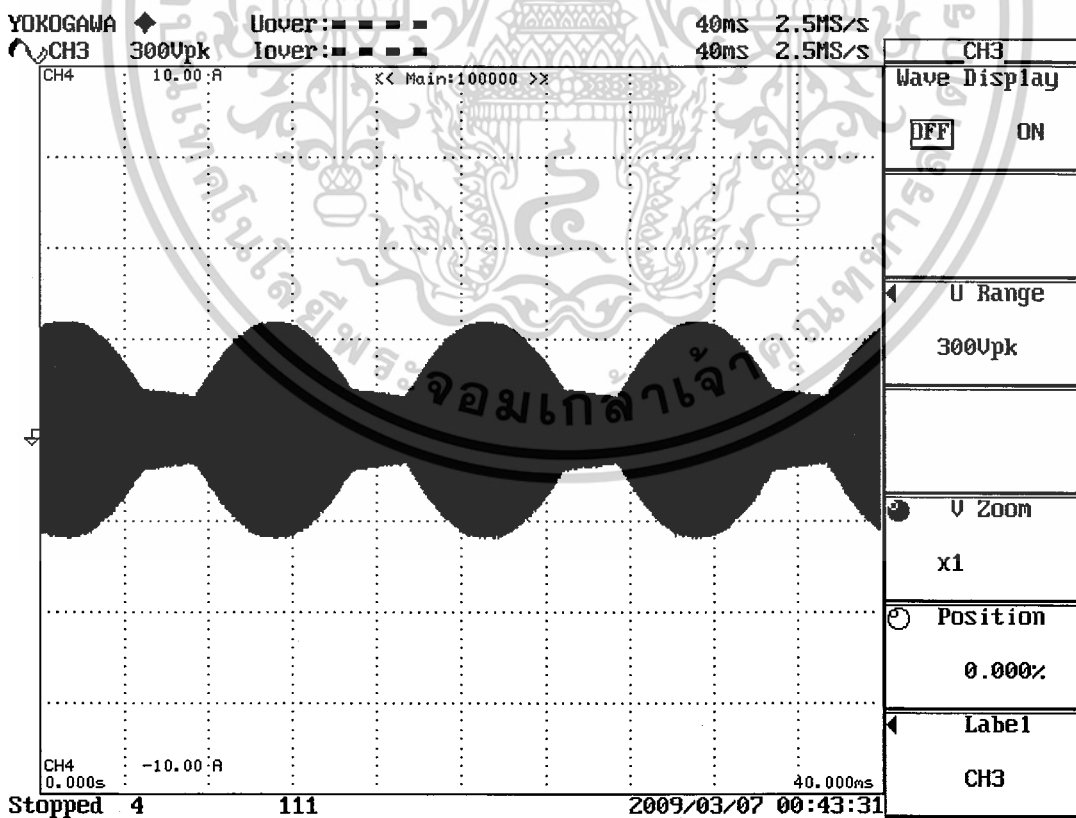


ภาพที่ 4.11 แรงดันและกระแสในฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 แรงดันคร่อมหลอด



ภาพที่ 4.13 กระแสคร่อมหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

YOKOGAWA		Uover: ■ ■ ■ ■		40us	5MS/s	
CH4		Iover: ■ ■ ■ ■		40us	5MS/s	
	10Apk	Element1	Element2	Element3	Element4	Σ A
Urms[V	I	178.96	156.79	0.0000k	0.0000k	178.96
Umn [V	I	198.77	156.15	0.0000k	0.0000k	198.77
Udc [V	I	178.96	0.26	0.0001k	-0.0009k	178.96
Uac [V	I	0.99	156.79	0.0000k	0.0000k	0.99
Irms[A	I	1.135	1.065	0.000	0.000	1.135
Imm [A	I	1.260	1.052	0.000	0.000	1.260
Idc [A	I	1.134	0.008	0.001	0.001	1.134
Iac [A	I	0.015	1.065	0.000	0.000	0.015
P [W	I	0.2030k	0.1668k	0.000k	-0.000k	0.2030k
S [VA	I	0.2030k	0.1670k	0.000k	0.000k	0.2030k
Q [var	I	0.0032k	0.0078k	0.000k	0.000k	0.0032k
λ [	I	0.9999	0.9989	Error	Error	0.9999
φ [°	IG	0.91	G 2.68	Error	Error	0.91
fU [Hz	I	Error	65.789k	Error	Error	-----
fI [Hz	I	Error	64.935k	Error	Error	-----
U+pk[V	I	181.18	225.72	0.0048k	0.0018k	-----
U-pk[V	I	176.90	-225.17	-0.0048k	-0.0042k	-----
I+pk[A	I	1.191	1.579	0.016	0.019	-----
I-pk[A	I	1.100	-1.573	-0.014	-0.010	-----
CfU [	I	1.01	1.44	Error	Error	-----
CfI [	I	1.05	1.48	Error	Error	-----
FfU [	I	1.00	1.12	Error	Error	-----
FfI [	I	1.00	1.13	Error	Error	-----
Z [Ω	I	157.73	147.18	Error	Error	157.73
Rs [Ω	I	157.71	147.02	Error	Error	157.71

Display
Format
Numeric
Item Amount
All
Function
Irms

Stopped 23 111 2009/03/07 03:06:27

ภาพที่ 4.14 การบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

4.4 การทดสอบการทำงานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าอินพุตของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เทียบกับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก

ในการทดสอบการทำงานเมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลง $\pm 10\%$ ตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์ ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อเปรียบเทียบกับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กจากนั้นนำข้อมูลที่ได้บันทึกจากเครื่องมือวัดทำการพล็อตด้วยโปรแกรม Excel เพื่อศึกษาการทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก

ตารางที่ 4.2 การทดสอบบันทึกค่าแรงดัน, กระแส, อิมพีแดนซ์, ความผิดเพี้ยนสัญญาณ บัลลาสต์ ชนิดแกนเหล็กเมื่อแรงดันด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์

Vin (โวลต์)	Vout (โวลต์)	Iin (แอมป์)	Iout (แอมป์)	Zin (โอห์ม)	Zout (โอห์ม)	THDv (%)	THDi (%)
200	127.73	1.734	1.731	155.39	73.787	1	10.5
205	127.47	1.83	1.829	112.11	69.687	1	10.4
210	127.68	1.916	1.916	109.63	66.646	1.1	9.9
215	128.81	1.999	1.997	107.77	66.486	1.1	9.5
220	128.5	2.088	2.086	105.46	61.597	1.1	9.3
225	130	2.1	2.1	105.46	61.4	1.2	8.8
230	131.53	2.22	2.22	103.38	59.128	1.2	8.5
235	132.08	2.3	2.3	101.856	57.36	1.2	8.3
240	132.45	2.401	2.399	99.94	55.22	1.2	8.3
245	133.17	2.49	2.49	98.56	53.63	1.2	8.2

ในตารางที่ 4.2 เป็นการทดสอบบันทึกค่าแรงดัน, กระแส, อิมพีแดนซ์, ความผิดเพี้ยนสัญญาณในเงื่อนไขการทำงานเมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลง $\pm 10\%$ ตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์ ของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กจากนั้นนำข้อที่ได้ทำการพล็อตกราฟ

ตารางที่ 4.3 การทดสอบบันทึกค่ากำลังไฟฟ้า, ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ของบัลลาสต์

อิเล็กทรอนิกส์เมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์

Vin (โวลต์)	Vout (โวลต์)	Iin (แอมป์)	Iout (แอมป์)	Zin (โอห์ม)	Zout (โอห์ม)	THDv (%)	THDi (%)
200	134.4	0.92	1.246	217.83	107.85	1.3	19.3
205	133.8	0.915	1.278	224.57	104.68	1.3	18.8
210	133.6	0.914	1.308	229.96	102.16	1.1	19.6
215	133.7	0.915	1.342	235.48	99.689	1.1	19.3
220	133.6	0.915	1.373	241.01	97.315	1	19.1
225	133.7	0.916	1.405	246.22	95.151	1.1	20.4
230	133.9	0.919	1.433	250.32	93.508	0.9	19.9
235	132.8	0.911	1.464	257.75	90.714	1	20
240	133.4	0.916	1.501	262.41	88.932	1.1	19.7
245	133.3	0.916	1.535	268.18	86.859	1.1	19.2

ในตารางที่ 4.3 เป็นการทดสอบบันทึกค่าแรงดัน, กระแส, อิมพีแดนซ์, ความผิดเพี้ยน สัญญาณในเงื่อนไขการทำงานเมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลง $\pm 10\%$ ตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์ ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นนำข้อที่ได้ทำการพล็อตกราฟ

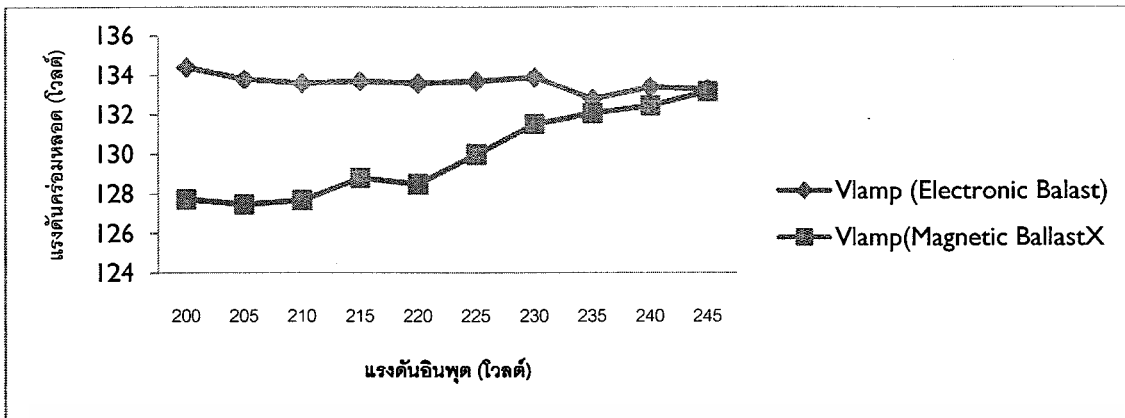
กราฟค่าแรงดันคร่อมหลอดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านอินพุต แสดงในภาพที่ 4.15

กราฟค่ากระแสไฟฟ้าอินพุตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านอินพุต แสดงในภาพที่ 4.16

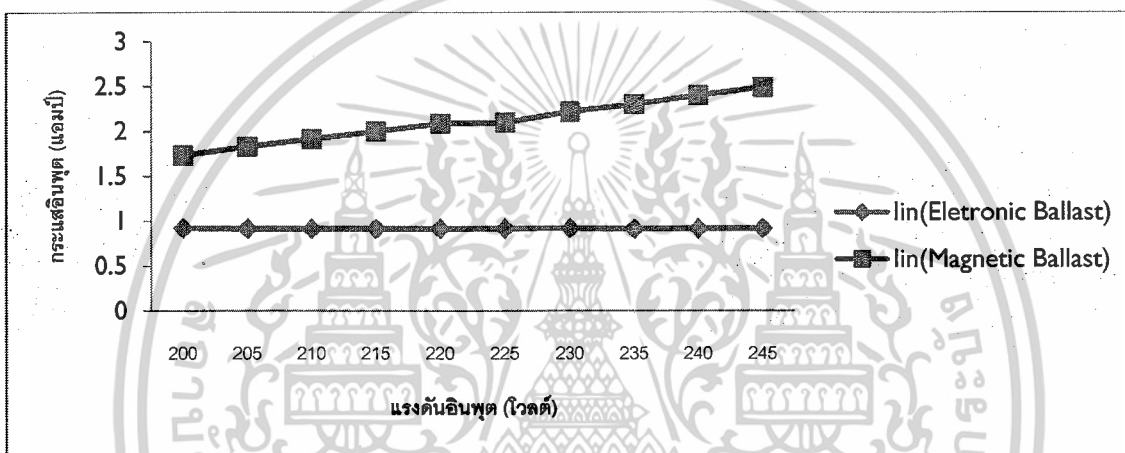
กราฟค่ากระแสไฟฟ้าคร่อมหลอดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านอินพุต แสดงในภาพที่ 4.17

กราฟค่าอิมพีแดนซ์อินพุตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านอินพุต แสดงในภาพที่ 4.18

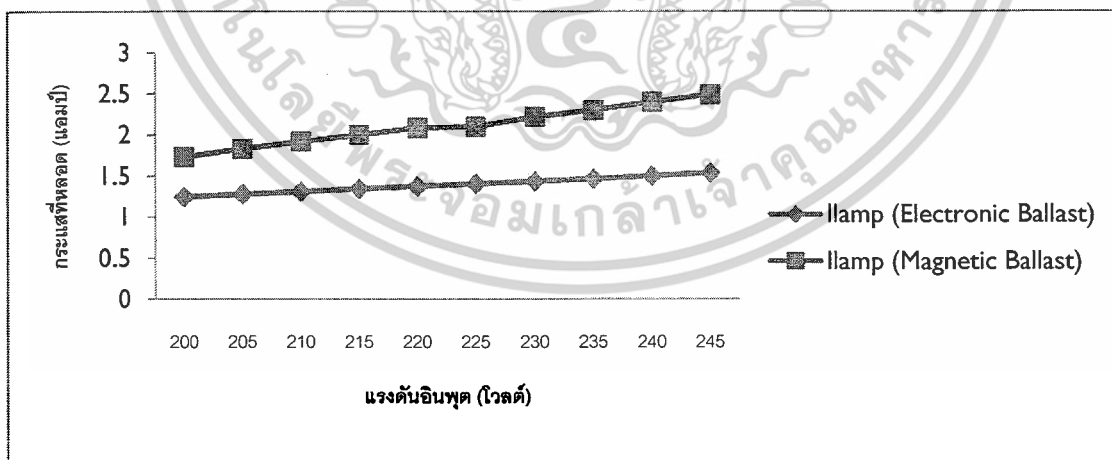
กราฟค่าอิมพีแดนซ์ที่หลอดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านอินพุต แสดงในภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.15 กราฟแรงดันคร่อมหลอดเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต

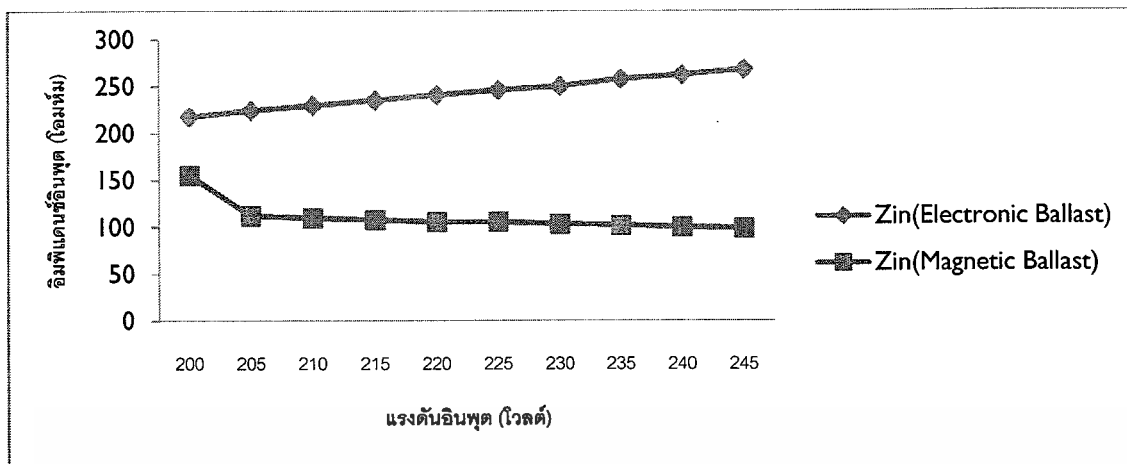


ภาพที่ 4.16 กราฟกระแสอินพุตเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต

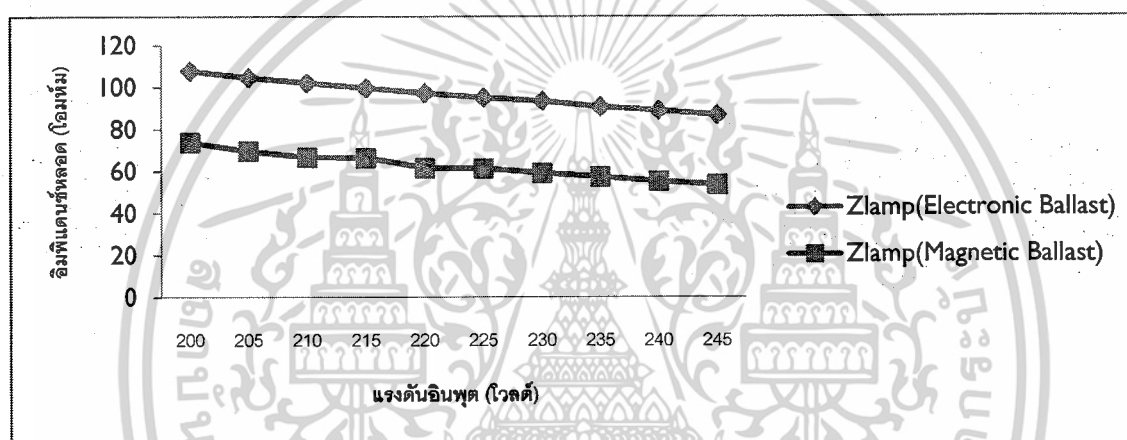


ภาพที่ 4.17 กราฟกระแสที่หลอดเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.18 กราฟอิมพีแดนซ์อินพุตเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต



ภาพที่ 4.19 กราฟอิมพีแดนซ์ที่หลุดเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การทดสอบบันทึกค่ากำลังไฟฟ้า, ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กเมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์

Vin (โวลต์)	Pin (W)	Pout (W)	Sin (VA)	Sout (VA)	Qin (VAR)	Qout (VAR)	Power Factor
200	214.4	198.7	346.8	221.1	272.6	97	0.61
205	227.5	210.1	375.5	233.2	298.8	101.1	0.61
210	239.9	221.1	402.5	244.6	323.2	105	0.6
215	253.5	232.5	430.8	257.3	348.4	110.1	0.59
220	265.6	242.8	459.8	268.1	375.3	113.7	0.58
225	272	249.8	473	275.8	387.5	116.8	0.58
230	291	265	512	292	421	123	0.57
235	303.6	275.7	540.9	304.1	447	128.4	0.56
240	318.8	288.3	576.3	317.9	480	133.9	0.55
245	332.5	299.6	608.6	330.1	509.7	140	0.55

ในตารางที่ 4.4 เป็นการทดสอบบันทึกค่ากำลังไฟฟ้า, ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กเมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์ ของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กจากนั้นนำข้อที่ได้ทำการพล็อตกราฟ

ตารางที่ 4.5 การทดสอบบันทึกค่ากำลังไฟฟ้า, ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ของบัลลาสต์

อิเล็กทรอนิกส์เมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์

Vin (โวลต์)	Pin (W)	Pout (W)	Sin (VA)	Sout (VA)	Qin (VAR)	Qout (VAR)	Power Factor
200	177.8	154.5	184.2	167.4	48	64.4	0.97
205	181.5	158.1	188	171	49	65.2	0.97
210	185.6	161.9	192.3	174.9	50.2	66.1	0.97
215	190.4	166.3	197.3	179.4	51.5	67.3	0.97
220	194.2	170.2	201.8	183.4	52.8	68.5	0.97
225	199.5	174.5	206.7	187.9	54.1	69.6	0.97
230	203.9	178.5	211.2	192	55.3	70.7	0.97
235	206.5	181	214	194.4	56.1	70.9	0.97
240	212.3	186.6	220.3	220.3	57.9	72.8	0.96
245	217.7	190.8	225.6	204.6	59.5	73.9	0.96

ในตารางที่ 4.5 เป็นการทดสอบบันทึกค่ากำลังไฟฟ้า, ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์ของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กจากนั้นนำข้อที่ได้ทำการพล็อตกราฟ

กราฟค่า Average Power Input เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านอินพุต แสดงในภาพที่ 4.20

กราฟค่า Average Power Output เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านอินพุต แสดงในภาพที่

4.21

กราฟค่า Apparent Power Input เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านอินพุต แสดงในภาพที่ 4.22

กราฟค่า Apparent Power Output เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านอินพุต แสดงในภาพที่

4.23

กราฟค่า Reactive Power Input เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านอินพุต แสดงในภาพที่ 4.24

กราฟค่า Reactive Power Output เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านอินพุต แสดงในภาพที่

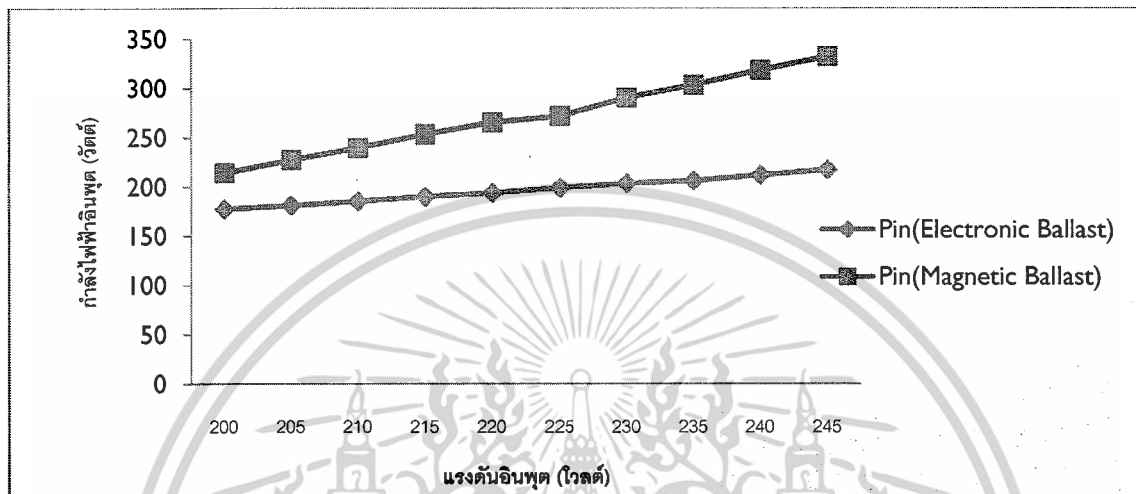
4.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

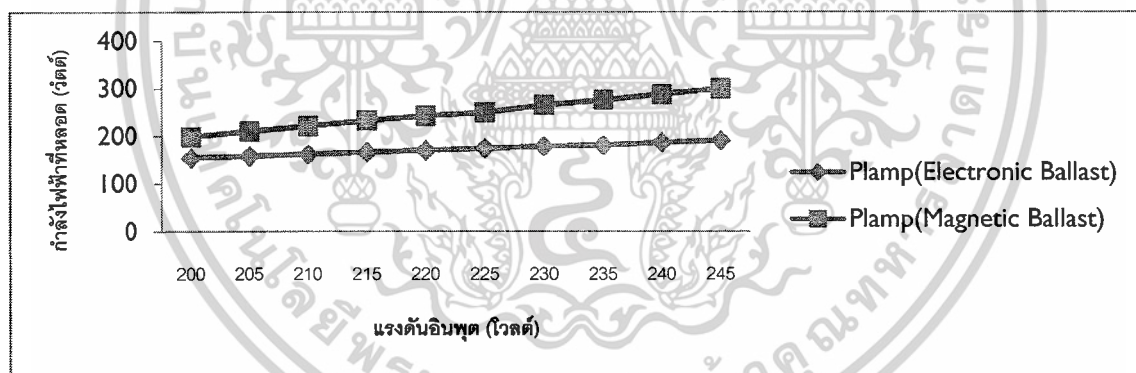
กราฟค่า Power Factor เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านอินพุต แสดงในภาพที่ 4.26

กราฟค่า %THDv เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านอินพุต แสดงในภาพที่ 4.27

กราฟค่า %THDi เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านอินพุต แสดงในภาพที่ 4.28

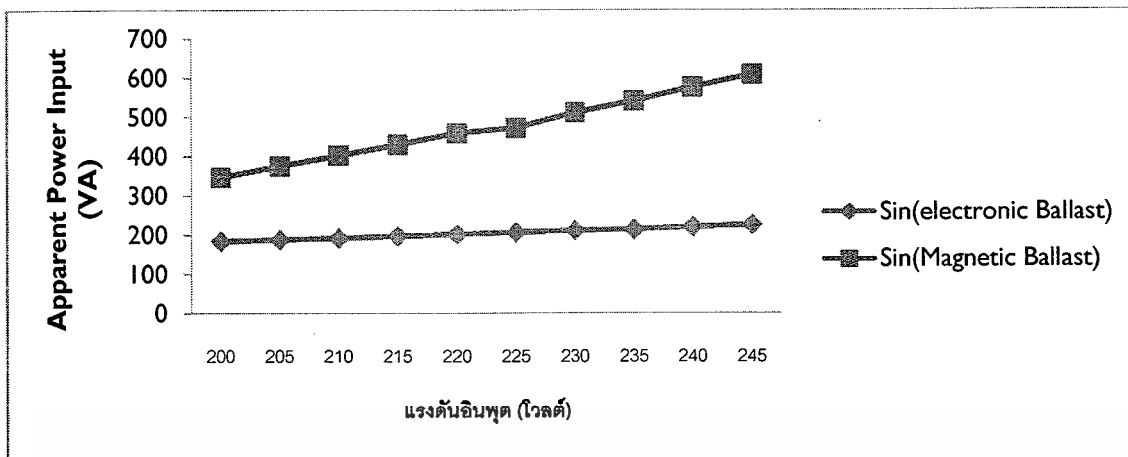


ภาพที่ 4.20 กราฟ Average Power Input เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต

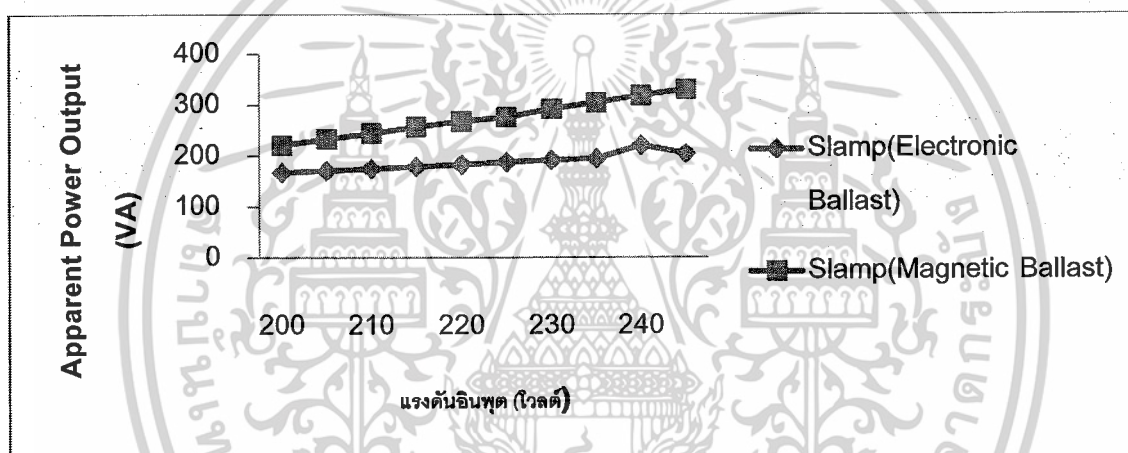


ภาพที่ 4.21 กราฟ Average Power Output เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.22 กราฟ Apparent Power Input เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต

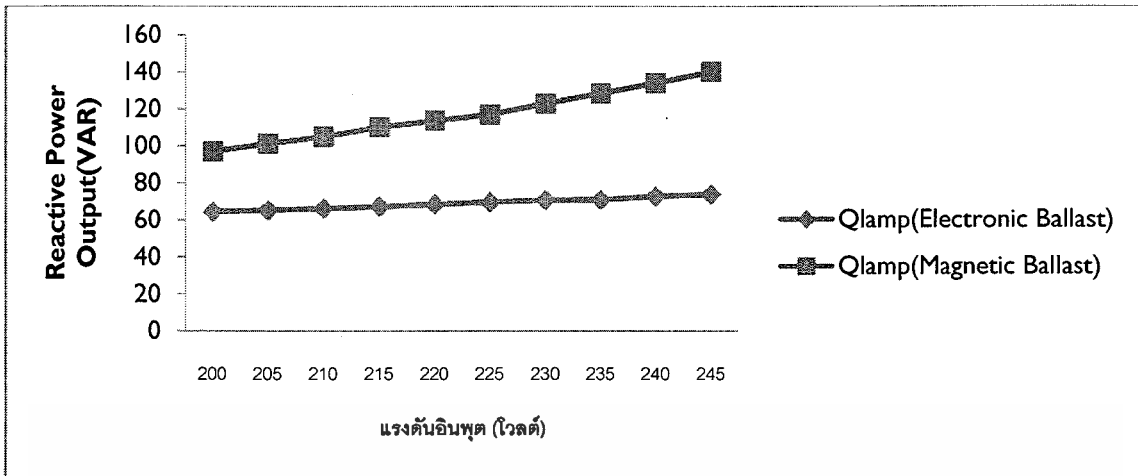


ภาพที่ 4.23 กราฟ Apparent Power Output เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต

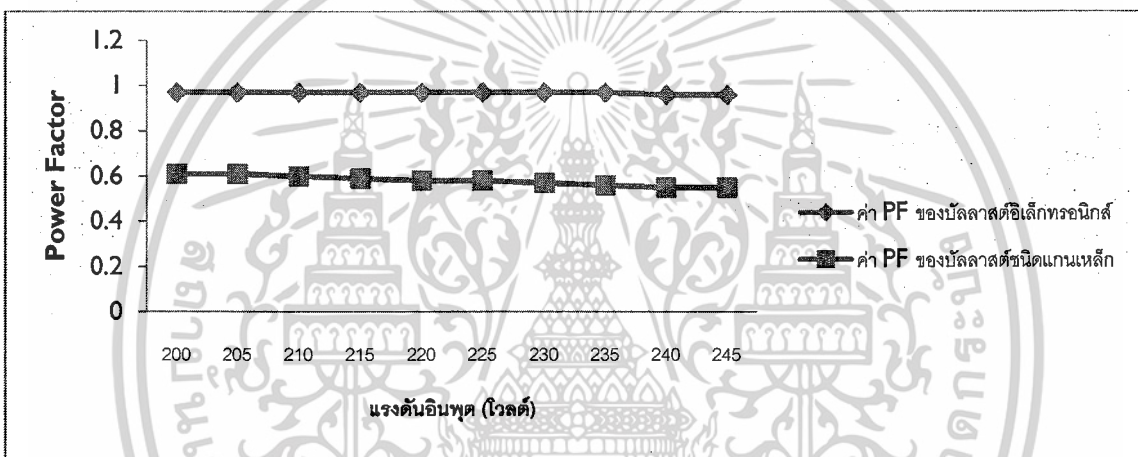


ภาพที่ 4.24 กราฟ Reactive Power Input เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต

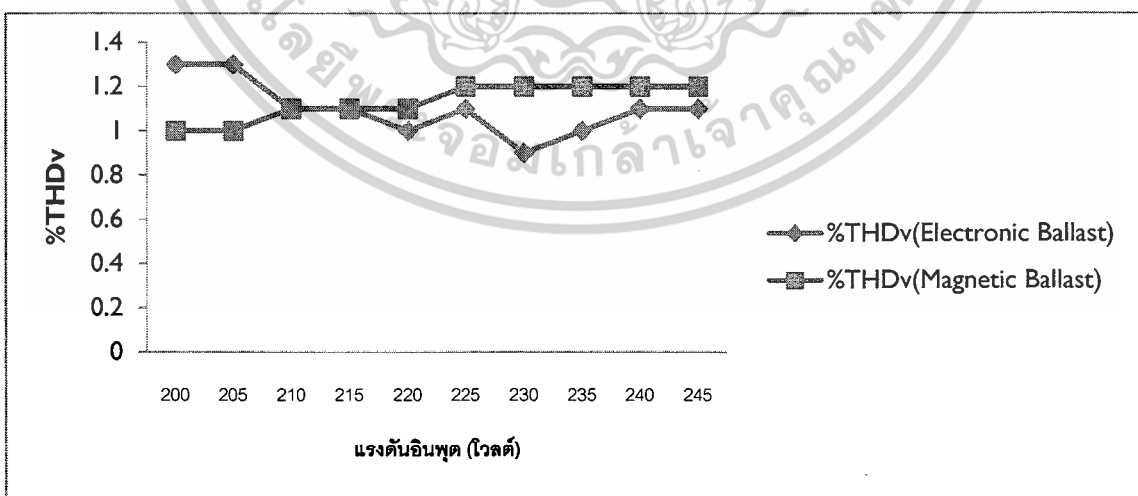
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.25 กราฟ Reactive Power Output เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต

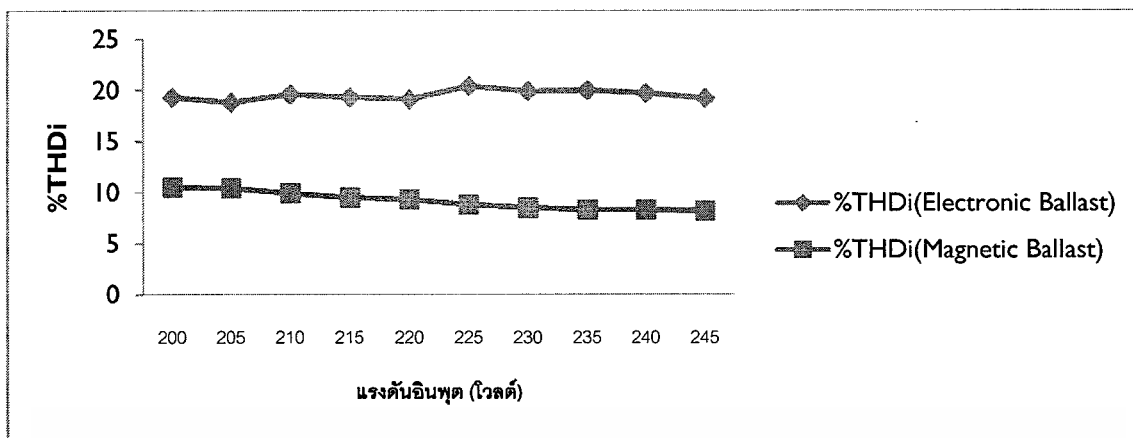


ภาพที่ 4.26 กราฟ Power Factor เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต



ภาพที่ 4.27 กราฟ %THDv เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

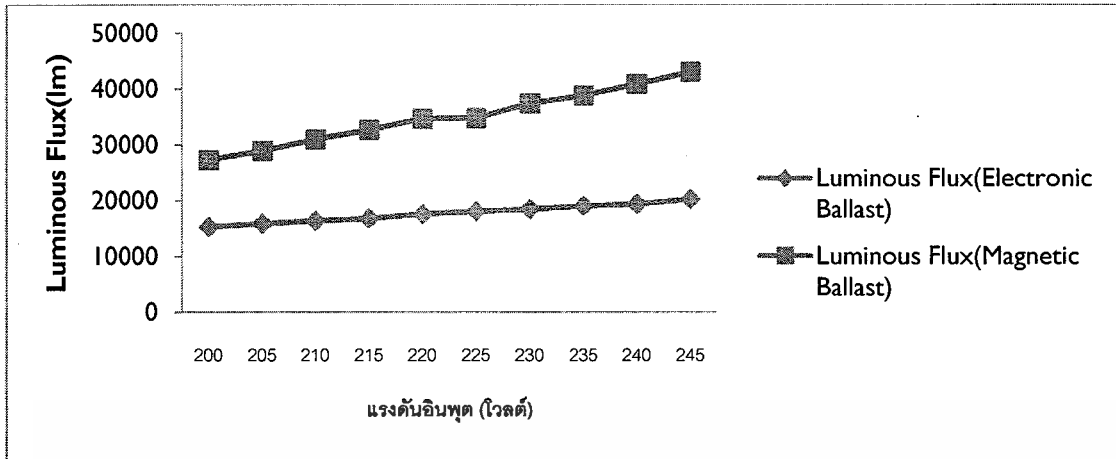


ภาพที่ 4.28 กราฟ %THDi เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต

ตารางที่ 4.6 การทดสอบเปรียบเทียบค่าฟลักซ์ส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อเปรียบเทียบกับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก

Vin (โวลต์)	Magnetic Ballast Luminous Flux(lm)	Electronic Ballast Luminous Flux(lm)
200	27300	15300
205	28900	15900
210	31000	16400
215	32700	16800
220	34700	17600
225	34800	18100
230	37400	18500
235	38900	19100
240	40900	19400
245	43100	20300

ในตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าฟลักซ์ส่องสว่างเมื่อแรงดันด้านอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 200 ถึง 245 โวลต์ ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อเปรียบเทียบกับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทำการพล็อตกราฟ



ภาพที่ 4.29 กราฟ Luminous Flux เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุต

4.5 การทดสอบการทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความถี่เพื่อควบคุมปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟ

ในการทดสอบการทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความถี่เพื่อควบคุมปริมาณค่าฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟ โดยการปรับความถี่ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้บันทึกจากเครื่องมือวัดมาทำการพล็อตด้วยโปรแกรม Excel เพื่อศึกษาการทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 4.7 การทดสอบบันทึกค่าแรงดัน, แรงดัน, กระแส, อิมพีแดนซ์, ของบัลลาสต์

อิเล็กทรอนิกส์เมื่อปรับความถี่

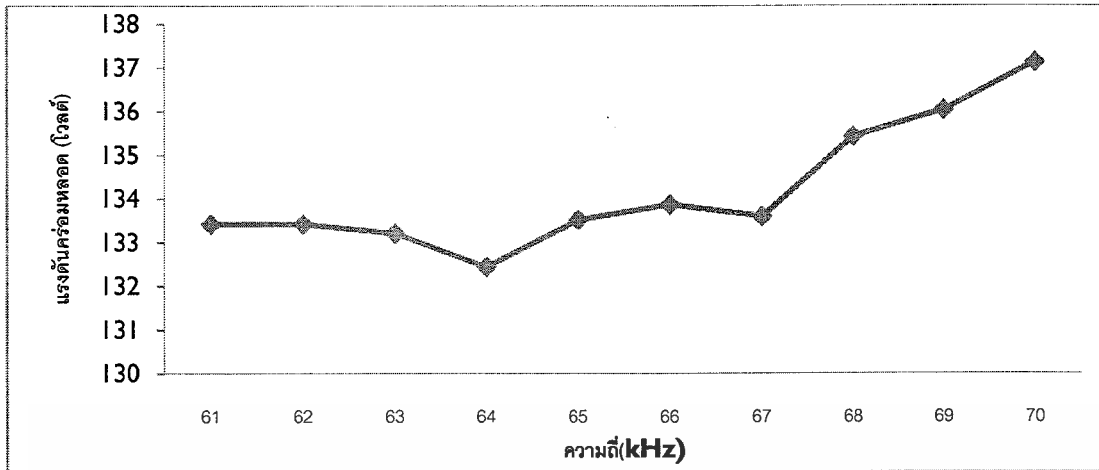
f (kHz)	V _{in} (โวลต์)	V _{out} (โวลต์)	I _{in} (แอมป์)	I _{out} (แอมป์)	Z _{in} (โอห์ม)	Z _{out} (โอห์ม)
61.35	221.1	133.42	1.018	1.55	217.27	86.059
62.11	220.18	133.42	1.066	1.525	218.9	87.488
63.29	220.88	133.21	0.98	1.483	225.27	89.85
64.1	220.39	132.44	0.961	1.455	229.37	91.011
65.79	220.27	133.52	0.917	1.373	240.23	97.239
66.23	219.1	133.87	0.902	1.34	242.94	99.9
67.11	219.33	133.6	0.879	1.309	249.57	102.09
68.49	219.14	135.43	0.814	1.205	269.36	112.41
69.44	218.92	136.04	0.778	1.16	281.36	117.27
70.42	219.29	137.13	0.728	1.114	301.2	123.15

ในตารางที่ 4.7 เป็นการทดสอบบันทึกค่าความแรงดัน, กระแส, อิมพีแดนซ์ เมื่อปรับค่าความถี่เพื่อควบคุมกำลังไฟฟ้าที่โหลดของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นนำข้อมูลมาพล็อตกราฟ

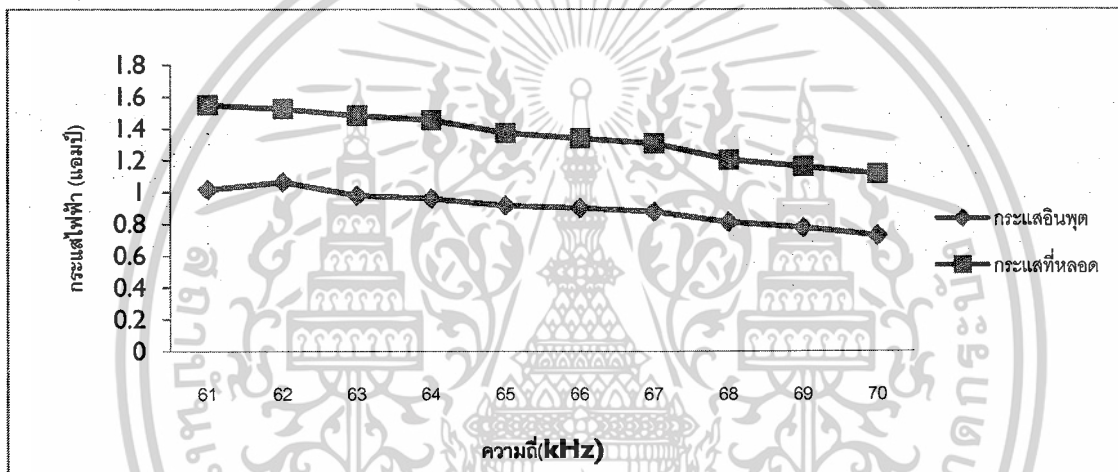
กราฟแสดงแรงดันคร่อมโหลดเมื่อทำการปรับเปลี่ยนความถี่ แสดงในภาพที่ 4.30

กราฟแสดงกระแสเมื่อทำการปรับเปลี่ยนความถี่ แสดงในภาพที่ 4.31

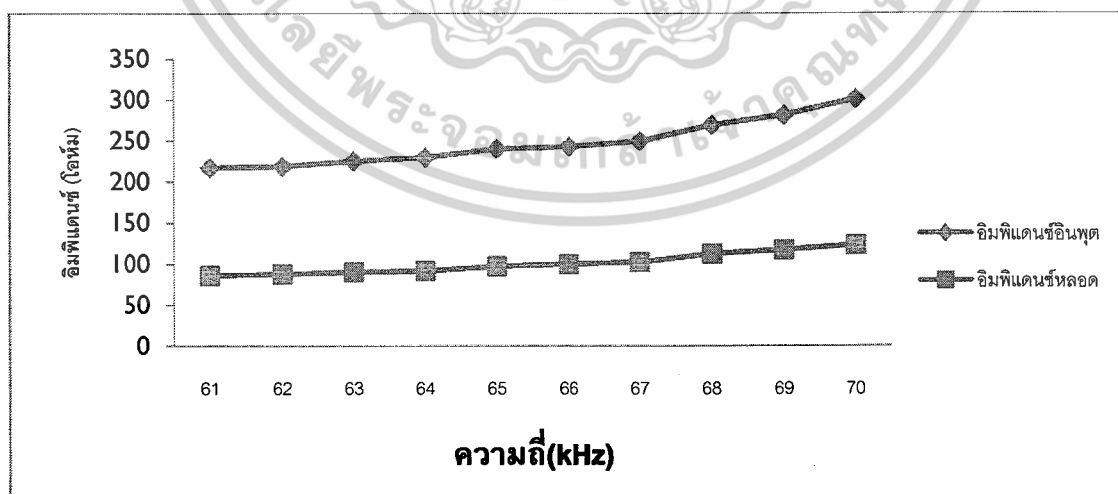
กราฟแสดงอิมพีแดนซ์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความถี่ แสดงในภาพที่ 4.32



ภาพที่ 4.30 กราฟแรงดันคร่อมหลอดเมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่



ภาพที่ 4.31 กราฟกระแสเมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่



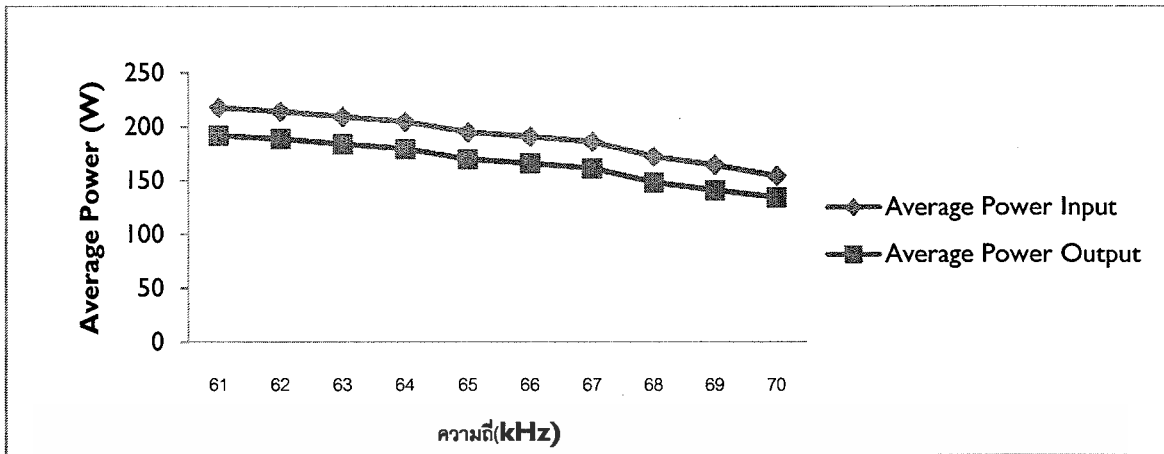
ภาพที่ 4.32 กราฟอิมพีแดนซ์เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

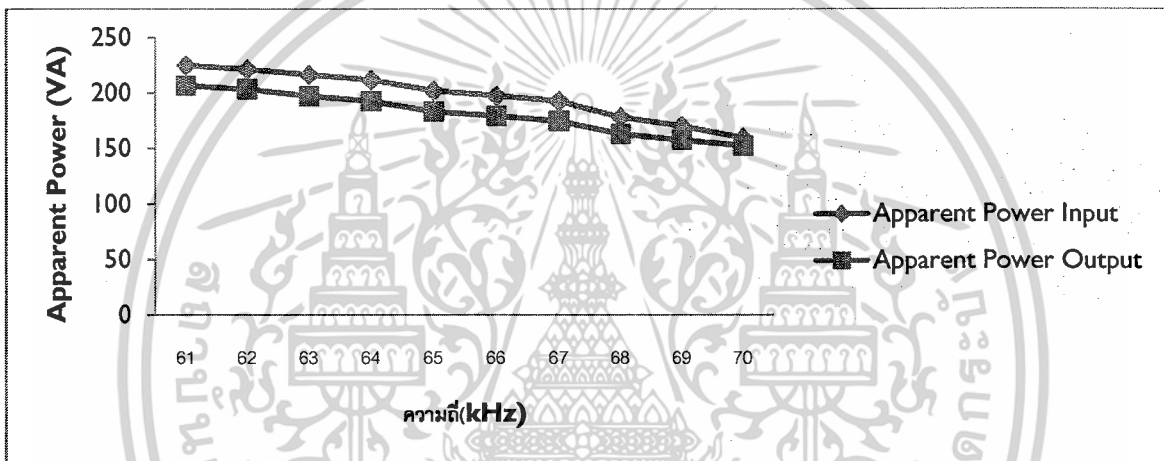
ตารางที่ 4.8 การทดสอบบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าต่าง ๆ ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อปรับความถี่

F (kHz)	Pin (W)	Pout (W)	Sin (VA)	Sout (VA)	Qin (VAR)	Qout (VAR)	Efficiency (%)
61.35	217.8	191.9	225	206.8	56.6	77.2	88.1
62.11	214.2	188.9	221.5	203.5	56.1	75.6	88.18
63.29	209.3	184	216.6	197.5	55.7	71.8	87.97
64.1	204.6	179.6	211.8	192.8	54.8	70.1	87.77
65.79	195	170.1	202	183.3	52.7	68.4	87.01
66.23	190.8	166.2	197.6	179.4	51.5	67.7	87
67.11	186.1	161.5	192.7	174.9	50.2	67.1	86.78
68.49	172.4	148.3	178.4	163.2	45.9	68.3	86.02
69.44	164.7	141.2	170.3	157.8	43.6	70.5	85.73
70.42	154.5	134.5	159.7	152.8	40.4	72.5	87.05

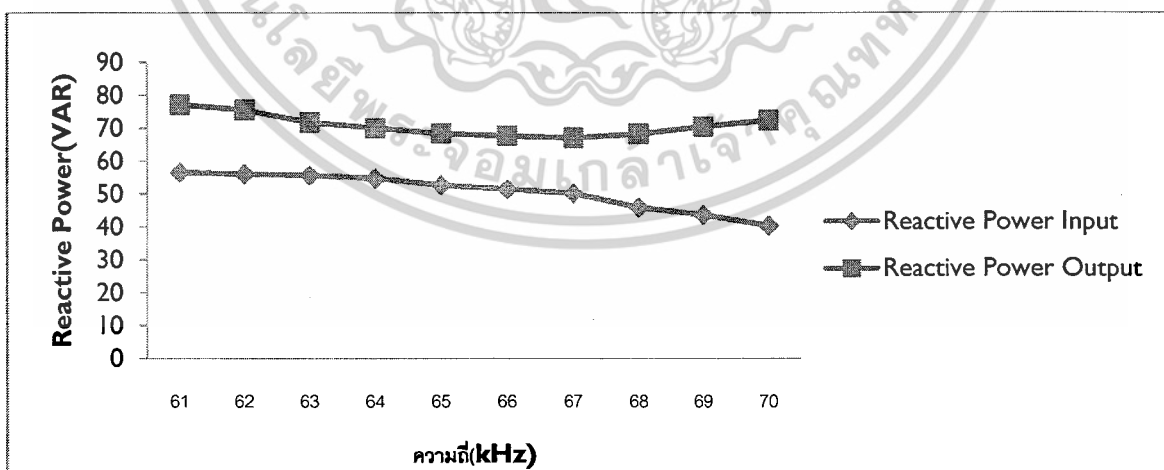
ในตารางที่ 4.8 เป็นการทดสอบบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าต่าง ๆ ประกอบด้วยค่า Average Power, ค่า Apparent Power, ค่า Reactive Power เมื่อปรับค่าความถี่เพื่อควบคุมกำลังไฟฟ้าที่หลอดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทำการพล็อตกราฟกราฟค่า Average Power เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความถี่ แสดงในภาพที่ 4.33 กราฟค่า Apparent Power เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความถี่ แสดงในภาพที่ 4.34 กราฟค่า Reactive Power เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความถี่ แสดงในภาพที่ 4.35 กราฟค่า Power Efficiency (%) เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความถี่ แสดงในภาพที่ 4.36



ภาพที่ 4.33 กราฟ Average Power เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่

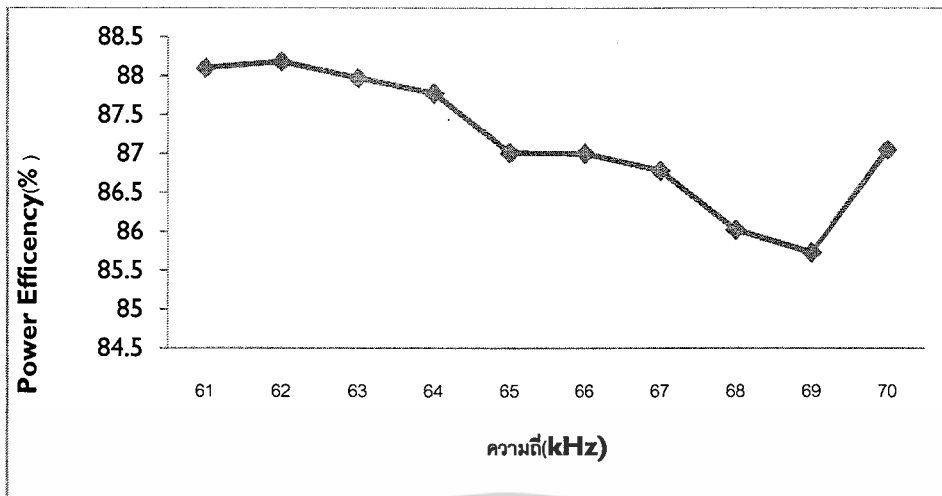


ภาพที่ 4.34 กราฟ Apparent Power เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่



ภาพที่ 4.35 กราฟ Reactive Power เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



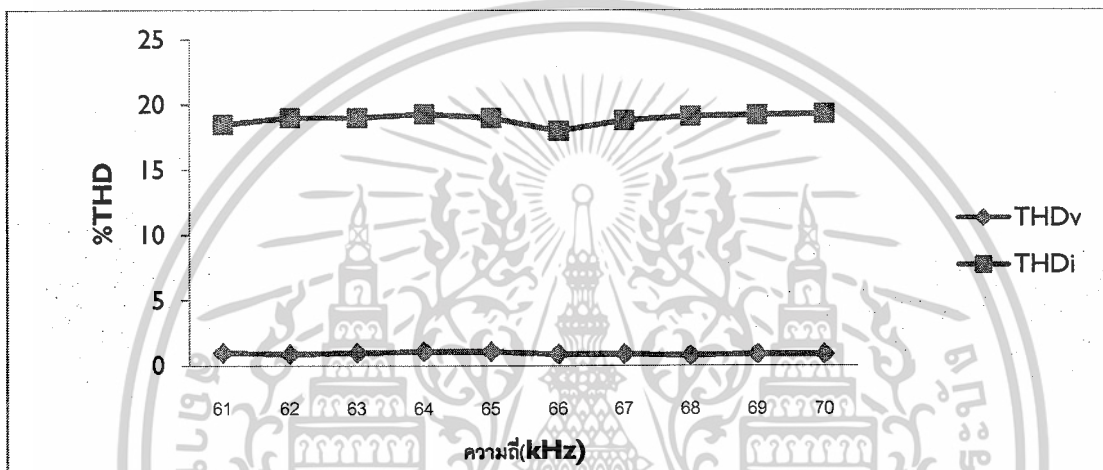
ภาพที่ 4.36 กราฟ Power Efficiency(%) เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่

ตารางที่ 4.9 การทดสอบบันทึกค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์, ค่าความผิดเพี้ยนสัญญาณ, ค่าฟลักซ์ส่องสว่าง ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อปรับความถี่

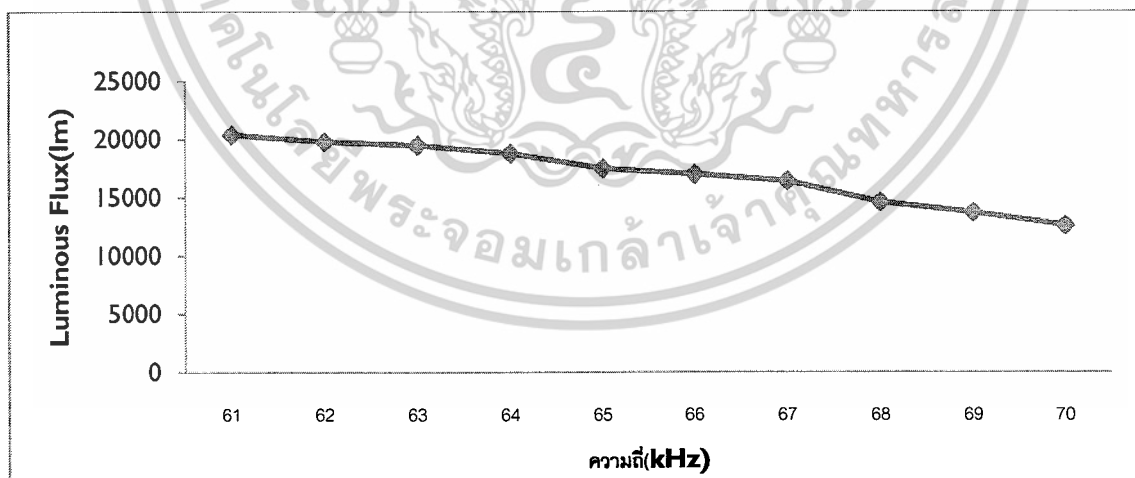
F (kHz)	PF	THDv (%)	THDi (%)	Luminous Flux(lm)	Efficiency (lm/w)
61.35	0.97	1	18.5	20400	93.66
62.11	0.97	0.9	19	19800	92.43
63.29	0.97	1	19	19500	93.167
64.1	0.97	1.1	19.3	18800	91.88
65.79	0.97	1.1	19	17500	89.74
66.23	0.97	0.9	18	17000	89.09
67.11	0.97	0.9	18.8	16400	88.12
68.49	0.97	0.8	19.1	14600	84.68
69.44	0.97	0.9	19.2	13700	83.18
70.42	0.97	0.9	19.3	12600	81.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตารางที่ 4.9 เป็นการทดสอบบันทึกค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์, ค่าความผิดเพี้ยนสัญญาณ, ค่าฟลักซ์ส่องสว่างของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อปรับค่าความถี่เพื่อควบคุมกำลังไฟฟ้าที่หลอดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทำการพล็อตกราฟกราฟค่า THD ทำการปรับเปลี่ยนความถี่ แสดงในภาพที่ 4.37
 กราฟค่า Luminous Flux ทำการปรับเปลี่ยนความถี่ แสดงในภาพที่ 4.38
 กราฟค่า Luminous Flux เมื่อเปรียบเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าแสดงในภาพที่ 4.39
 กราฟค่า Luminous Efficiency ทำการปรับเปลี่ยนความถี่ แสดงในภาพที่ 4.40

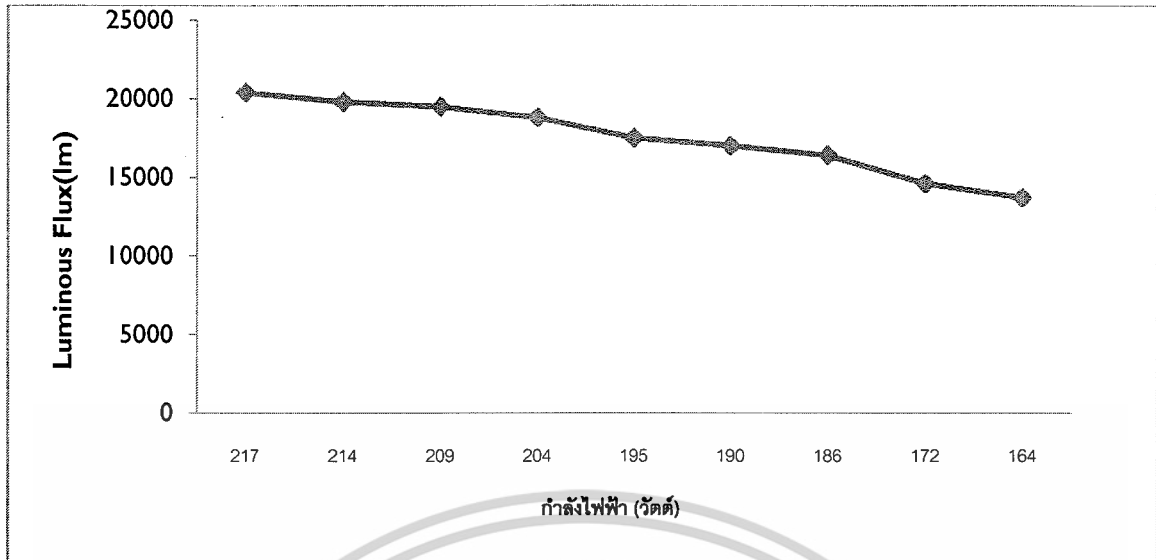


ภาพที่ 4.37 กราฟ %THD เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่

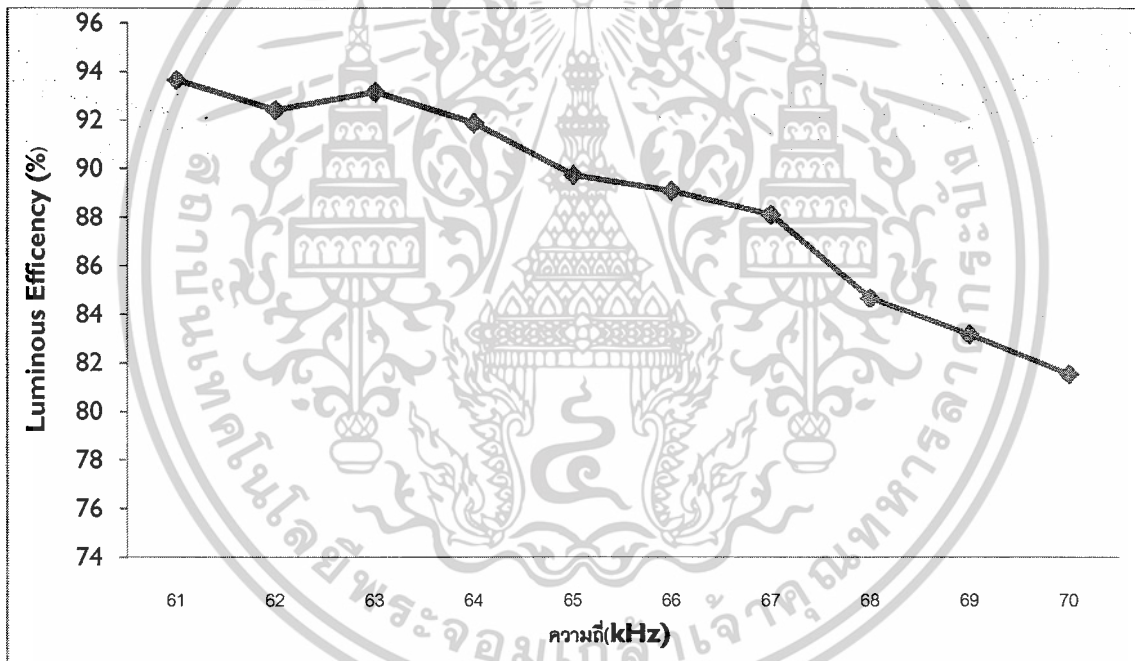


ภาพที่ 4.38 กราฟ Luminous Flux เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.39 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Luminous Flux กับ กำลังไฟฟ้า (วัตต์)



ภาพที่ 4.40 กราฟ Luminous Efficiency เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่

4.6 การเปรียบเทียบผลการบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าและข้อมูลทางแสงของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก, วงจรวาลเลย์ฟิลประกอบกับอินเวอร์เตอร์, วงจรอินเวอร์เตอร์และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ในหัวข้อนี้เป็นการนำเสนอการเปรียบเทียบผลการบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าและข้อมูลทางแสงของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กเปรียบเทียบกับวงจรวาลเลย์ฟิลประกอบกับ

อินเวอร์เตอร์, วงจรอินเวอร์เตอร์และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบผลการบันทึกค่าองค์ประกอบไฟฟ้าและข้อมูลทางแสงของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

การวัดค่าองค์ประกอบต่าง ๆ	บัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
แรงดันอินพุต (โวลต์)	220.21	220.54
กระแสอินพุต (แอมป์)	2.088	0.915
กำลังไฟฟ้าอินพุต (วัตต์)	265.6	194.2
แรงดันคร่อมหลอด (โวลต์)	128.5	133.6
กระแสที่คร่อมหลอด (แอมป์)	2.068	1.373
กำลังไฟฟ้าที่หลอด (วัตต์)	242.8	170.2
ค่า THDv (%)	1.1	1
ค่า THDi (%)	9.3	19
ค่า Power Factor	0.58	0.97
ค่า Power Loss	8.58	12.3
ค่า Power Efficiency	91.4	87.64
ค่า Luminous Flux (lm)	34700	17600
ค่า Luminous Efficiency (w/lm)	130.64	90.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบผลการบันทึกค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าและข้อมูลทางแสงของ
วงจรวาลเลย์ฟิลกับวงจรอินเวอร์เตอร์และวงจรอินเวอร์เตอร์

การวัดค่าองค์ประกอบต่าง ๆ	วงจรวาลเลย์ฟิลกับ วงจรอินเวอร์เตอร์	วงจรอินเวอร์เตอร์
แรงดันอินพุต (โวลต์)	220.53	220.3
กระแสอินพุต (แอมป์)	0.946	1.824
กำลังไฟฟ้าอินพุต (วัตต์)	199.9	237.6
แรงดันคร่อมหลอด (โวลต์)	132.21	129.42
กระแสที่คร่อมหลอด (แอมป์)	1.419	1.824
กำลังไฟฟ้าที่หลอด (วัตต์)	176	214.3
ค่า THDv (%)	1.1	1.1
ค่า THDi (%)	18.6	72.7
ค่า Power Factor	0.96	0.59
ค่า Power Loss	11.95	9.8
ค่า Power Efficiency	88.04	90.19
ค่า Luminous Flux (lm)	19400	23700
ค่า Luminous Efficiency (w/lm)	97.04	99.74

4.7 บทสรุป

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอการทดสอบและผลการทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
ต้นแบบและบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กเมื่อร่วมใช้งานกับหลอดโซเดียมความดันสูง 250 วัตต์ จาก
ผลการทดสอบในส่วนวงจรแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังจะเห็นได้ว่าค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์เท่ากับ
0.95 ค่าความผิดเพี้ยนของกระแสไฟฟ้าด้านอินพุต 19 % ค่าความผิดเพี้ยนของแรงดันอินพุต 1
% จากการทดสอบจะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยกว่าบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก

บทที่ 5

สรุปผลโครงการและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาทดลองและออกแบบสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ต้นแบบที่ผ่านมานั้นได้มีการลองผิดลองถูก โดยเริ่มจากงานวิจัยและโครงการที่ผ่านๆ มาโดยเริ่มจากงานวิจัยและโครงการเกี่ยวกับเรื่องนี้ที่เคยมีการทดลองในวงจรนั้นส่วนอินเวอร์เตอร์นั้นได้รับความเสียหายได้ง่ายจากแรงดันเกินหรือสภาวะต่างๆ จากงานวิจัยที่ผ่านมาขนาดของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีขนาดใหญ่จะได้ออกแบบและสร้างให้ลดขนาดลงแต่ประสิทธิภาพใกล้เคียง และได้ใช้วงจรแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังแบบพาสซีฟ (Valley Fill) ซึ่งวงจรที่สร้างนั้นได้มีประสิทธิภาพ, โครงสร้างง่าย ขนาดและน้ำหนักที่ลดลง

5.1 สรุปผลโครงการ

การวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดโซเดียมความดันสูง 250 วัตต์ โดยใช้ LCC อินเวอร์เตอร์กึ่งบริดจ์ในการจุดหลอด โดยมีเป้าหมายให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพและคุณสมบัติตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เพื่อทดสอบการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ คือ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่าที่ 0.90, ค่าความผิดเพี้ยนของกระแสอินพุตไม่เกิน 25%, ระบบไฟฟ้าป้อนเข้า 200-245 โวลต์, ค่า Ballast Lumen Factor ไม่น้อยกว่า 80 % ประสิทธิภาพของระบบมากกว่า 90%

จากการทดสอบและผลการทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ต้นแบบที่ได้นำเสนอกล่าวถึงในบทที่ 4 สามารถสรุปผลโครงการได้ดังนี้

1. ค่าความสูญเสียที่ตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Watt loss) ต่ำกว่าบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก
2. ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าสูงกว่าบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก
3. ค่าความผิดเพี้ยนของสัญญาณแรงดันทางอินพุต (THDV%) น้อยกว่าบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลโครงการงานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบสร้างขึ้นให้ผลเป็นที่น่าพอใจตามเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้

5.2 ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนา

1. เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพมากขึ้น ควรพัฒนาปรับปรุงในส่วนวงจรจุดหลอด เพื่อให้เพิ่มกำลังไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นลดการสูญเสียของพลังงานไฟฟ้า
2. พัฒนาให้สามารถใช้ร่วมกับหลอดความดันสูงได้หลายๆ ชนิด เช่น หลอดเมทัลฮาไลด์ และหลอดไอปรอท ซึ่งบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กสามารถใช้ร่วมกันได้
3. ปรับปรุงในส่วนวงจรแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้ความผิดเพี้ยนสัญญาณกระแสลดลง (THDi%)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] John Chi Wo Lam "A Modified Valley Fill Electronic Ballast Having a Current Source Resonant Inverter With Improved Line-Current Total Harmonic Distortion (THD), High Power Factor , and Low Lamp Crest Factor" IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 55, NO. 3, MARCH 2008
- [2] John Lam and Praveen K. Jain "A New Passive Valley Fill Dimming Electronic Ballast with Extended Line Current Conduction Angle" IEEE Fellow and Canada Research Chair in Power Electronics Power Electronics Applied Research Laboratory (PEARL) Queen's University, Kingston, CANADA
- [3] John Lam, Praveen K. Jain, "A Novel Concept of Employing Current Source Inverter in Valley Fill Electronic Ballasts With Dimming Capability and Low Crest Factor" 0-7803-9252-3/05/\$20.00 @2005 IEEE.
- [4] Christian Branas,Franciso J. Azcondo,Salvador Bracho"Evaluation of an electronic ballast circuit for HID lamps with passive power factor correction" 0-7803-7474-6/02/\$17.00@2002 IEEE
- [5] John Lam, Praveen K. Jain "A Novel Dimming Electronic Ballast with Improved Crest Factor Using Valley Fill Current Source Resonant Inverter" IEEE ISIE 2006, July 9-12, 2006, Montreal, Quebec, Canada
- [6] Gyun Chae, Yong-Sik Youn and Gyu-Hyeong Cho "High Power Factor Correction Circuit using Valley Charge-Pumping for Low Cost Electronic Ballasts" 0-7803-4489-8/98/\$10.00 @ 1998 IEEE
- [7] Dylan Dah-Chuan Lu "Analysis of an AC-DC Valley-Fill Power Factor Corrector (VFPC)" Manuscript received on March 30, 2007; revised on July 23, 2007.
- [8] Wang Wei, Zhang Weiqiang, Gao Guoan, Xu Dianguo, "A study of an electronic ballast for high pressure sodium lamp" Power Electronics and Motion Control Conference, 2000 Proceedings. IPEMC 2000.The Third International Volume 3, 15-18 Aug. 2000 Page(s):1056-1060 vol.3
- [9] Jianqiang Wang, Dianguo Xu, Hua Yang, "Practical design considerations of LCC resonant inverter for metal halide electronic ballasts" Industrial

Technology, 2003 IEEE International Conference on Volum 2, 10-12 Dec. 2003
Page(s) : 648-651 Vol.2

- [10] Zhang Weiqiang, Xu Dianguo, "Novel constant power control of electronic ballast for HPS lamps" Industrial Technology, 2002. IEEE ICIT '02. 2002 IEEE International Conference on Volume 1,11-14 Dec.2002 Page(s):129-132 vol.1
- [11] Branas C., Azcondo F.J., Bracho, S., "Evaluation of an electronic ballast circuit for HID lamps with passive power factor correction" IECON 02 [Industrial Electronics Society, IEEE 2002 28th Annual Conference of the] Volume 1, 5-8 Nov.2002 Page(s): 371-376 vol.1
- [12] วีระเชษฐ์ ชันเงิน, วุฒิพล ชาราธิ์เศรษฐ์ อิเล็กทรอนิกส์กำลัง. กรุงเทพฯ : หุ่นส่วนกำจัดวี.เจ. ฟรินดิง. 2547
- [13] วรวัฒน์ ถาวรไพศาลกุล, "บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดโซเดียมความดันไอสูง", วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2548
- [14] วรวัฒน์ ตั้งศรีอนุกุล, "การพัฒนาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดก๊าซดิสชาร์จความดันสูง", วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2549
- [15] ภูธร พงษ์ไทย, "การออกแบบและวิเคราะห์บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดโซเดียมความดันสูง 250 วัตต์ โดยใช้ LCC อินเวอร์เตอร์กึ่งบริดจ์ที่มีการควบคุมกำลังไฟฟ้าที่หลอดลงที่", วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SELF-OSCILLATING HALF-BRIDGE DRIVER

Features

- Integrated 600V half-bridge gate driver
- 15.6V zener clamp on V_{CC}
- True micropower start up
- Tighter initial deadtime control
- Low temperature coefficient deadtime
- Shutdown feature (1/6th V_{CC}) on C_T pin
- Increased undervoltage lockout Hysteresis (1V)
- Lower power level-shifting circuit
- Constant LO, HO pulse widths at startup
- Lower di/dt gate driver for better noise immunity
- Low side output in phase with RT
- Internal 50nsec (typ.) bootstrap diode (IR2153D)
- Excellent latch immunity on all inputs and outputs
- ESD protection on all leads
- Also available LEAD-FREE

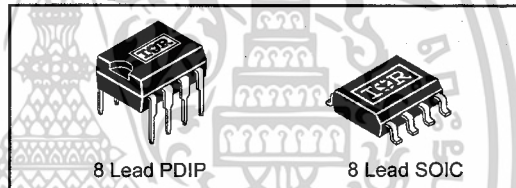
Product Summary

V _{OFFSET}	600V max.
Duty Cycle	50%
T _r /T _p	80/40ns
V _{clamp}	15.6V
Deadtime (typ.)	1.2 μs

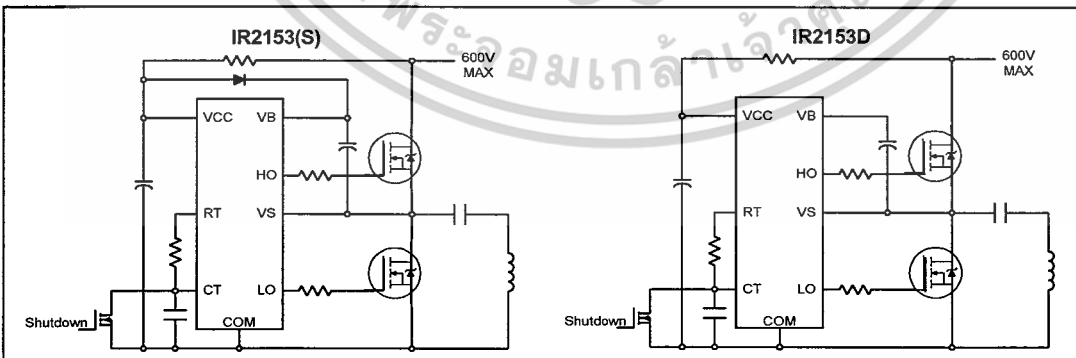
Description

The IR2153D(S) are an improved version of the popular IR2155 and IR2151 gate driver ICs, and incorporates a high voltage half-bridge gate driver with a front end oscillator similar to the industry standard CMOS 555 timer. The IR2153 provides more functionality and is easier to use than previous ICs. A shutdown feature has been designed into the C_T pin, so that both gate driver outputs can be disabled using a low voltage control signal. In addition, the gate driver output pulse widths are the same once the rising undervoltage lockout threshold on V_{CC} has been reached, resulting in a more stable profile of frequency vs time at startup. Noise immunity has been improved significantly, both by lowering the peak di/dt of the gate drivers, and by increasing the undervoltage lockout hysteresis to 1V. Finally, special attention has been paid to maximizing the latch immunity of the device, and providing comprehensive ESD protection on all pins.

Packages



Typical Connections



IR2153(D)(S) & (PbF)

NOTE: For new designs, we recommend IR's new product IRS2153D

International
IR Rectifier

Absolute Maximum Ratings

Absolute maximum ratings indicate sustained limits beyond which damage to the device may occur. All voltage parameters are absolute voltages referenced to COM, all currents are defined positive into any lead. The thermal resistance and power dissipation ratings are measured under board mounted and still air conditions.

Symbol	Definition	Min.	Max.	Units	
V _B	High side floating supply voltage	-0.3	625	V	
V _S	High side floating supply offset voltage	V _B - 25	V _B + 0.3		
V _{HO}	High side floating output voltage	V _S - 0.3	V _B + 0.3		
V _{LO}	Low side output voltage	-0.3	V _{CC} + 0.3		
V _{RT}	R _T pin voltage	-0.3	V _{CC} + 0.3		
V _{CT}	C _T pin voltage	-0.3	V _{CC} + 0.3		
I _{CC}	Supply current (note 1)	—	25	mA	
I _{RT}	R _T pin current	-5	5		
dV _S /dt	Allowable offset voltage slew rate	-50	50	V/ns	
P _D	Maximum power dissipation @ T _A ≤ +25°C	(8 Lead DIP)	—	1.0	W
		(8 Lead SOIC)	—	0.625	
R _{thJA}	Thermal resistance, junction to ambient	(8 Lead DIP)	—	125	°C/W
		(8 Lead SOIC)	—	200	
T _J	Junction temperature	-55	150	°C	
T _S	Storage temperature	-55	150		
T _L	Lead temperature (soldering, 10 seconds)	—	300		

Recommended Operating Conditions

For proper operation the device should be used within the recommended conditions.

Symbol	Definition	Min.	Max.	Units
V _{BS}	High side floating supply voltage	V _{CC} - 0.7	V _{CLAMP}	V
V _S	Steady state high side floating supply offset voltage	-3.0 (note 2)	600	
V _{CC}	Supply voltage	10	V _{CLAMP}	
I _{CC}	Supply current	(note 3)	5	mA
T _J	Junction temperature	-40	125	°C

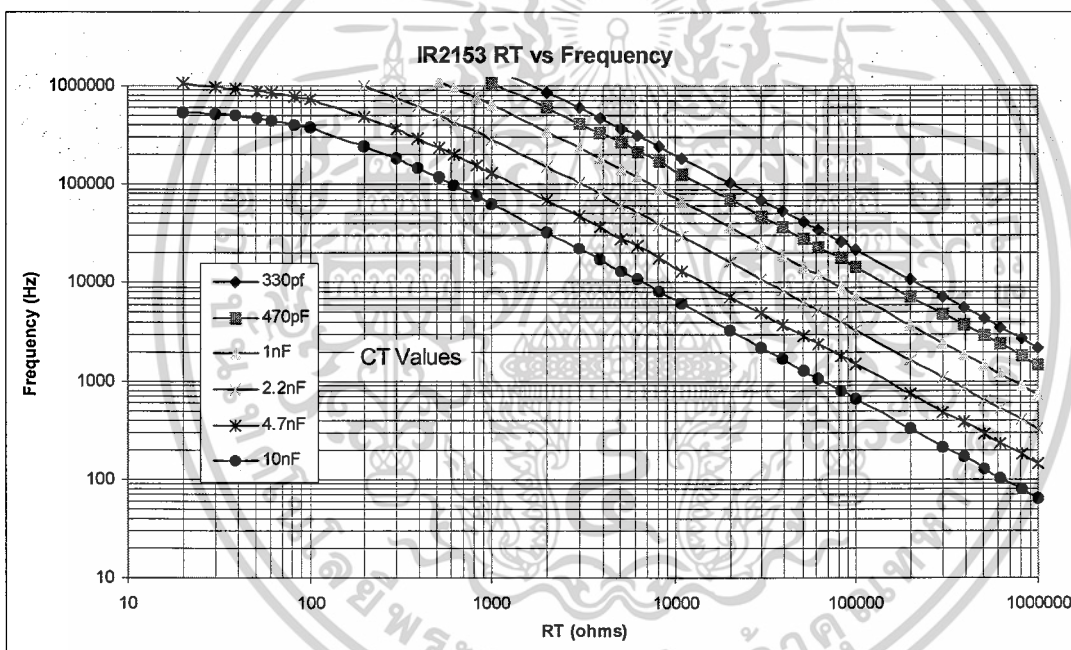
Note 1: This IC contains a zener clamp structure between the chip V_{CC} and COM which has a nominal breakdown voltage of 15.6V. Please note that this supply pin should not be driven by a DC, low impedance power source greater than the V_{CLAMP} specified in the Electrical Characteristics section.

Note 2: Care should be taken to avoid output switching conditions where the V_S node flies inductively below ground by more than 5V.

Note 3: Enough current should be supplied to the V_{CC} pin of the IC to keep the internal 15.6V zener diode clamping the voltage at this pin.

Recommended Component Values

Symbol	Component	Min.	Max.	Units
R _T	Timing resistor value	10	—	kΩ
C _T	C _T pin capacitor value	330	—	pF



IR2153(D)(S) & (PbF)

NOTE: For new designs, we recommend IR's new product IRS2153D

International
IR Rectifier

Electrical Characteristics

VBIAS (V_{CC}, V_{BS}) = 12V, C_L = 1000 pF, C_T = 1 nF and T_A = 25°C unless otherwise specified. The V_{IN}, V_{TH} and I_{IN} parameters are referenced to COM. The V_O and I_O parameters are referenced to COM and are applicable to the respective output leads: HO or LO.

Low Voltage Supply Characteristics							
Symbol	Definition	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions	
V _{CCUV+}	Rising V _{CC} undervoltage lockout threshold	8.1	9.0	9.9	V		
V _{CCUV-}	Falling V _{CC} undervoltage lockout threshold	7.2	8.0	8.8			
V _{CCUVH}	V _{CC} undervoltage lockout Hysteresis	0.5	1.0	1.5			
I _{QCCUV}	Micropower startup V _{CC} supply current	—	75	150	μA	V _{CC} ≤ V _{CCUV-}	
I _{QCC}	Quiescent V _{CC} supply current	—	500	950			
V _{CLAMP}	V _{CC} zener clamp voltage	14.4	15.6	16.8	V	I _{CC} = 5mA	
Floating Supply Characteristics							
Symbol	Definition	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions	
I _{QBSUV}	Micropower startup V _{BS} supply current	—	0	10	μA	V _{CC} ≤ V _{CCUV-}	
I _{QBS}	Quiescent V _{BS} supply current	—	30	50			
V _{BSMIN}	Minimum required V _{BS} voltage for proper functionality from R _T to HO	—	4.0	5.0	V	V _{CC} = V _{CCUV+} + 0.1V	
I _{LK}	Offset supply leakage current	—	—	50	μA	V _B = V _S = 600V	
V _F	Bootstrap diode forward voltage (IR2153D)	0.5	—	1.0	V	I _F = 250mA	
Oscillator I/O Characteristics							
Symbol	Definition	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions	
f _{osc}	Oscillator frequency	19.4	20	20.6	kHz	R _T = 36.9kΩ	
		94	100	106		R _T = 7.43kΩ	
d	R _T pin duty cycle	48	50	52	%	f _o < 100kHz	
I _{CT}	C _T pin current	—	0.001	1.0	μA		
I _{CTUV}	UV-mode C _T pin pulldown current	0.30	0.70	1.2	mA	V _{CC} = 7V	
V _{CT+}	Upper C _T ramp voltage threshold	—	8.0	—	V		
V _{CT-}	Lower C _T ramp voltage threshold	—	4.0	—			
V _{CTSD}	C _T voltage shutdown threshold	1.8	2.1	2.4			
V _{RT+}	High-level R _T output voltage, V _{CC} - V _{RT}	—	10	50	mV	I _{RT} = 100μA I _{RT} = 1mA	
		—	100	300			
V _{RT-}	Low-level R _T output voltage	—	10	50			
		—	100	300			
V _{RTUV}	UV-mode R _T output voltage	—	0	100			V _{CC} ≤ V _{CCUV-}
V _{RTSD}	SD-Mode R _T output voltage, V _{CC} - V _{RT}	—	10	50			I _{RT} = 100μA, V _{CT} = 0V
		—	10	300			I _{RT} = 1mA, V _{CT} = 0V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

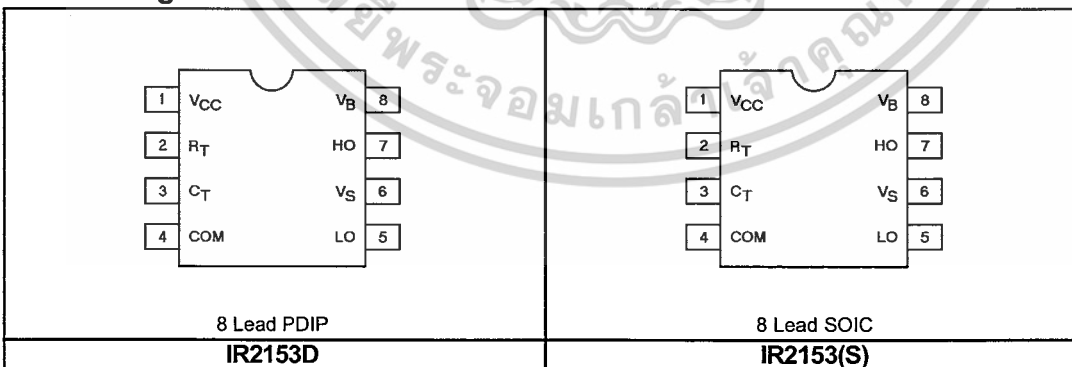
Electrical Characteristics (cont.)

Gate Driver Output Characteristics						
Symbol	Definition	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
V _{OH}	High level output voltage, V _{BIAS} -V _O	—	0	100	mV	I _O = 0A
V _{OL}	Low-level output voltage, V _O	—	0	100		I _O = 0A
V _{OL_UV}	UV-mode output voltage, V _O	—	0	100		I _O = 0A V _{CC} ≤ V _{CCUV}
t _r	Output rise time	—	80	150	nsec	
t _f	Output fall time	—	45	100		
t _{sd}	Shutdown propagation delay	—	660	—		
t _d	Output deadtime (HO or LO)	0.75	1.20	1.65	μsec	

Lead Definitions

Symbol	Description
V _{CC}	Logic and internal gate drive supply voltage
R _T	Oscillator timing resistor input
C _T	Oscillator timing capacitor input
COM	IC power and signal ground
LO	Low side gate driver output
V _S	High voltage floating supply return
HO	High side gate driver output
V _B	High side gate driver floating supply

Lead Assignments



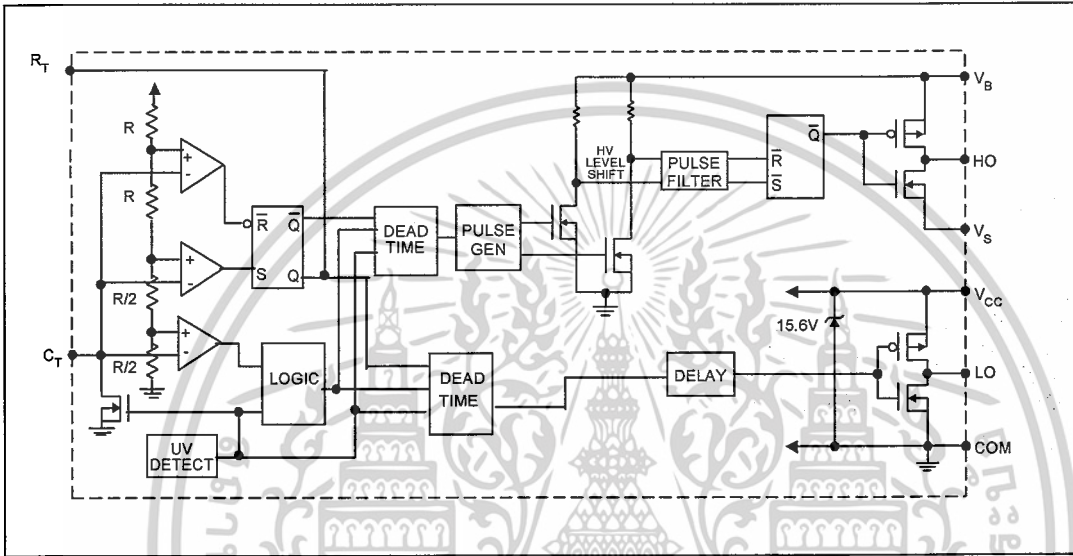
NOTE: The IR2153D is offered in 8 lead PDIP only.

IR2153(D)(S) & (PbF)

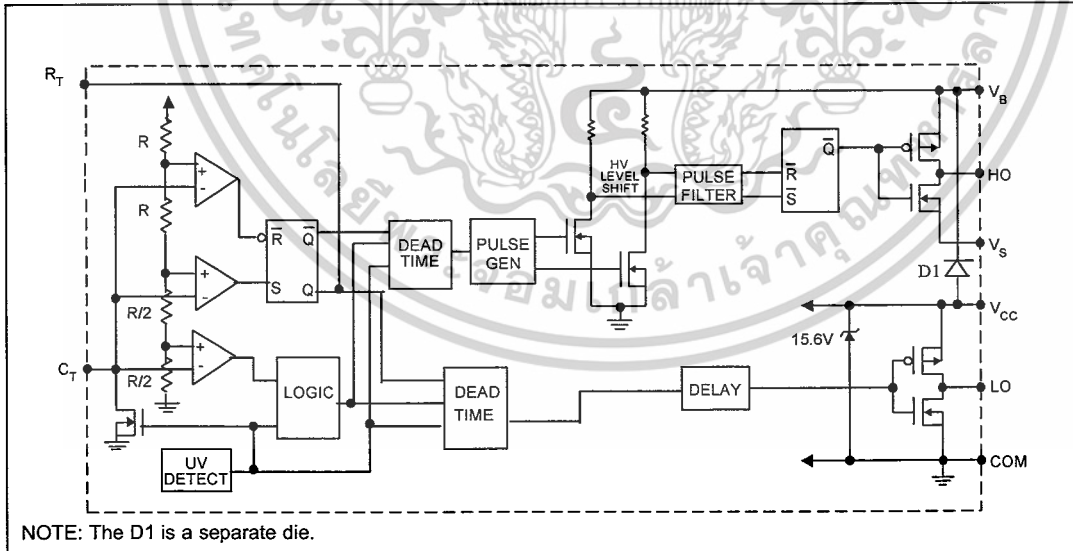
NOTE: For new designs, we recommend IR's new product IRS2153D

International
IR Rectifier

Functional Block Diagram for IR2153(S)



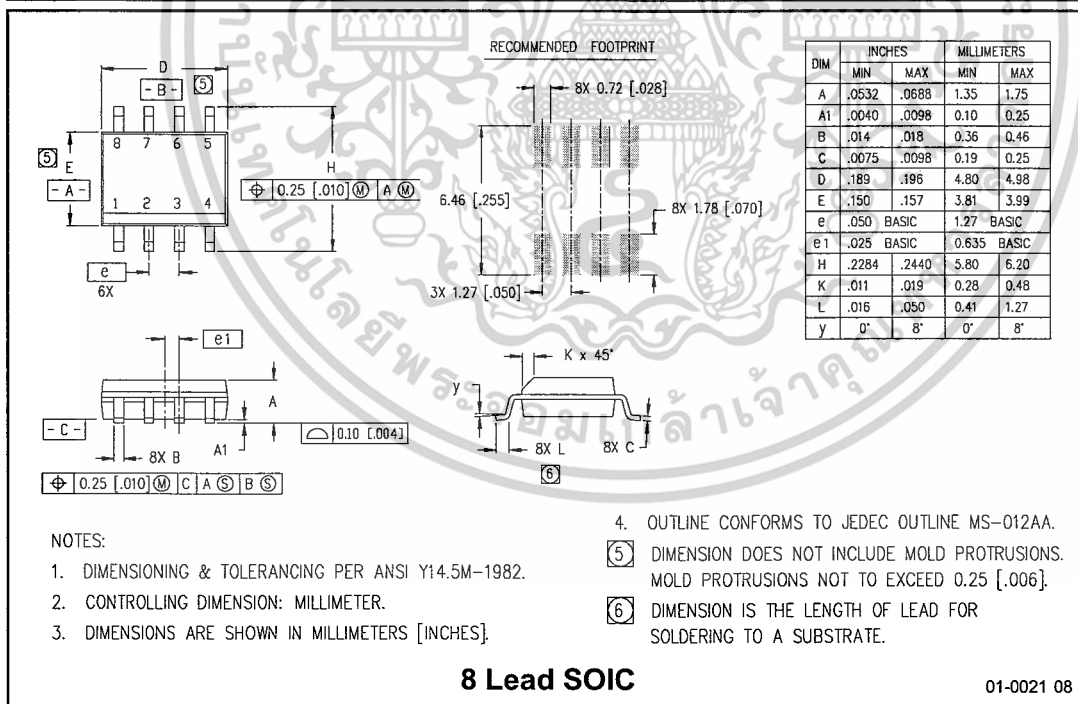
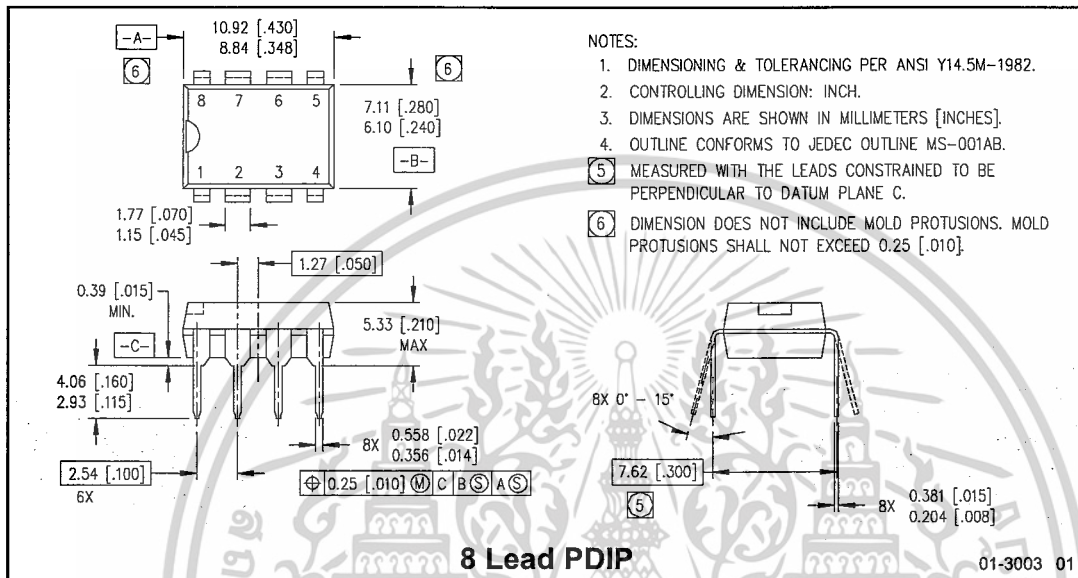
Functional Block Diagram for IR2153D



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IR2153(D)(S) & (PbF)

NOTE: For new designs, we recommend
IR's new product IRS2153D



IR2153(D)(S) & (PbF)

NOTE: For new designs, we recommend IR's new product IRS2153D

International
IR Rectifier

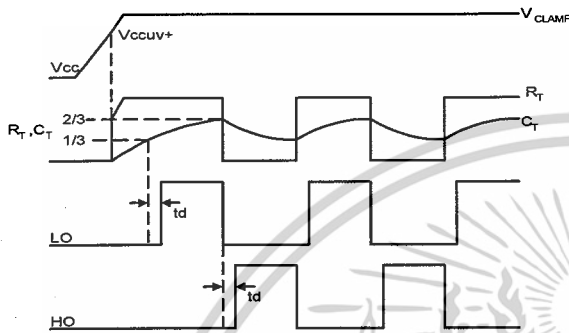


Figure 1. Input/Output Timing Diagram

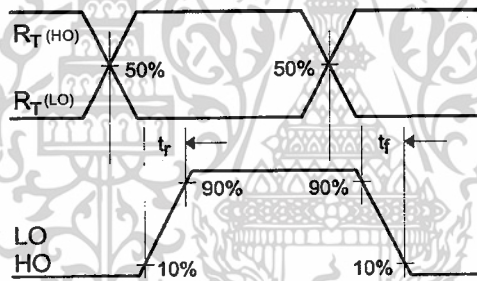


Figure 2. Switching Time Waveform Definitions

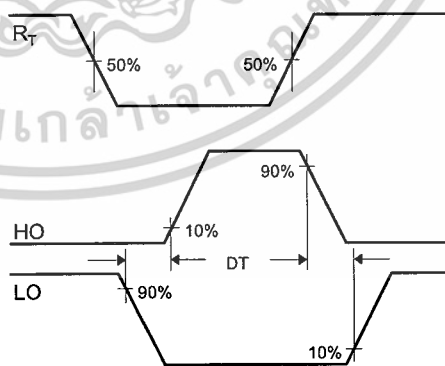
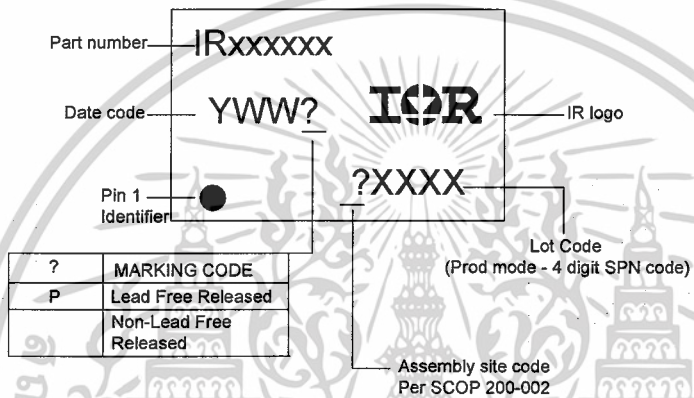


Figure 3. Deadtime Waveform Definitions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LEADFREE PART MARKING INFORMATION



ORDER INFORMATION

Basic Part (Non-Lead Free)

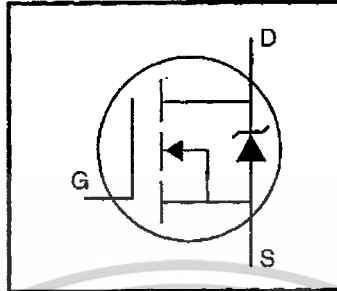
- 8-Lead PDIP IR2153 order IR2153
- 8-Lead SOIC IR2153S order IR2153S
- 8-Lead PDIP IR2153D order IR2153D

Leadfree Part

- 8-Lead PDIP IR2153 order IR2153PbF
- 8-Lead SOIC IR2153S order IR2153SPbF
- 8-Lead PDIP IR2153D order IR2153DPbF

HEXFET® Power MOSFET

Dynamic dv/dt Rating
 Repetitive Avalanche Rated
 Fast Switching
 Ease of Paralleling
 Simple Drive Requirements



$$V_{DSS} = 500V$$

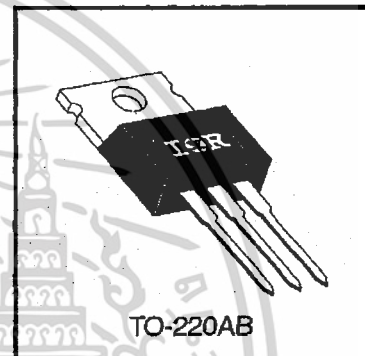
$$R_{DS(on)} = 0.85\Omega$$

$$I_D = 8.0A$$

Description

Third Generation HEXFETs from International Rectifier provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.


 DATA
 SHEETS

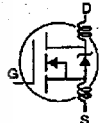
Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
I_D @ $T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	8.0	A
I_D @ $T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	5.1	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	32	
P_D @ $T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	125	W
	Linear Derating Factor	1.0	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy ②	510	mJ
I_{AR}	Avalanche Current ①	8.0	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy ①	13	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	3.5	V/ns
T_J T_{STG}	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +150	°C
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting Torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf•in (1.1 N•m)	

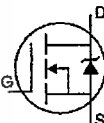
Thermal Resistance

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	—	1.0	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	—	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	—	62	

Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	500	—	—	V	$V_{GS}=0V, I_D=250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.78	—	V/°C	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D=1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.85	Ω	$V_{GS}=10V, I_D=4.8A$ ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS}=V_{GS}, I_D=250\mu A$
g_{fs}	Forward Transconductance	4.9	—	—	S	$V_{DS}=50V, I_D=4.8A$ ④
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	$V_{DS}=500V, V_{GS}=0V$
		—	—	250		$V_{DS}=400V, V_{GS}=0V, T_J=125^\circ\text{C}$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS}=20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		$V_{GS}=-20V$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	63	nC	$I_D=8.0A$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	9.3		$V_{DS}=400V$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	32		$V_{GS}=10V$ See Fig. 6 and 13 ④
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	14	—	ns	$V_{DD}=250V$
t_r	Rise Time	—	23	—		$I_D=8.0A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	49	—		$R_G=9.1\Omega$
t_f	Fall Time	—	20	—		$R_D=31\Omega$ See Figure 10 ④
L_D	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6 mm (0.25in.) from package and center of die contact 
L_S	Internal Source Inductance	—	7.5	—		
C_{iss}	Input Capacitance	—	1300	—	pF	$V_{GS}=0V$
C_{oss}	Output Capacitance	—	310	—		$V_{DS}=25V$
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	—	120	—		$f=1.0\text{MHz}$ See Figure 5

Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	8.0	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. 
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	32		
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	2.0	V	$T_J=25^\circ\text{C}, I_S=8.0A, V_{GS}=0V$ ④
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	460	970	ns	$T_J=25^\circ\text{C}, I_F=8.0A$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	4.2	8.9	μC	$di/dt=100A/\mu s$ ④
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S+L_D)				

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature (See Figure 11)
- ② $V_{DD}=50V$, starting $T_J=25^\circ\text{C}$, $L=14\text{mH}$, $R_G=25\Omega$, $I_S=8.0A$ (See Figure 12)
- ③ $I_{SD}\leq 8.0A$, $di/dt\leq 100A/\mu s$, $V_{DD}\leq V_{(BR)DSS}$, $T_J\leq 150^\circ\text{C}$
- ④ Pulse width $\leq 300\mu s$; duty cycle $\leq 2\%$.

DATA SHEETS

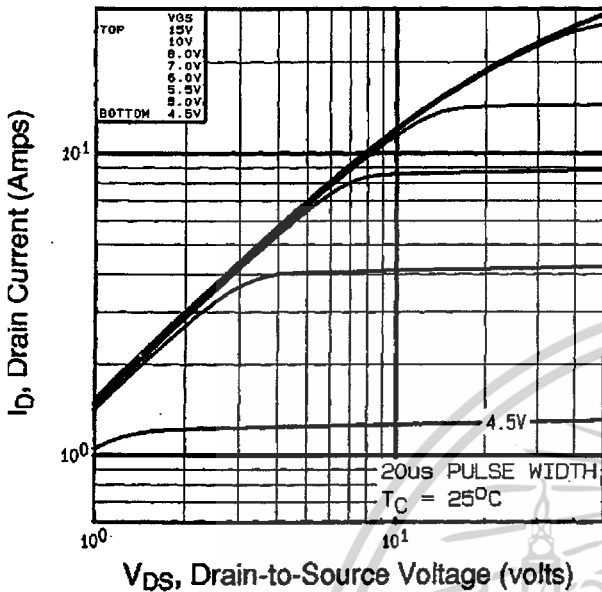


Fig 1. Typical Output Characteristics, $T_C=25^\circ\text{C}$

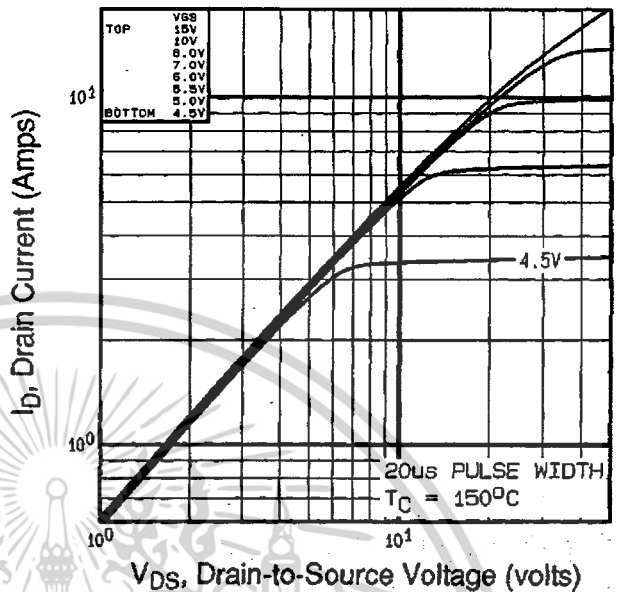


Fig 2. Typical Output Characteristics, $T_C=150^\circ\text{C}$

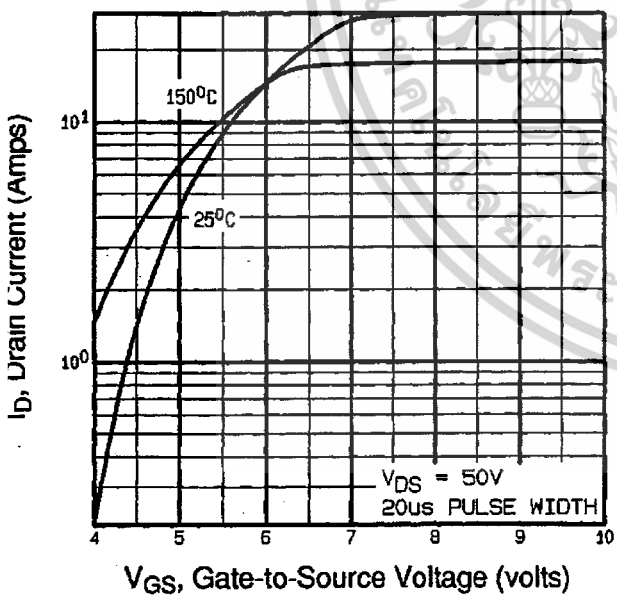


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

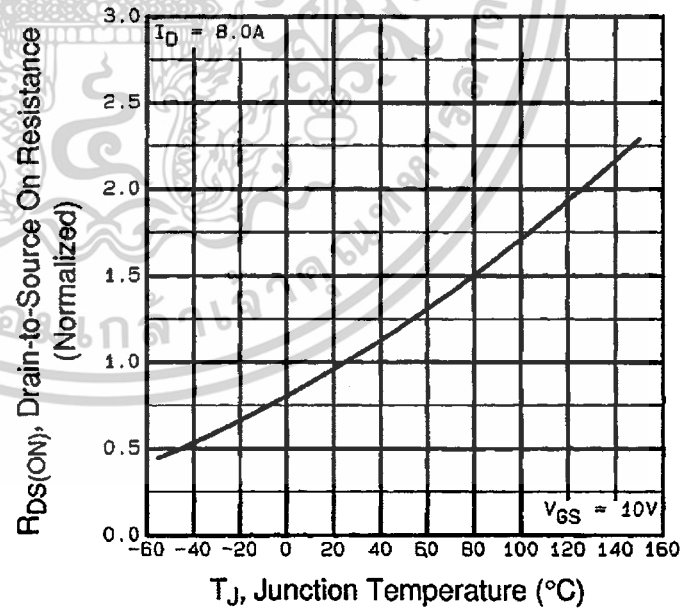


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

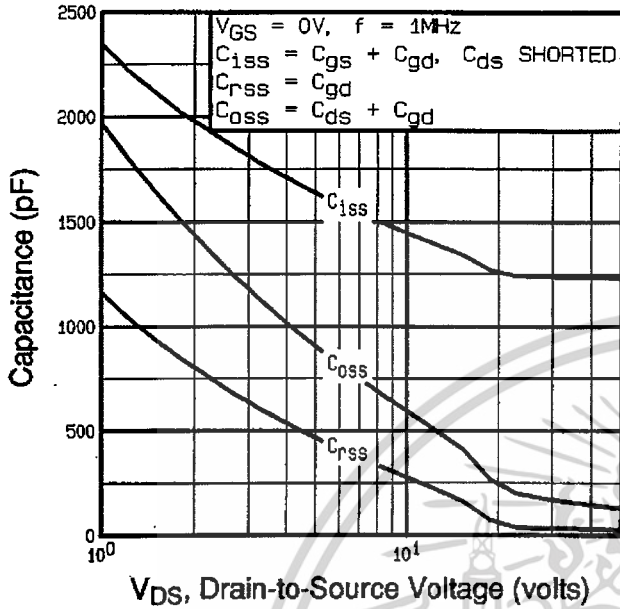


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

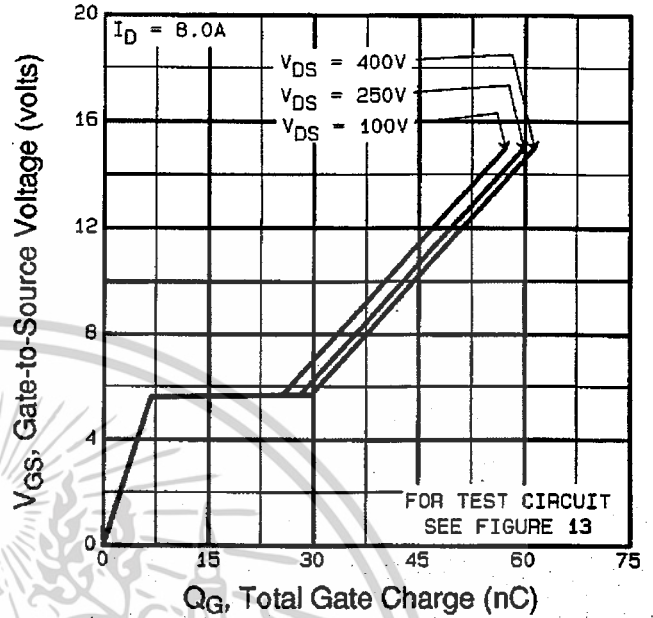


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

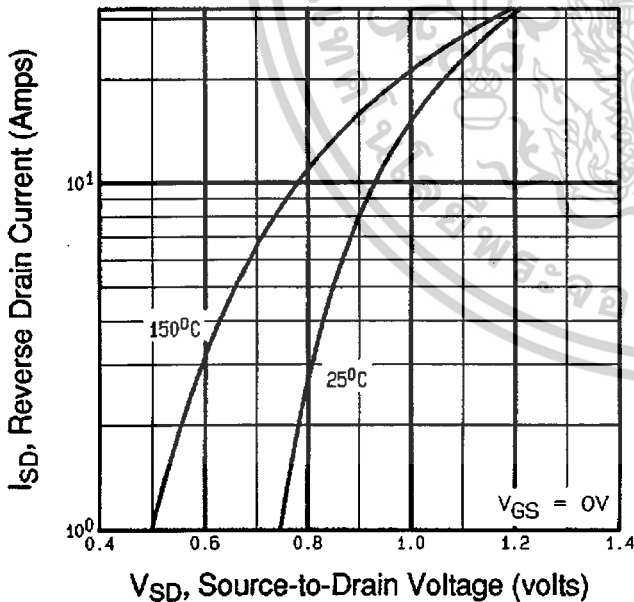


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

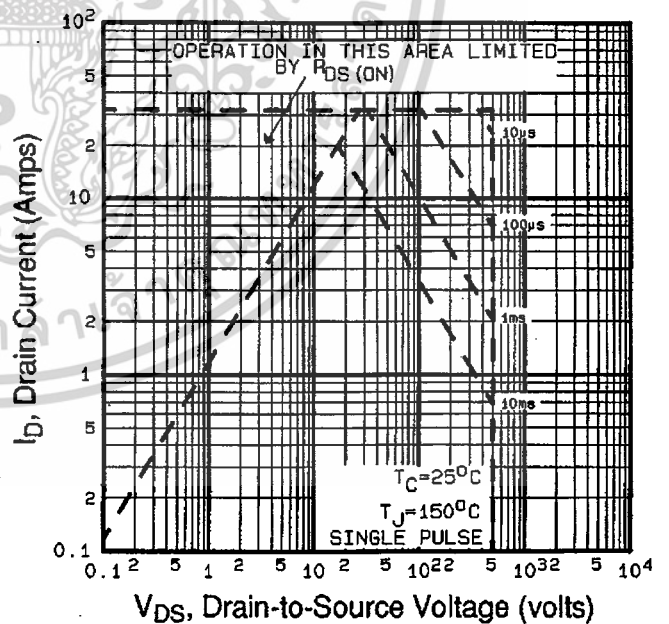


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

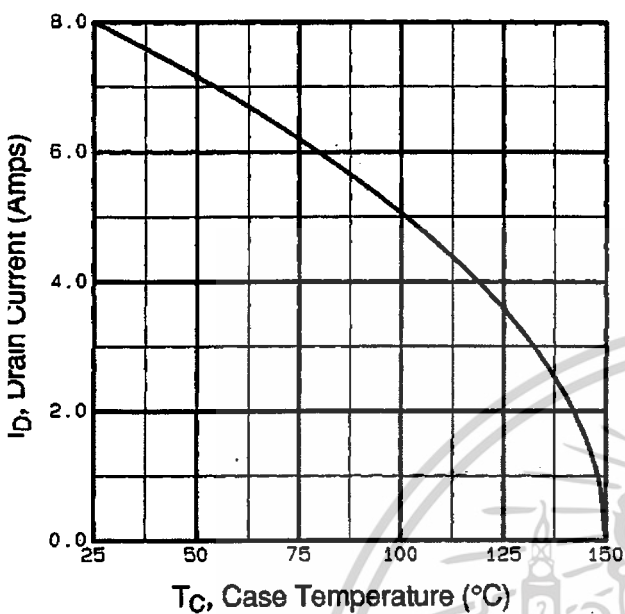


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

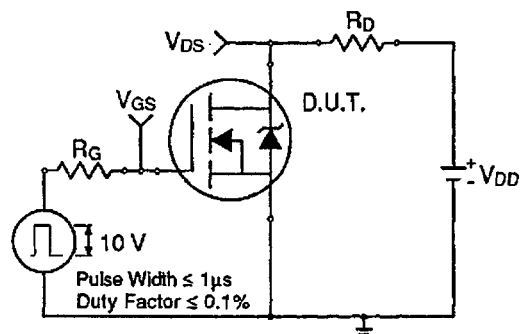


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

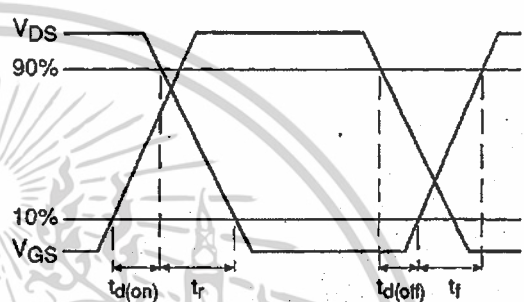


Fig 10b. Switching Time Waveforms

DATA SHEETS

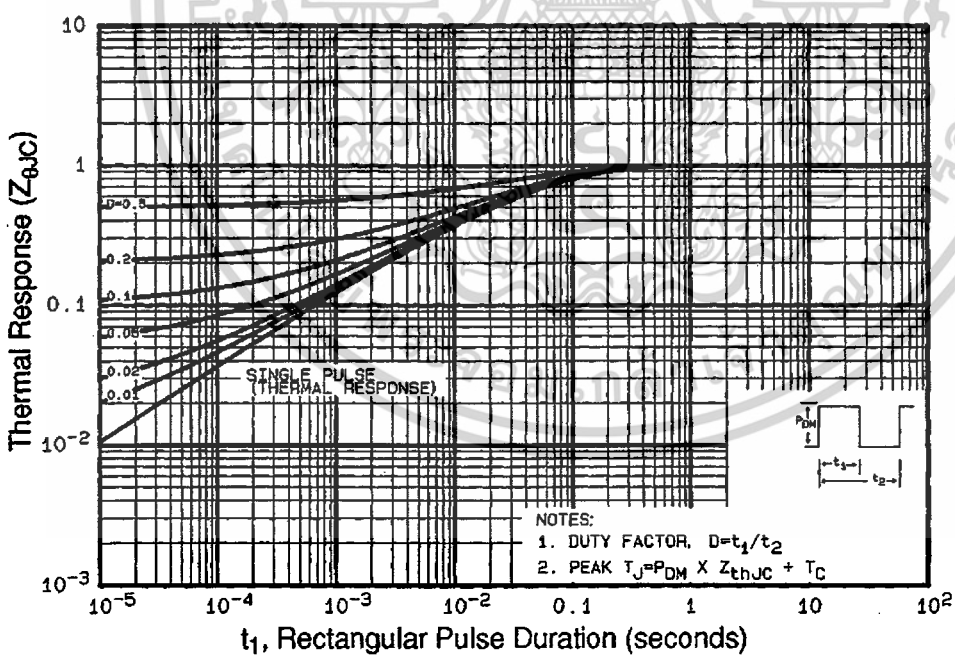


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

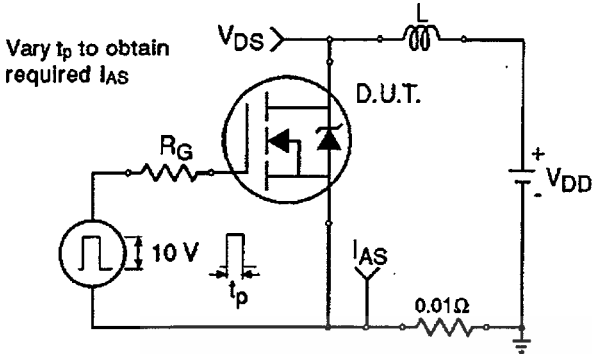


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

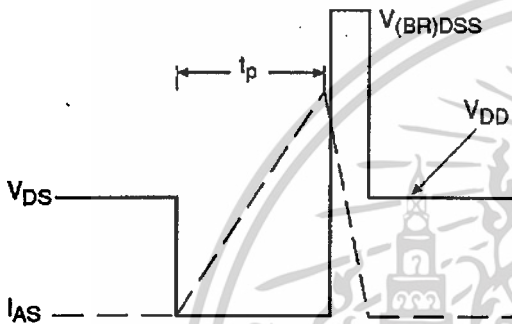


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

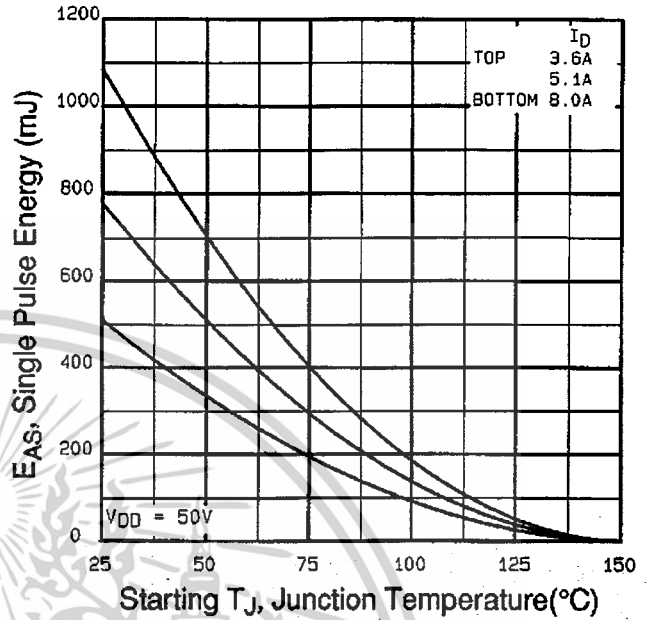


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

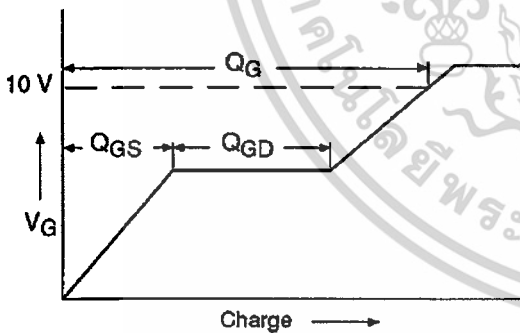


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

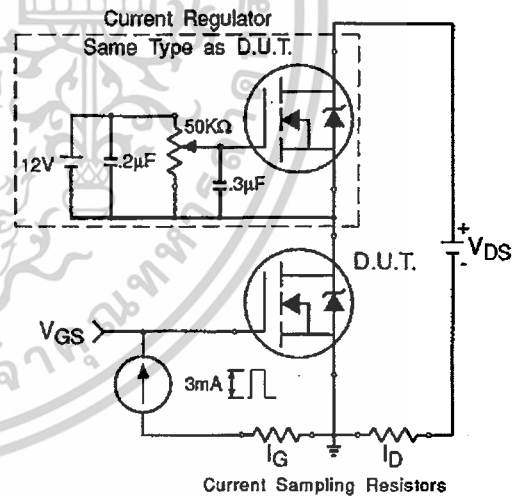


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

Appendix A: Figure 14, Peak Diode Recovery dv/dt Test Circuit – See page 1505

Appendix B: Package Outline Mechanical Drawing – See page 1509

Appendix C: Part Marking Information – See page 1516

Appendix E: Optional Leadforms – See page 1525

**International
IR Rectifier**



MUR105 THRU MUR160

1.0 AMP. ULTRA FAST RECTIFIERS

VOLTAGE RANGE

50 to 1000 Volts

CURRENT

1.0 Ampere

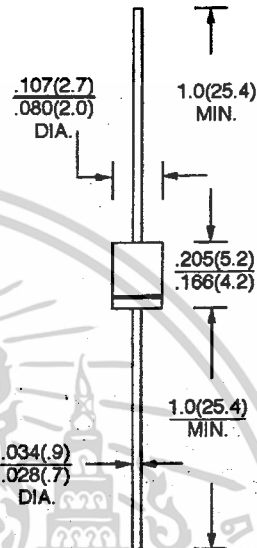
FEATURES

- * Low forward voltage drop
- * High current capability
- * High reliability
- * High surge current capability
- * Ultra fast 25, 50, 75 Nanosecond Recovery Times

MECHANICAL DATA

- * Case: Molded plastic
- * Epoxy: UL 94V-0 rate flame retardant
- * Lead: and Mounting Surface Temperature for soldering Purposes 220°C Max for 10 Seconds 1/16" from case
- * Polarity: Color band denotes cathode end
- * Mounting Position: Any
- * Weight: 0.34 grams

DO-41



Dimensions in inches and (millimeters)

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Rating at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.

Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.

For capacitive load, derate current by 20%

TYPE NUMBER	SYMBOLS	MUR 105	MUR 110	MUR 115	MUR 120	MUR 130	MUR 140	MUR 160	UNITS	
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	50	100	150	200	300	400	600		
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	35	70	105	140	210	280	420	V	
Maximum D. C Blocking Voltage	V_{DC}	105	100	150	200	300	400	600	V	
Maximum Average Forward Rectified Current See fig. 1	$I_{F(AV)}$	1.0 @ $T_A = 110^\circ C$			1.0 @ $T_A = 100^\circ C$				A	
Peak Forward Surge Current, 8.3 ms single half sine - wave superimposed on rated load (JEDEC method)	I_{FSM}	35								A
Maximum Instantaneous Forward Voltage 1.0A (Note 1)	V_F	0.975			1.25				V	
Maximum D. C Reverse Current @ $T_A = 25^\circ C$ At Rated D. C Blocking Voltage @ $T_A = 100^\circ C$	I_R	2.0 50			5.0 150				μA μA	
Maximum Reverse Recovery Time (Note 2)	T_{RR}	25			50				nS	
Typical Junction Capacitance (Note 3)	C_J	25								pF
Typical Thermal Resistance Junction to Ambient (Note 4)	$R_{\theta JA}$	50								$^\circ C/W$
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}	- 65 to + 150								$^\circ C$

NOTES: 1. Pulse test: $t_p = 300 \mu s$, duty cycle $\leq 2\%$

2. Reverse Recovery Test Conditions: $I_F = 0.5A$, $I_R = 1.0A$, $I_{RR} = 0.25A$.

3. Measured at 1 MHz and applied reverse voltage of 4.0V D. C.

4. Lead length = 3/8" on P. C. Board with 1.5" x 1.5" copper surface

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RATINGS AND CHARACTERISTIC CURVES

MUR105 THRU MUR160

FIG. 1 - FORWARD CURRENT DERATING CURVE

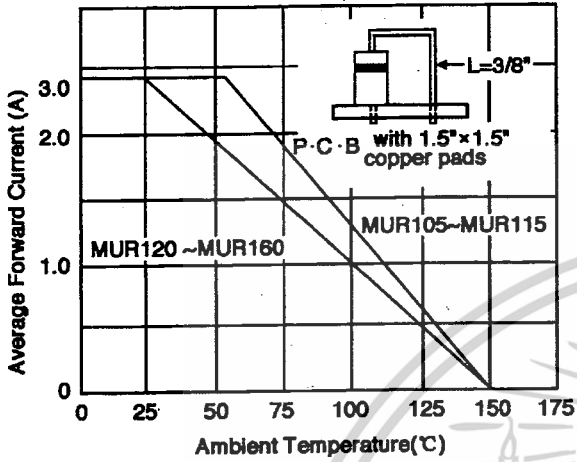


FIG. 4 - TYPICAL INSTANTANEOUS FORWARD CHARACTERISTICS

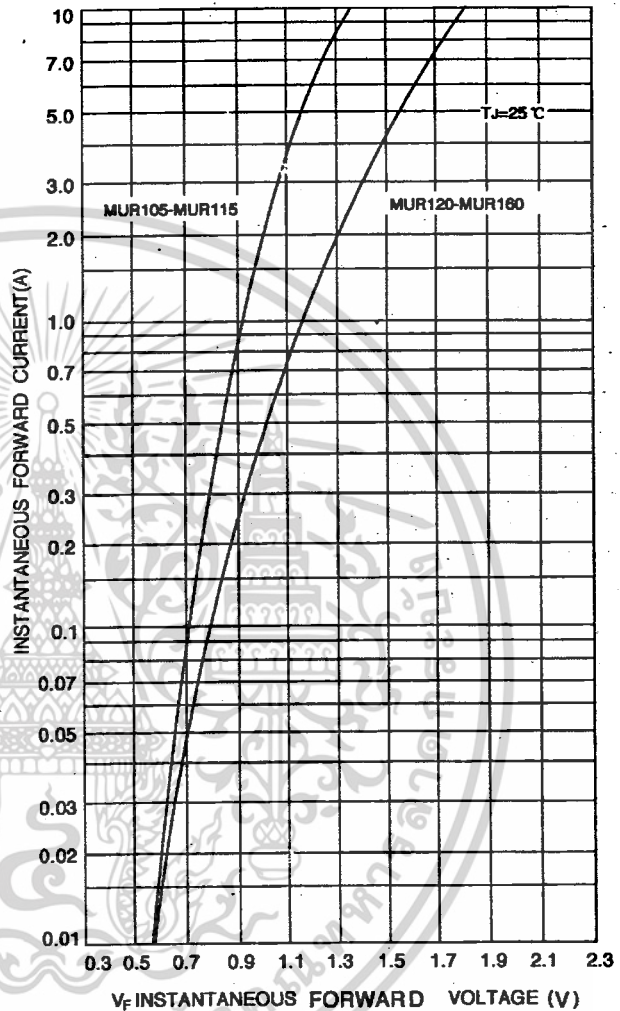


FIG. 2 - TYPICAL REVERSE LEAKAGE CHARACTERISTICS

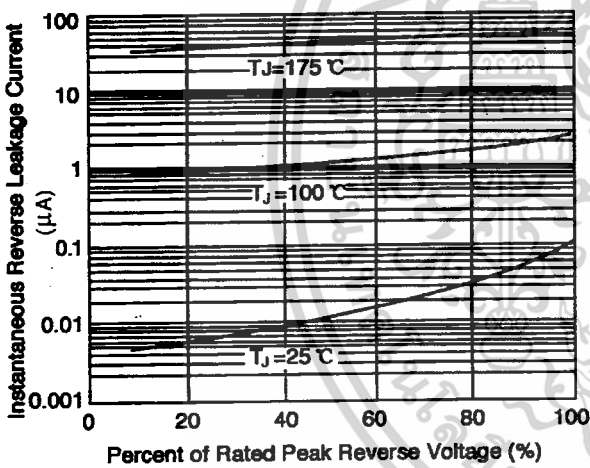
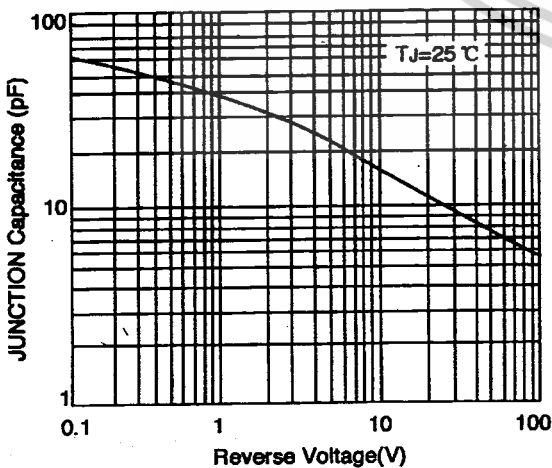


FIG. 3 - TYPICAL JUNCTION CAPACITANCE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Micro Commercial Components
21201 Itasca Street Chatsworth
CA 91311
Phone: (818) 701-4933
Fax: (818) 701-4939

MUR405 THRU MUR4100

Features

- High Surge Capability
- Low Leakage
- Low Forward Voltage Drop
- Ultra Fast Switching Speed For High Efficiency

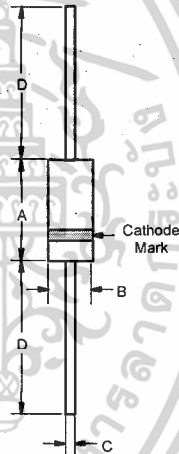
4 Amp Super Fast Recovery Rectifier 50 to 1000 Volts

Maximum Ratings

- Operating Temperature: -55°C to +150°C
- Storage Temperature: -55°C to +150°C
- Typical Thermal Resistance 20°C/W

MCC Catalog Number	Device Marking	Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	Maximum RMS Voltage	Maximum DC Blocking Voltage
MUR405	MUR405	50V	35V	50V
MUR410	MUR410	100V	70V	100V
MUR415	MUR415	150V	105V	150V
MUR420	MUR420	200V	140V	200V
MUR440	MUR440	400V	280V	400V
MUR460	MUR460	600V	420V	600V
MUR480	MUR480	800V	550V	800V
MUR4100	MUR4100	1000V	700V	1000V

DO-201AD



Electrical Characteristics @ 25°C Unless Otherwise Specified

Average Forward Current	$I_{F(AV)}$	4.0A	$T_A = 55^\circ\text{C}$
Peak Forward Surge Current	I_{FSM}	150A	8.3ms, half sine
Maximum Instantaneous Forward Voltage	V_F	1.00V 1.35V 1.85V	$I_{FM} = 4.0A$; $T_A = 25^\circ\text{C}^*$
Maximum DC Reverse Current At Rated DC Blocking Voltage	I_R	10uA 50uA	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$
Maximum Reverse Recovery Time	T_{rr}	45ns 60ns 75ns	$I_F = 0.5A$, $I_R = 1.0A$, $I_{rr} = 0.25A$
Typical Junction Capacitance	C_J	80pF 50pF	Measured at 1.0MHz, $V_R = 4.0V$

DIM	INCHES		MM		NOTE
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	—	.370	—	9.50	
B	—	.250	—	6.40	
C	.048	.052	1.20	1.30	
D	1.000	—	25.40	—	

*Pulse test: Pulse width 300 μsec , Duty cycle 1%

www.mccsemi.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้กับบริษัทเรซินในพหุภาคี กรุณาอย่าเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางบริษัทฯ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MUR405 thru MUR4100



Figure 1
Typical Forward Characteristics

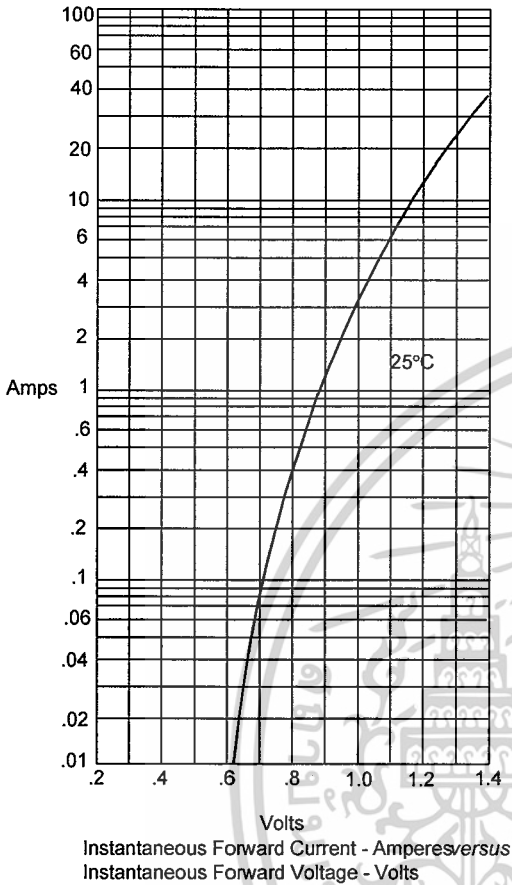


Figure 2
Forward Derating Curve

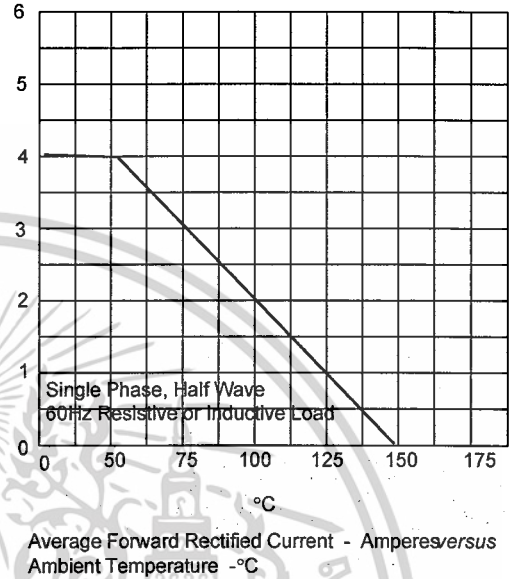
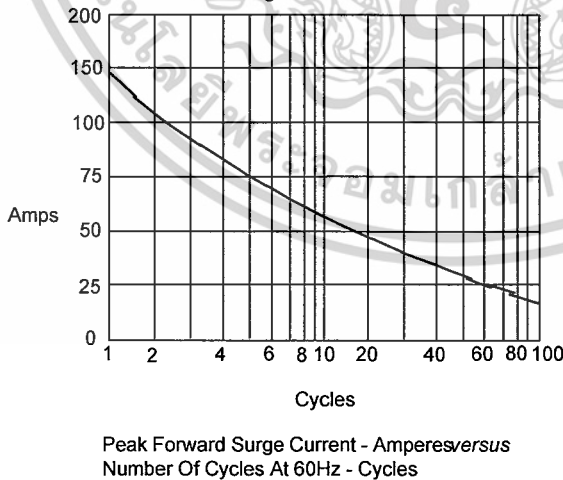


Figure 3
Peak Forward Surge Current



Evaluation of an electronic ballast circuit for HID lamps with passive power factor correction

Christian Brañas, Francisco J. Azcondo, Salvador Bracho
 Dept. of Electronic Technology, Systems Engineering and Automation
 University of Cantabria
 Ave. de los Castros s/n. 39005. Santander. SPAIN.
 Phone No: +34 942 200873 Fax No: +34 942 201873
 E-mail: {christian, azcondo, bracho}@teisa.unican.es

Abstract - This paper evaluates a new design of electronic ballast using the standard EN61000-2-3 [1] and the recommended crest factor of the lamp current as references. The solution under study is based on a dc to ac resonant inverter whose input voltage is taken from a valley-fill ac-dc passive converter. The dc output of the valley fill circuit has a ripple of 50%. The output power dependence on the input voltage makes necessary an active compensation technique to stabilise the lamp power. Experimental results prove that the proposed solution is suitable to achieve high efficiency and low cost electronic ballast for low-medium power lamps.

I. INTRODUCTION

High frequency resonant dc to ac converters are an alternative to the traditional electromagnetic ballast. They can achieve better control in the turn-on transition and good stabilisation of the steady-state operation point. The research on electronic ballast for high intensity discharge (HID) lamps is quite recent and is mainly focused on the design of an optimum resonant tank and control circuit, assuming that the lamp equivalent resistant R_{lamp} is constant at high frequency [2]. The resonant inverter dc input voltage is obtained by rectifying the utility line voltage. However, electronic ballasts are required to comply with power quality specifications such as EN61000-2-3 which defines the maximum value of total harmonic distortion (THD) index, as well as the maximum amplitude of each harmonic separately up to 39th order. Besides the limits given by the standard, the ballast should meet specifications regarding size, weight, efficiency and cost that make them valid for a practical application.

Harmonic Order (n)	Maximum Value Expressed as a Percentage of the Fundamental Harmonic of the Line Current
2	2%
3	30% x Power Factor
5	10%
7	7%
9	5%
11 n 39	3%
THD	32%

Table 1. Harmonic limits for class C equipment

II. VALLEY FILL CIRCUIT

The two basic techniques for power factor correction (PFC) are known as active and passive solutions [4]. The active solutions are derived from the classical dc to dc switched converter topologies: buck, boost and buck-boost. The boost converter (see fig.1) is widely applied because it easily emulates a resistance under the condition of keeping the output voltage higher than the maximum input voltage [3].

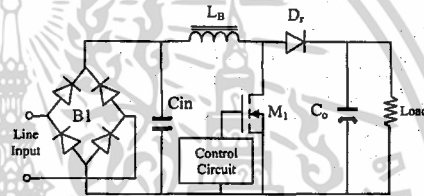


Fig.1. Boost converter.

As is observed in fig.1, a boost-derived converter requires two rather bulky elements: The boost inductor L_B , that sustains the low frequency input current plus the switching frequency ripple and the output capacitor C_o , that filters the low frequency component of the energy supplied from the utility line. In addition, the circuit requires the switches M_1 and D_1 , as well as a control circuit that increases the complexity and cost. On the other hand, passive PFC stages are simpler but they generally require voluminous reactive elements [4], due to the low frequency operation. The passive valley fill PFC [5] does not require an inductance and can be implemented with low cost components resulting in a compact size.

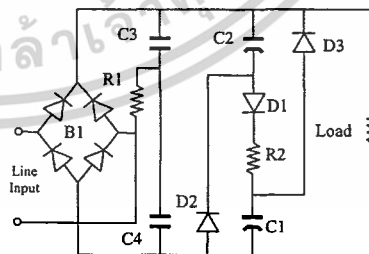


Fig.2. Valley-fill circuit.

In the valley-fill circuit, shown in fig. 2, capacitors C1 and C2 are effectively in parallel via D2 and D3 when the input line voltage is lower than each capacitor voltage. When the input voltage exceeds the load voltage the bridge rectifier B1 conducts, therefore D2 and D3 are reverse biased, providing the load current directly from the utility line. D1 starts conducting when the input voltage exceeds the sum of the voltages of C1 and C2. The resistance R2 limits the current that charges the capacitors C1 and C2, introducing losses that, in a practical case, may imply an efficiency reduction of around 1%. The network C3, C4 and R1 has the effect of extending the conduction angle at low values of the line voltage. This feature improves the PF and reduces the THD index. A detailed mathematical study of this circuit can be found in [6]. In this paper, the harmonic content of the line current is evaluated by parametric simulation using SPICE, bearing in mind the standard EN61000-2-3. A power consumption of 70W was emulated. The simulation results are shown in fig.3 (a) and (b) and are summarised in table 2. From fig. 3 (b), it is possible to calculate the THD index of each line current waveform according to (1).

$$THD(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_{n(rms)}^2}}{I_{1(rms)}} \quad (1)$$

Considering the lowest value of THD, it is observed in table 2 that, for an output power of 70W, a suitable design of the valley-fill circuit is $R_1=15\Omega$, $R_2=220\Omega$, $C_{1,2}=68\mu F$ and $C_{3,4}=1\mu F$.

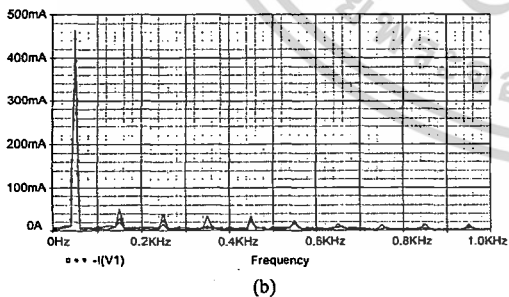
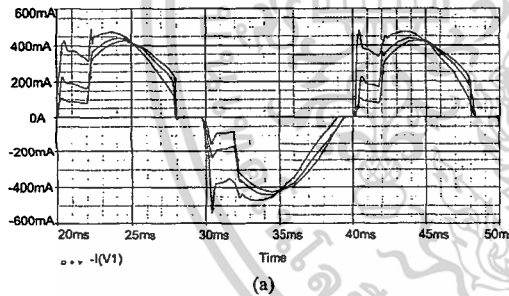


Fig.3. (a) Simulated line current and (b) Fourier analysis.

Harmonic	$R_1=15\Omega, R_2=220\Omega, C_{1,2}=68\mu F$		
	$C_{3,4}=47\mu F$	$C_{3,4}=1\mu F$	$C_{3,4}=2\mu F$
I_1	402mA	419mA	466mA
I_3	13%	7.1%	4.2%
I_5	9.4%	3.8%	5.3%
I_7	1.1%	2.3%	7.2%
I_9	5.4%	5.2%	7.2%
I_{11}	4.4%	4.3%	5.1%
I_{13}	1.2%	1.8%	3.2%
I_{15}	0.5%	0.6%	2.5%
I_{17}	0.2%	0.9%	3%
I_{19}	1.1%	1.7%	3%
THD%	17.64%	11.7%	15%

Table 2. Simulation results

The simulated output voltage of the valley-fill circuit is shown in figure 4.

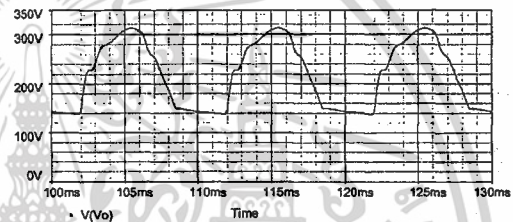


Fig.4. Simulated dc output voltage from the valley-fill circuit.

As can be observed in fig 4, the major shortcoming of the valley-fill circuit is the heavy ripple of the dc voltage. To preserve the small size of the circuit, an active compensation of the input voltage variation is implemented in the resonant inverter stage. This compensation ought to achieve a good crest factor (CF) value to prevent the lamp from excessive ageing [8].

$$CF = \frac{\hat{i}_{lamp}}{I_{lamp(rms)}} \quad (2)$$

III. UTILITY TO LAMP ELECTRONIC BALLAST

The valley-fill rectifier in addition to a class D resonant converter makes up the proposed ballast circuit.

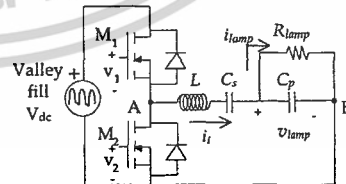


Fig.5. Class D LC_p resonant inverter supplied by a valley-fill circuit.

The resonant converter has been designed according to the sequence given in [7].

Parallel Resonant Frequency	Characteristic Impedance	Parallel Quality Factor
$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{LC_p}}$	$Z_p = \omega_p L = \frac{1}{\omega_p C_p}$	$Q_p = \frac{R_{lamp}}{Z_p}$

Table 3. Parallel parameters of the $LC_p C_p$ inverter

The design of the resonant inverter takes into account the power variation induced by the ripple of the input voltage and the necessary frequency sweep to compensate such power deviation. This feature allows us to control high-pressure sodium (HPS) lamps and metal halide (MH) lamps, of similar power, with the same inverter. The switching frequency was established at 100kHz. The values of the resonant inverter components are summarised below:

\bar{V}_{dc}	L	C_s	C_p	ω_p	Z_p
230V	283 μ H	18nF	4.7nF	141kHz	250 Ω

Table 4. Resonant inverter components

The experimental results are given for HID lamps of 70W. The selected HPS lamp, manufactured by OSRAM, was the NAV70E. The lamp parameters were obtained from its datasheet: $V_{lamp}=70V_{rms}$, $I_{lamp}=1A_{rms}$, then $R_{lamp}=70\Omega$. The MH lamp HSI-TD-70W is manufactured by Sylvania with the following parameters: $V_{lamp}=123V_{rms}$, $I_{lamp}=0.57A_{rms}$, then $R_{lamp}=214\Omega$. Figure 6 shows the experimental V_{dc} voltage obtained at the output of the valley-fill circuit.

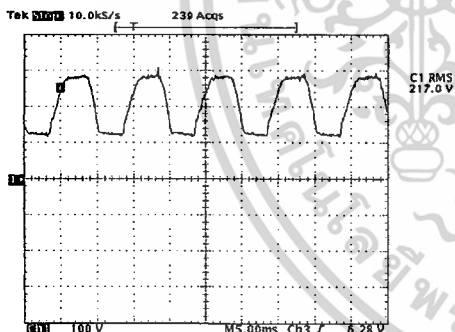


Fig.6. Experimental dc output voltage from the valley-fill circuit.

Expression (3) calculates the power supplied to the lamp as a function of V_{dc} and the switching frequency ω .

$$P_{lamp} = \frac{2V_{dc}^2 Q_p}{\pi^2 Z_p \left\{ Q_p^2 \left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_p} \right)^2 + \frac{C_p}{C_s} \right]^2 + \left(\frac{\omega}{\omega_p} - \frac{\omega_p}{\omega} \frac{C_p}{C_s} \right)^2 \right\}} \quad (3)$$

From (3), P_{lamp} varies with V_{dc} , which contains 50% ripple. The experimental results, obtained when working at the selected $\omega/\omega_p=0.7$ for the HPS lamp are shown in figs. 7 and 8. In fig. 7, it is observed that the crest factor of the lamp current exceeds the maximum recommended in [8], $CF_{max}=1.7$.

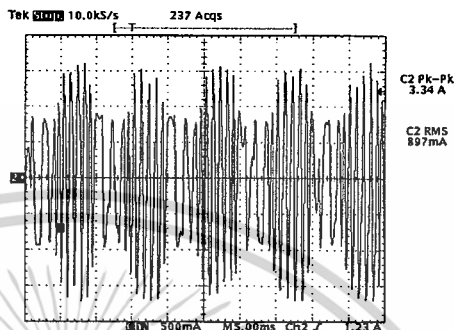


Fig.7. 100Hz ripple of the lamp current. Measured CF=1.86.

On the other hand, in figure 8 the waveforms in the lamp show not only a variation of the power but also that there is a lamp dynamic resistance ($r_{lamp}=\Delta V_{lamp}/\Delta I_{lamp}$), which in this particular case is approximately $r_{lamp}=-30\Omega$.

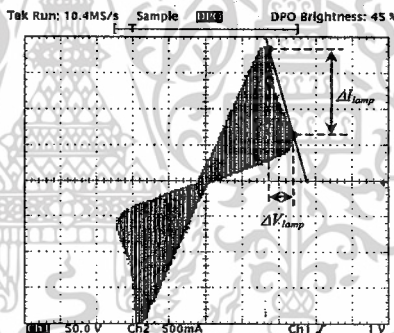


Fig.8. i vs. v characteristic of the lamp with no feedback compensation.

In order to evaluate the stability of the whole system lamp-ballast, the expression for the ballast output impedance is of interest.

$$Z_o = Z_p \sqrt{\frac{\left[\frac{\omega}{\omega_p} - \frac{\omega_p}{\omega} \frac{C_p}{C_s} \right]^2}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_p} \right)^2 + \frac{C_p}{C_s}}} \quad (4)$$

Expression (4) is depicted in fig. 4 as a function of the normalised switching frequency ω/ω_p , taking into account that $Z_p=250\Omega$ and a capacitor ratio of $C_p/C_s=0.25$.

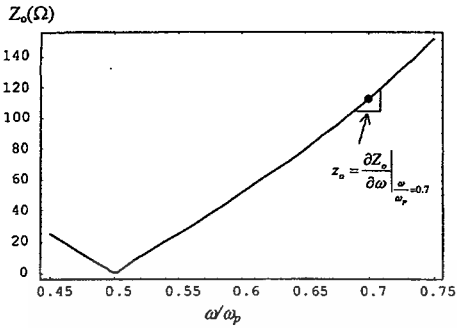


Fig. 9. Output impedance for the proposed ballast.

From fig. 9, for $\omega/\omega_p=0.5$, the output impedance Z_o of the ballast is equal to zero. At this switching frequency, the inverter behaves as a voltage source and the circuit would be unstable for loads with negative dynamic resistance such as a discharge lamp. The stability criterion is that the sum of the incremental output impedance, z_o , and the lamp dynamic resistance should be positive. According to that, for the operation point $\omega/\omega_p=0.7$, the stability is guaranteed since $z_o=722\Omega$ is sufficiently higher than $|r_{lamp}|=30\Omega$.

IV. CONTROL CIRCUIT

Although the ballast assures that the lamp current is limited because of the overall positive output impedance, the power variation caused by the input voltage ripple needs compensation. The proposed control circuit is shown in fig. 10. The switching frequency is generated by a VCO based on a 555 timer. The analogue circuit AD633 multiplies fractions of the lamp voltage and current in order to obtain a sample of the instantaneous lamp power. In this way, not only the short-term power deviation is compensated but also the inverter will supply constant power regardless of the lamp resistance variation caused by ageing.

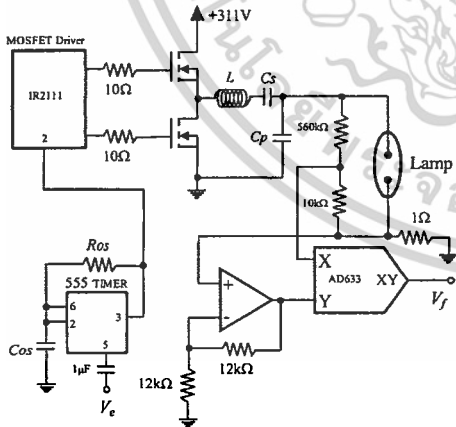


Fig. 10. Experimental lamp-ballast system.

The control variable, which is used to compensate the effect of the ripple of the dc bus voltage, is the switching frequency ω . The transfer function V_f/V_e (fig.10) of the open loop uncontrolled ballast was extracted experimentally (see fig. 11). It shows little phase deviation within a BW of 1KHz, which is enough to compensate the 100Hz perturbation caused by the input voltage. Thus, a type I controller tuned to achieve an overall cut-off frequency at 1KHz is designed to compensate the ballast system.

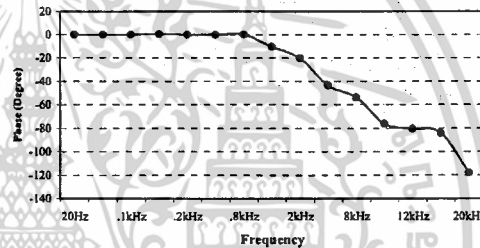
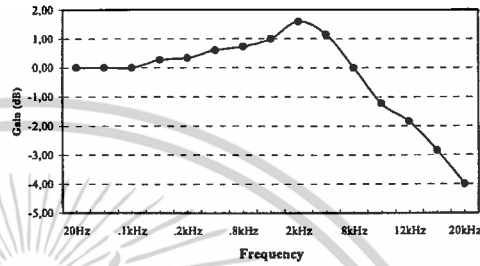


Fig. 11. Small signal response of the experimental ballast. (a) Gain. (b) Phase.

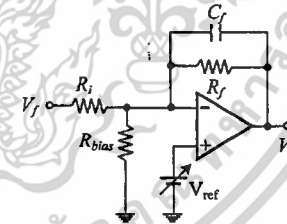


Fig. 12. Type I controller.

The following circuit parameters were calculated for the controller of fig. 12

R_i	R_{bias}	C_f	R_f
5.6k Ω	27k Ω	22nF	12k Ω

Table 5. I controller parameters

Finally, it is pointed out that as the voltage V_{ref} defines the lamp power level, it can be used for implementing a dimming control.

V. EXPERIMENTAL RESULTS

A practical prototype has been developed in the laboratory. Fig. 11 shows the experimental waveforms obtained for HPS and MH lamps when the power compensation circuit controls the inverter. The measured power supplied to HPS lamp is 65.9W. In the case of the MH lamp the measured power is 64.2W.

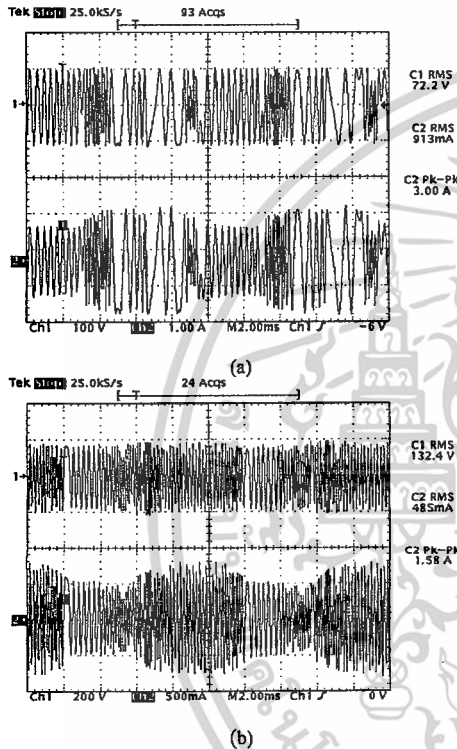


Fig.11. Experimental waveforms measured in the HPS lamp (a) and in the MH lamp (b) under the control of the power stabilisation circuit. Upper trace: lamp voltage. Lower trace lamp current.

In both cases, the 100Hz modulation of the lamp current ΔI_{lamp} is greatly reduced. As a consequence of that, the lamp current crest factor is $CF=1.642$ for the HPS lamp and 1.628 for the MH lamp. In both cases, below the maximum recommended by the standard. The i vs. v curves of the lamps are shown in fig. 12.

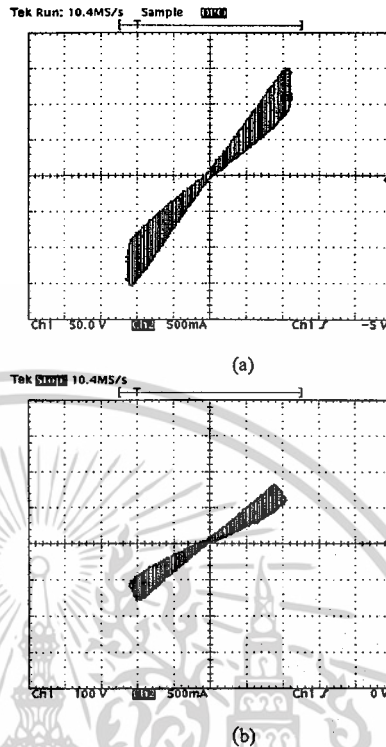


Fig.12. i vs. v characteristic of the lamps under the control of the power stabilisation circuit. (a) HPS lamp. (b) MH lamp.

As a result of the control circuit action, the lamp equivalent resistance is kept approximately constant. $R_{lamp}=79\Omega$ for the selected HPS lamp and 272Ω for the MH lamp. The control circuit produces the frequency modulation of the lamp current. This is an advantage since spreading the lamp power spectrum is one way to prevent acoustic resonance [9]. The waveforms in the utility plug are shown in fig. 13.

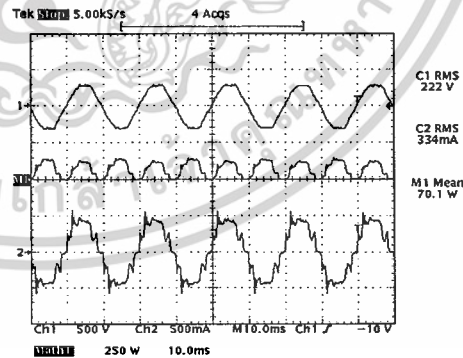


Fig.13. Experimental waveforms measured at the ballast input. Upper trace: line voltage. Middle trace: line power. Lower trace: line current.

The overall efficiency of the ballast is $\eta=0.94$ for the HPS lamp and $\eta=0.91$ for the MH lamp. In both cases it is higher than the typical value of efficiency $\eta=0.83$, reported for traditional electromagnetic ballast of 70W [9]. Taking the data from the measurements shown in fig. 13 a $PF=0.945$ is obtained. The harmonic components below the 19th order of the line current are shown in figure 14. Harmonics of higher order were neglected due to their low amplitude.

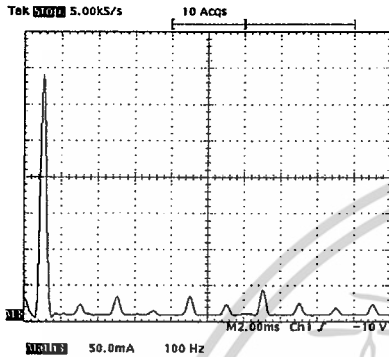


Fig.14. Harmonics of the line current.

The amplitude of the harmonics are summarised in fig. 15.

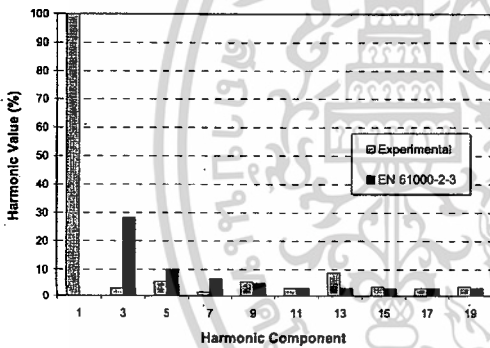


Fig. 15. Amplitude of each harmonic in contrast with the maximum value allowed by the standard EN61000.

Substituting in (1), a $THD=14\%$ is obtained. Despite the relatively good value of THD (well below 30%), a more detailed analysis reveals difficulties to meet the standard requirements. From table 5, it is observed that the amplitude of the 13th harmonic is considerably higher than the specification. To fully meet the standard a line filter such as simple RC shunt or resonant trap filters is required. This is the main reason for limiting the application of this circuit to low power loads

CONCLUSIONS

The evaluation of the valley-fill circuit as a passive PFC to be used in ballast for HPS lamps has been carried out. The

high PF value and the good THD index indicate that this circuit should be considered as an alternative to active solutions. One of the main benefits is the considerable attenuation of the third harmonic of the line current. The proposed control circuit has been demonstrated to be effective in maintaining the crest factor below the maximum value recommended by the standard. On the other hand, the operation at controlled variable frequency is an alternative that prevents acoustic resonance, especially recommendable for MH lamps. In spite of these good preliminary results, it is necessary to point out that the circuit requires additional filters to meet all the limits established by the standard EN61000-2-3. The efficiency reduction, which results from the inclusion of a resonant trap or a RC shunt filter, limits the application to low power loads.

VI. ACKNOWLEDGEMENT

This work has received financial support from the Spanish government in the framework of the project CICYT DPI 2001-1047 entitled "Optimisation of the electric arc generation for electrical discharge machine processes and high power discharge lamps".

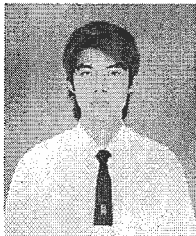
REFERENCES

- [1]- European Standard EN 61000-2-3 "Limits for Harmonic Current Emissions", April 1995.
- [2]- Sam Ben-Yaakov, Michael Gulko, "Design and Performance of an Electronic Ballast for High-Pressure Sodium (HPS) Lamps", *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, Vol. 44, No. 4, pp. 486-491, August 1997.
- [3]- Martin H.L. Chow, C.K. Tse, "Theoretical Study of Performance of Continuous-Mode Boost Converters for Power-Factor-Correction Applications", *PEDS'97*, Vol. 2, pp. 590-595.
- [4]- Rudolph R. Verderber, Oliver C. Morse, William R. Alling, "Harmonics from Compact Fluorescent Lamps", *IEEE Trans. on Industry Applications*, Vol. 29, No. 3, pp. 670-674, May/June 1993.
- [5]- J.Spangler, B. Hussain, A.K. Behera, "Electronic Fluorescent Ballast Using a Power Factor Correction Techniques for Loads Greater than 300Watts", *Proceedings of APEC'91*, pp. 393-399, 1991.
- [6]- J.Spangler "A Powered Factored Corrected MOSFET, Multiple Output, Flyback Switching Supply", *Proceedings 10th PCIM'85 Conf.* pp. 19-32.
- [7]- Ch. Brañas, F. Azcondo, S. Bracho, "Study of Output Power Variation due to Component Tolerances in LC_sC_p Resonant Inverters Applied to HPS Lamp Control", *Proceedings of IECON'01*, pp. 1021-1026.
- [8]- European Standard EN60662, "High Pressure Sodium Lamps", June 1990.
- [9]- Laszlo Laskai, P. Enjeti, Ira J. Pitel, "A Unity Power Factor Electronic Ballast for Metal Halide Lamps", *Proceedings of APEC' 94*, pp. 31-37.

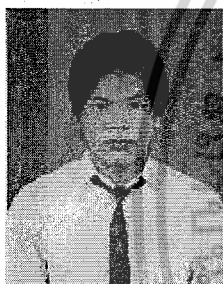
ประวัติผู้เขียน



ชื่อ: นาย เหมราช สารทอง เกิดวันที่ 9 สิงหาคม พ.ศ.2527
คณะ: วิศวกรรมศาสตร์ สาขา: วิศวกรรมไฟฟ้า
ที่อยู่: 29 หมู่ 13 ตำบลบ้านข่า อำเภอศรีสงคราม จังหวัดนครพนม
รหัสไปรษณีย์ 48150
เบอร์โทรศัพท์: 081-2514155 อีเมลล์: acm_pw@hotmail.com



ชื่อ: นาย ณัฐดนัย ตั้งจรรุศศิธรณ์ เกิดวันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ.2529
คณะ: วิศวกรรมศาสตร์ สาขา: วิศวกรรมไฟฟ้า
ที่อยู่: 746-748 ถนนโพธิ์กลาง ตำบลในเมือง อำเภอเมือง
จังหวัดนครราชสีมา
เบอร์โทรศัพท์: 084-1680545 อีเมลล์: nut_rusifer@hotmail.com



ชื่อ: นาย ศรีฉวี มะลิวัลย์ เกิดวันที่ 12 มีนาคม พ.ศ.2530
คณะ: วิศวกรรมศาสตร์ สาขา: วิศวกรรมไฟฟ้า
ที่อยู่: 159/12 หมู่10 ตำบลจรเข้สามพัน อำเภออุทุมพร
จังหวัดสุพรรณบุรี รหัสไปรษณีย์ 72160
เบอร์โทรศัพท์: 086-8107960 อีเมลล์: lugwar_narak@hotmail.com



ชื่อ: นาย เอกพล ตั้งงามสกุล เกิดวันที่ 22 เมษายน พ.ศ.2530
คณะ: วิศวกรรมศาสตร์ สาขา: วิศวกรรมไฟฟ้า
ที่อยู่: 1028/71 ตรอกวัดจันทร์ใน แขวงบางโพธิ์พวง เขตยานนาวา
จังหวัดกรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10120
เบอร์โทรศัพท์: 081-5511939 อีเมลล์: ioi-orange@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้