



บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้สำหรับหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์

Dimmable Electronic Ballast for Compact Fluorescent

นายณัฐนันท์ เสน่วงค์ ณ อุบลฯ รหัส 47363833
นายชนกพงษ์ สิริชัยกิจ รหัส 47363890
นายรัฐกร แตงแสงจันทร์ รหัส 47364021

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 2/4 พ.พ. 2552
เลขทะเบียน..... 1436063/
เลขเรียกหนังสือ..... ๔๓๓/ ๘
มหาวิทยาลัยนเรศวร ย 2550

ปริญญาในพันธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2550



ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ

บัลลามสตอเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้สำหรับหลอดคอมแพคต์
ฟลูออเรสเซนต์

ผู้ดำเนินโครงการ

นายณัฐนันท์ เสนีวงศ์ ณ อุบลฯ รหัส 47363833

นายชนกพงษ์ สาริชัยกิจ รหัส 47363890

นายรัฐกร แตงแสงจันทร์ รหัส 47364021

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ปีกนัย ภาชนะพรรณ์

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา

วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา

2550

คณะกรรมการคณาจารย์ มหาวิทยาลัยเรศวร อนุมัติให้ โครงการฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรม

ประธานกรรมการ

(อาจารย์ปีกนัย ภาชนะพรรณ์)

..... กรรมการ
(ดร. แคมทรียา สุวรรณศรี)

..... กรรมการ
(อาจารย์สราวุฒิ วัฒนาวงศ์พิทักษ์)

หัวข้อโครงการ	บล็อกต่ออิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้สำหรับหลอดคอมแพกต์	
ฟลูออเรสเซนต์		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายณัฐนันท์ เสนีวงศ์ ณ อุชชา	รหัส 47363833
	นายธนภพ ศิริชัยกิจ	รหัส 47363890
	นายรัฐกร แตงแสงจันทร์	รหัส 47364021
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยคันย์ ภาชนะพรรณ์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2550	

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อคิดค้นบล็อกต่ออิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้สำหรับหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ โดยที่ส่วนประกอบของวงจรบล็อกต่ออิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้สำหรับหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์นี้ แบ่งออกเป็น 3 วงจรย่อย คือ 1. วงจรกรองและวงจรเรียงกระแสซึ่งทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้าขาเข้าและแปลงผันแปรลงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 2. วงจร 50% Valley Fill Passive Power Factor Correction ซึ่งทำหน้าที่ปรับปรุงค่าด้วยประกอบกำลังของวงจร และ 3. วงจรอินเวอร์เตอร์ซึ่งประกอบด้วยไอซีสำเร็จรูปของบริษัท International Rectifier คือ ไอซีเบอร์ IR2153 ทำหน้าที่สร้างสัญญาณพัลส์ให้ไปขับมอเตอร์เบอร์ IRFP 460 เพื่อไปจุดหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ให้ติดสว่างและทำหน้าที่หรี่แสงสว่างของหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์

ผลจากการทดลองบล็อกต่ออิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ พบร้าบล็อกต่ออิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้จริงโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ นอกจากจะเป็นการประหยัดพลังงานแล้ว ยังสามารถตอบสนองความต้องการแสงสว่างที่ต่างกันของแต่ละกิจกรรมการทำงานด้วย

Project Title	Dimmable Electronic Ballast for Compact Fluorescent.		
Name	Mr. Nathanan Seneewong Na Ayutthaya	ID. 47363833	
	Mr. Tanapad Sirityagid	ID. 47363932	
	Mr. Rattakorn Taengsaengjan	ID. 47363932	
Project Advisor	Mr. Piyadanai Pachanapan		
Major	Electrical Engineering.		
Department	Electrical and Computer Engineering.		
Academic Year	2007		

ABSTRACT

This project aims to invent the dimmable electronic ballast for compact fluorescent. There are three circuits in this ballast. The first is filter and rectifier circuit that converts alternative current voltage and transforms alternative current voltage to direct current voltage. The second is 50% Valley Fill Passive Power Factor Correction, which is installed to improve power factor of the dimmable electronics ballast for compact fluorescent. The last is inverter, which is consisted of integrated circuit No.IR2153. It generates pulse to trig the gate of the mosfet-IRFP460 in order to switch on a compact fluorescent lamp. The compact fluorescent's light can be dimmed by increasing resonance frequency of the lamp.

The experimental results of dimmable electronic ballast for compact fluorescent are found that the ballast can dim the compact fluorescent's light by changing resonance frequency of the lamp. It is not only saving the energy but also making the suitable condition of working activities.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณอาจารย์ปิยนัย ภาชนะพรรณ์ที่ได้ให้แนวคิด ตลอดจนเสียสละเวลา ใน การตรวจแก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ ให้ทันอุดหนุนในการทำโครงการนี้ และให้ข้อมูลและช่วยเหลือในหลายๆ ด้านจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดี

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิความารดา และ คณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาที่มีคุณค่า แก่คณะผู้วิจัยด้วยคีเสมอมา

คณะผู้จัดทำโครงการ

นายณัฐนันท์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา

นายชนกสรร ศิริรัตนกิจ

นายรัฐกร แตงแตงขันทร์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ด
สารบัญรูป	ธ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครง	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	2
1.5 ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 งบประมาณของโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงาน	
2.1 หลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์	3
2.2 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	6
2.3 วงจรกรองแรงดัน	9
2.4 วงจรเรียงกระแสแบบบริจ්	14
2.5 วงจรเรโซแนนซ์คอนเวอร์เตอร์	15
2.6 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์	22
2.7 วงจรทริกมอสเพ็ค	22
2.8 วงจร 50% Valley Fill Passive Power Factor Correction	24
2.9 การคำนวณค่าตัวประกอบกำลัง	25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบสร้างจรับถ้วยอิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้

3.1 การออกแบบวงจรกรองและวงจรเรียงกระแส	29
3.2 การออกแบบวงจรแปลงผันเร โโซนเนชันแบบกึ่งบริดจ์	30
3.3 ไอซีสำหรับหรี่ไฟของหกอุดคุมแพกต์ พลูอสเตชันต์	30
3.4 หลักการทำงานของไอซีเบอร์ IR2153.....	31
3.5 การออกแบบวงจรบลัถาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้	33
3.6 กำหนดค่าต่างๆของอุปกรณ์	34

บทที่ 4 แบบจำลองวงจรบลัถาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้

4.1 แนวคิดของบลัถาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้	38
4.2 การออกแบบวงจรกรอง	38
4.3 การออกแบบวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง.....	40
4.4 การออกแบบวงจรแปลงผันเร โโซนเนชันแบบกึ่งบริดจ์	43

บทที่ 5 ผลการดำเนินงาน

5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดผล	47
5.2 ผลการทดลองของวงจรบลัถาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้	48
5.3 ผลการวัดปริมาณทางไฟฟ้าตามจุดต่างๆของวงจร	62

บทที่ 6 สรุปผลการดำเนินงาน

6.1 สรุปผลการทดลอง	64
6.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข	64
6.3 ข้อเสนอแนะ	65

เอกสารอ้างอิง

66

ภาคผนวก

67

ประวัติผู้เขียน โครงการ

84

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินโครงการ	2
2.1 เปรียบเทียบมูลค่าสต็อกนิติคต่างๆ	8
3.1 รายละเอียดของไอซีเมอร์ IR2153	31
5.1 ผลการวัดค่าต่างๆ ของวงจรบล็อกสต็อกอิเล็กทรอนิกส์หาร์ไฟ.....	62
6.1 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข	62



สารบัญ

รูปที่	หน้า
2.1 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ประเภทต่างๆ	3
2.2 วงจรกรองกระแสคู่วัยตัวเก็บประจุ.....	10
2.3 วงจรกรองแรงดันแบบ π	10
2.4 รูปคลื่นของแรงดันที่ติดต่อกันด้วยเก็บประจุ C_2	11
2.5 วงจรกรองแรงดันแบบ RC	11
2.6 วงจรกรองแบบ T, π และ L.....	13
2.7 วงจรเรียงกระแสแบบบริคจ์.....	14
2.8 สัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออกของวงจรเรียงกระแสแบบบริคจ์.....	15
2.9 วงจรเรโซแนนซ์ค่อนเวอร์เตอร์.....	16
2.10 วงจร $R - L - C$	17
2.11 เมื่อปรับความถี่สวิตชิ่งน้อยกว่าความถี่เรโซแนนซ์.....	18
2.12 วงจรเรโซแนนซ์ค่อนเวอร์เตอร์แบบผสม.....	21
2.13 วงจรสมมูลไฟฟ้ากระแสสลับของวงจรเรโซแนนซ์ค่อนเวอร์เตอร์แบบผสม.....	21
2.14 การจำลองค่าบรรหัดฐานของผลตอบสนองเชิงความถี่ของ วงจรเรโซแนนซ์ค่อนเวอร์เตอร์แบบผสม	21
2.15 วงจรไฟฟ้าที่มีหลอดไฟ 3 หลอดต่อขานกัน.....	22
2.16 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของวงจรในรูปที่ 2.15	22
2.17 ตัวอย่างวงจรขั้มนอสเฟต	23
2.18 วงจร 50% Valley Fill Passive PFC	24
2.19 ค่าตัวประกอนกำลังต่อค่าความเพี้ยนของ莎ร์โโนนิกรรมของกระแสไฟฟ้า กรณีโหลดไม่เชิงเส้น	28
3.1 วงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง	29
3.2 วงจรแปลงผันเรโซแนนซ์แบบกึ่งบริคจ์	30
3.3 ไอซีบอร์ IR2153.....	31
3.4 แผนผังภาพบล็อกโดยละเอียดของไอซีบอร์ IR2153	32
3.5 วงจรกรองแรงดันและวงจรเรียงกระแสแบบบริคจ์.....	33
3.6 วงจรควบคุมไอซีบอร์ IR2153 และวงจรแปลงผันเรโซแนนซ์แบบกึ่งบริคจ์	34
3.7 การเลือกหา R และ C ที่ใช้ในการควบคุมวงจร.....	35

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

4.1 รูปวงจรกรอง	38
4.2 แรงดันขาเข้าของวงจรกรองจากการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM	39
4.3 แรงดันขาออกของวงจรกรองจากการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM	39
4.4 แรงดันขาออกโดยไม่มีวงจรกรองจากการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM	39
4.5 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	40
4.6 ผลจากการจำลองการทำงานของวงจรเรียงกระแสจากโปรแกรม PSIM	41
4.7 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ต่อกับ วงจร 50% Valley Fill Passive PFC	42
4.8 ผลจากการจำลองการทำงานวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้า กระแสตรงที่ต่อกับวงจร 50% Valley Fill Passive PFC.....	43
4.9 วงจรแปลงผันเรโซแนนซ์.....	43
4.10 แรงดันขาออกโดยการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM ของวงจรเรโซแนนซ์ ที่ความถี่ 30 kHz.....	44
4.11 กระแสขาออกโดยการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM ของวงจรเรโซแนนซ์ ที่ความถี่ 30 kHz.....	44
4.12 แรงดันขาออกโดยการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM ของวงจรเรโซแนนซ์ ที่ความถี่ 40 kHz	45
4.13 กระแสขาออกโดยการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM ของวงจรเรโซแนนซ์ ที่ความถี่ 40 kHz	45
4.14 แรงดันขาออกโดยการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM ของวงจรเรโซแนนซ์ ที่ความถี่ 50 kHz.....	45
4.15 กระแสขาออกโดยการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM ของวงจรเรโซแนนซ์ ที่ความถี่ 50 kHz	46
5.1 รูปวงจรที่ใช้ในการทดลอง	47
5.2 การวัดปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆภายในวงจร	48
5.3 แรงดันจากแหล่งจ่าย 220 โวลต์ โดยวัดผ่านหม้อแปลงพิกัด 220/6 V	48
5.4 แรงดันขาออกจากวงจรกรองแรงดัน	49
5.5 การเปรียบเทียบระหว่างแรงดันขาเข้าและแรงดันขาออกจากวงจรกรองแรงดัน.....	49
5.6 สัญญาณเมื่อผ่านวงจรเรียงกระแสแบบบริค์	50

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
5.7 ตัวอย่างสัญญาณพัลล์ได้จากไอซีเบอร์ IR2153 ขา 7 ก่อนเข้ามอสเฟต G1.....	51
5.8 ตัวอย่างสัญญาณพัลล์ได้จากไอซีเบอร์ IR2153 ขา 5 ก่อนเข้ามอสเฟต G2	51
5.9 วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟ.....	52
5.10 เมื่อปรับความถี่สวิตชิ่งที่ 61 kHz.....	53
5.11 เมื่อปรับความถี่สวิตชิ่งที่ 68 kHz.....	56
5.12 เมื่อปรับความถี่สวิตชิ่งที่ 89 kHz.....	59



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

หลอดไฟซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในระบบแสงสว่างมีมากหลายชนิด หลอดไฟที่นิยมใช้กันมากคือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งใช้มากตามอาคารทั่วไป โรงเรียน บ้านเรือนทั่วไป หลอดไส้ซึ่งใช้มากตามร้านอาหาร ห้างสรรพสินค้า ร้านค้าต่างๆ นอกจากนี้แล้วยังมีหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ซึ่งใช้มากตามอาคารทั่วไป สำนักงาน เนื่องจากความต้องการแสงสว่างในแต่ละกิจกรรมนั้นต่างกัน งานบางงานต้องการการหรี่ไฟเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการดำเนินกิจกรรม จึงมีการนำบล็อล่าสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้สำหรับหลอดไส้หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ แต่เนื่องจากหลอดทั้งสองชนิดดังกล่าวยังใช้กำลังไฟฟ้าสูงอยู่ เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและค่าไฟ จึงได้มีการคิดค้นบล็อล่าสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้สำหรับหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ซึ่งเป็นหลอดประยุคไฟซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 9 – 25 วัตต์ หากสามารถทำได้จะเป็นการประหยัดพลังงานได้อีกด้วยนั่นเอง

ประโยชน์ของการนำบล็อล่าสต์หรี่ไฟก็คือ ช่วยประหยัดพลังงานได้ เนื่องจากปัจจุบันพลังงานเหลือน้อยเต็มที่ จึงควรช่วยกันลดใช้พลังงาน ก่อนที่จะไม่มีพลังงานให้ใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ศึกษาและออกแบบสร้างบล็อล่าสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้สำหรับหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์

1.3 ขอบข่ายของโครงการ

- สร้างบล็อล่าสต์อิเล็กทรอนิกส์แบบหรี่ไฟได้สำหรับหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์
- ช่วงความถี่การทำงาน 16-250 กิโลเอิร์ต
- อุณหภูมิขณะทำงาน 25-40 องศาเซลเซียส

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

ลำดับการทำงาน	พ.ย. 50	ธ.ค. 50	ม.ค. 51	ก.พ. 51	มี.ค. 51	เม.ย. 51	พ.ค. 51
1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูล		↔					
2. ออกแบบโครงสร้าง			↔	↔			
3. ทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไข			↔	↔			
4. ทดสอบการใช้งานจริง				↔	↔		
5. จัดทำรายงานปริญญานิพนธ์				↔	↔		↔

1.5 ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้รับความรู้ในการประยุกต์ใช้งานอิเล็กทรอนิกส์
- ได้บล็อกส์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับทดสอบคอมแพคต์ ฟลูออเรสเซนต์ที่ประยุกต์พลังงานได้
- เป็นแนวทางในการพัฒนาด้านการประยุกต์ใช้งานอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆได้

1.6 งบประมาณของโครงการ

ค่าอุปกรณ์	2,000.00 บาท
ค่าถ่ายเอกสาร	1,000.00 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	3,000.00 บาท
(สามพันบาทถ้วน)	

บทที่ 2

หลักการทำงานและทฤษฎีของบลลลาสต์หรี่ไฟ

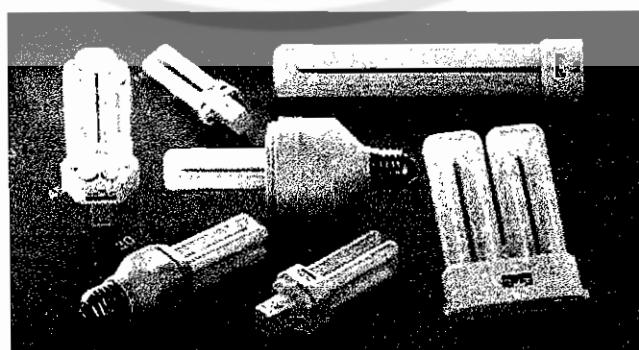
บลลลาสต์หรี่ไฟนี้จะใช้การควบคุมโดยการควบคุมสัญญาณขาเข้าก่อนส่งไปยัง mosfet โดยปรับความถี่ของสัญญาณ ซึ่งความถี่จะมีผลต่อวงจร โซนแนนซ์ของวงจร เมื่อมีความถี่มากทำให้แรงดันขาออกลดลงด้วยการทำให้หลอดสว่างลดลง แต่มีผลความถี่ลงทำให้แรงดันที่ขาเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้หลอดมีความสว่างเพิ่มขึ้น

2.1 หลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีเซนต์

เป็นหลอดไฟฟ้าชนิดใหม่ มีลักษณะเป็นหลอดฟลูออรีเซนต์ขนาดเล็กที่ได้พัฒนาเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน โดยใช้แทนหลอดไส้ได้มีอายุการใช้งานมากกว่าหลอดไส้ถึง 8 เท่า ใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าหลอดไส้ 4 เท่า เป็นหลอดที่ประหยัดไฟฟ้าได้ถึงร้อยละ 75 ปัจจุบันมี 2 ประเภท คือประเภทที่มีบลลลาสต์และสตาร์ทเตอร์รวมอยู่ภายในหลอด สามารถนำไปใช้แทนหลอดไส้ชนิดเกลียวได้ทันทีโดยไม่ต้องเพิ่มอุปกรณ์อื่น มีหลายขนาดคือ

ขนาด 9 วัตต์	ให้แสงสว่างเท่ากับหลอดไส้	ขนาด 40 วัตต์
ขนาด 13 วัตต์	ให้แสงสว่างเท่ากับหลอดไส้	ขนาด 60 วัตต์
ขนาด 18 วัตต์	ให้แสงสว่างเท่ากับหลอดไส้	ขนาด 75 วัตต์
ขนาด 25 วัตต์	ให้แสงสว่างเท่ากับหลอดไส้	ขนาด 100 วัตต์

จะเห็นได้ว่าหลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีเซนต์ มีคุณสมบัติคิดว่าประหยัดกว่าไฟฟ้าดังตัวอย่างการใช้หลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีเซนต์ภายในบ้านอยู่อาศัย หากใช้หลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีเซนต์ ชนิดที่มีบลลลาสต์ภายใน ขนาด 13 วัตต์ 1 หลอด แทนหลอดไส้ขนาด 60 วัตต์ จำนวน 1 หลอด จะประหยัดกว่าไฟฟ้าได้ประมาณปีละ 142 บาท



รูปที่ 2.1 แสดงหลอดคอมแพกต์ฟลูออรีเซนต์ประเภทต่างๆ

ชนิดของหลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีสเซนต์

หลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีสเซนต์จำแนกตามลักษณะการติดตั้งบลัลลาสต์ สามารถจำแนกได้ 2 ชนิด คือ

1. หลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีสเซนต์แบบมีบลัลลาสต์ภายใน

เป็นหลอดที่มีการออกแบบบลัลลาสต์ให้มีลักษณะดิบกับชุดหลอด โดยเลือกใช้อุปกรณ์ของบลัลลาสต์ที่มีอายุการใช้งานใกล้เคียงกับอายุการใช้งานของหลอด

หลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีสเซนต์แบบมีบลัลลาสต์แกนเหล็กและ ศดาวร์เตอร์อยู่ภายใน มีลักษณะขั้วหลอดเป็นเกลียวแบบ E27 ใช้เปลี่ยนแทนหลอดไส้มีอายุการใช้งาน เช่น 8,000 ชั่วโมง การใช้งานเหมาะสมสำหรับการติดตั้งในโคมไฟที่มีช่องว่างอากาศมากพอ และ ติดตั้งในลักษณะหางายหลอดขึ้น เช่น โคมไฟร้า (หากติดตั้งแทนหลอดไส้ในโคมไฟส่องลงที่ไม่มีช่องระบายอากาศแล้ว จะเกิดปัญหาการระบายความร้อน ไม่เพียงพอ ที่อาจทำให้การเปล่งแสงลดลงประมาณ 40 – 80 % จากการเปล่งแสงที่ลดลงตามอุณหภูมิเวคลั่อมที่สูงขึ้น และ จากการบดบังช่องแสงจากน้ำยาเคลือบตัวของบลัลลาสต์ที่หยดมาบังช่องแสง ได้ และ อายุการใช้งานลดลงถ้ากว่า 8,000 ชม.) โดยทั่วไปมีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างไม่น้อยกว่า 45 lm/W

หลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีสเซนต์แบบมีบลัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ มีลักษณะเดียวกับแบบบลัลลาสต์แกนเหล็ก มีน้ำหนักเบากว่า มีลักษณะขั้วหลอดแบบ E27, E14 การใช้งานเหมาะสมสำหรับการติดตั้งในโคมไฟที่มีช่องว่างอากาศมากพอ มีขายหลายรุ่นที่มีอายุการใช้งานแตกต่างกัน เช่น รุ่น อายุการใช้งาน 3,000 ชั่วโมง, 5,000 ชั่วโมง, 8,000 ชั่วโมง, 10,000 ชั่วโมง และ 12,000 ชั่วโมง โดยทั่วไปมีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างไม่น้อยกว่า 54 lm/W

2. หลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีสเซนต์แบบมีบลัลลาสต์ภายนอก

สามารถเปลี่ยนเฉพาะด้วนหลอด ได้ในกรณีหลอดเสีย โดยไม่ต้องเปลี่ยนบลัลลาสต์ หลอดจะมีขั้วหลอดแตกต่างกันหลายแบบ เช่นขั้วหลอดแบบ G23, 2G7, G24d-1, G24d-2, G24d-3, G24q-1, G24q-2, G24q-3, GX24d-1, GX24d-2, GX24d-3, GX24q-1, GX24q-2, GX24q-3, GR8 , GR10 , 2G11 โดยทั่วไปมีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างไม่น้อยกว่า 40 - 45 lm/W

สีของหลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีสเซนต์

นอกจากแสงสีขาวของหลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีสเซนต์ที่ใช้ทั่วๆ ไปแล้ว ก็ยังมีหลอดที่ให้แสงสีอื่นอีกหลายสี เช่น แดง ชมพู เหลือง เจียว และน้ำเงิน เพื่อนำมาใช้กับงานตกแต่งต่างๆเพื่อความสวยงาม หลอดสีเหล่านี้ จะถูกเคลือบสารเรืองแสงบางชนิดของสีไว้ภายในผิวหลอด เมื่อหลอดขึ้นไม่สว่าง เราจะเห็นหลอดทั้งหมดเป็นสีขาว ยกเว้นหลอดสีเหลืองและแดง สำหรับหลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีสเซนต์ที่ให้แสงสีขาววนนั้น ได้รับความนิยมมาก ได้ถูกออกแบบไว้ด้วยวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ

1. เมื่อประสิทธิภาพของแสงสูงมากเท่าไหร่ ราคาของหลอดก็จะสูงเพิ่มขึ้นตาม
2. คุณสมบัติของแสงสีขาว สามารถนำไปใช้ได้กับสถานที่และวัสดุที่มีสีอื่นๆ ได้ตาม
วัตถุประสงค์ที่ต้องการ
3. แสงสีขาวจากหลอด มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับสีของธรรมชาติในเวลากลางวันมาก
และใกล้เคียงกับแสงของหลอดไฟบางชนิด

ดังนั้น การเลือกใช้หลอดหลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีเซนต์ที่ให้แสงสีขาว นอกจგต้อง
คำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการออกแบบหลอด 3 ประการข้างต้นแล้ว ยังต้องพิจารณาคุณสมบัติของ
หลอดที่ให้แสงสีขาวที่แยกออกไปอีกหลายชนิดดังนี้

Cool White เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูง ให้แสงสีขาวเย็นสบายตา ให้แสงใกล้เคียงกับ
เวลากลางวัน นำไปใช้ได้ในทางอุตสาหกรรม สำนักงาน โรงเรียน มีอุณหภูมิสี 4,370 องศาเคลวิน

Warm White เป็นสีของหลอดขาวออกไปทางเหลือง ทำให้พวกรสีส้ม เหลือง และเหลือง
อมเขียวแจ่ม ใช้กับที่ที่ต้องการบรรยากาศอบอุ่น มีอุณหภูมิสี 3,105 องศาเคลวิน

Deluxe Cool White สีของหลอดเป็นอย่างเดียวกับชนิดแรก ต้องกับไปทางแดงเล็กน้อย ทำ
ให้ร่างกายมุ่ยและวัตถุน่าดูขึ้น ใช้ในห้องสรรพสินค้า ร้านขายเสื้อผ้า ร้านขายดอกไม้

Soft White สีของแสงหลอดจะออกไปทางชมพูอ่อนๆ ทำให้พวกรสีแดง ส้ม ชมพู น้ำตาล
อ่อน สดใสขึ้น ส่วนสีน้ำเงิน เขียว เหลือง น้ำตาลคล้ำบลั๊บลั๊บ ใช้กับดูด้วยเนื้อสัมผัส ทำให้ดูน่า
รับประทานยิ่งขึ้น

White สีของหลอดขาวออกไปทางเหลืองอ่อนๆ ทำให้พวกรสีเหลือง ส้ม เขียว ครุศดใส่ขึ้น
และสีน้ำเงินครุยเข้มขึ้น ใช้กับโรงเรียน บ้าน สำนักงาน และคลังสินค้า มีอุณหภูมิสี 3,595 องศาเคลวิน

Day Light สีของหลอดสีขาวออกไปทางฟ้าอ่อนๆ ให้แสงออกมากใกล้เคียงกับแสงของเวลา
กลางวัน ใช้กับโรงเรียน โรงงานอุตสาหกรรม มีอุณหภูมิสี 6,500 องศาเคลวิน

ข้อดีและข้อเสียของหลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีเซนต์

ข้อดีของหลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีเซนต์

1. หลอดหลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีเซนต์กินไฟเพียง 20% หรือน้อยกว่า 4 เท่า
เมื่อเทียบกับหลอดไฟ โคมที่ให้แสงสว่างเท่ากัน
2. อายุการใช้งานนานกว่าหลอดไฟ 3-10 เท่า หรือประมาณ 3,000-10,000 ชม.
3. ขณะให้างานหลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีเซนต์มีความร้อนน้อย จึงช่วยลดภาระ
ของเครื่องปรับอากาศ ทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานน้อยลง
4. การติดตั้งทำได้หลายทิศทาง และใช้งานได้ทั้งภายใน - นอกอาคาร (หลอด
หลอดคอมแพกต์ ฟลูออรีเซนต์ควรอยู่ในโคมเพาะหลอดไม่กันน้ำ)

5. ให้แสงสีเหลือง (WARM WHITE) แบบหลอดไส์ แสงสีขาว (DAYLIGHT)
เหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงสีธรรมชาติ (COOL WHITE)

6. ข้อหลอดมาตรฐานคิดตั้งแทนหลอดไส้ชนิดเกลียวได้ทันที (หลอดหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ บลัลลัสต์ภายใน)

ข้อเดียวกับหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์

1. มีราคาแพงกว่าหลอดไส์ หลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์บลัลลัสต์ภายในชนิด อิเล็กทรอนิกส์ ราคาต่ำสุดประมาณ 120 บาท หลอดคอมแพกบลัลลัสต์ภายในชนิดแกนเหล็ก ราคาประมาณ 285 บาท ชนิดบลัลลัสต์ภายในอก (หลอดตะเกียง) ราคาหลอด 90 - 120 บาท

2. หลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์บลัลลัสต์ภายใน บลัลลัสต์และสตาร์ทเตอร์ปีก พนีกรวนอยู่เป็นชุดเดียวกัน ถ้าชำรุดต้องเปลี่ยนใหม่ทั้งชุด ยกเว้นชนิดบลัลลัสต์ภายในอก (หลอดตะเกียง) เปลี่ยนเฉพาะตัวที่เสียได้

2.2 บลัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์

บลัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์เป็นอุปกรณ์จำเป็นที่ด้องใช้ ด้องมีอยู่ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ หลอดไฟประเกทฟลูออเรสเซนต์ ประเกทหลอดภายในความคันสูง โดยมีหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปในข้อหลอดให้มีค่าเหมาะสม สม่ำเสมอตามแต่ละประเกท หลอดแต่ละชนิด แต่ กระรุ่น แต่ละขนาด บลัลลัสต์ประยัคพลังงานที่นิยมใช้กันมาก คือ บลัลลัสต์โลว์ล็อลส์ (Low Loss Ballast) และบลัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast)

การต่อวงจรหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์เพื่อการใช้งานนั้น โดยทั่วไปใช้อุปกรณ์เสริม อีก 3 อย่างคือ

1. บลัลลัสต์ชนิดคลาสิค คือบลัลลัสต์ที่มีขดลวดพันอยู่บนแกนเหล็ก มีหน้าที่เพิ่มแรงดัน ในการจุดหลอดให้ติด และรักษากระแสไฟฟ้าที่ว่างผ่านหลอดให้เหมาะสมกับขนาดวัตต์ของหลอด

2. สตาร์ทเตอร์ ช่วยในการเริ่มจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้ทำงาน

3. ตัวเก็บประจุ มีหน้าที่เพิ่มค่าประกอบกำลัง (Power Factor) ของวงจร แต่บางครั้งก็ไม่ใส่ ตัวเก็บประจุในวงจรเพื่อคัดตันทุนในการติดตั้ง

บลัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Ballast Electronics) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งซึ่งทำหน้าที่ เมื่อนอกจากอุปกรณ์เสริมทั้ง 3 อย่างข้างต้นพร้อมกัน โดยที่บลัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์จะสร้างความถี่สูง ถึง 50 กิโลไฮรด (kHz) จ่ายให้กับหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์จะตอบสนองความถี่สูงได้ดีกว่าความถี่ 50Hz ที่ใช้อยู่ในบ้าน เป็นผลให้สามารถประยัคพลังงานไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 30% และยังยืดอายุการใช้งานของหลอดได้นานกว่า 25% เมื่อเทียบกับ การต่อวงจรโดยใช้บลัลลัสต์ชนิดคลาสิค การใช้บลัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ยังมีข้อดีอีก เช่น หลอด

เปิดติดทันที, แสงสว่างที่ออกมานไม่กระพริบให้ร้าวค่าสายตา, ไม่มีเสียงรบกวนสามารถทำงาน, ไม่สะสัมความร้อนเหมือนบล็อกล่าส์ที่นิคคลาดและหลอดบังคงคิดแม่แรงคันไฟฟ้าตก

บล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์ที่จำหน่ายในประเทศไทยจะใช้แรงดันไฟฟ้า 220V ความถี่ 50Hz มีข้อมูลที่สำคัญอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับบล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์ที่ควรทราบดังนี้

1. ปริมาณของกระแสขณะทำงาน (Imms และ Ipeak) ปริมาณของกระแสยิ่งน้อยเท่าไร ความสูญเสียเนื่องจากความร้อนที่เกิดบนสายไฟก็ยิ่งน้อยลงเท่านั้น

2. ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) เป็นค่าที่บ่งบอกว่าบล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อยู่สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันให้สอดคล้องกันได้มากน้อยเพียงใด บล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพสูงจะมีค่าตัวประกอบกำลังใกล้เคียง 1.0 ในขณะที่บล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์คุณภาพต่ำจะมีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ เมื่อติดตั้งบล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำจำนวนมาก จะทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าและในตัวบล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์เอง ซึ่งพลังงานที่สูญเสียนี้จะเป็นสัดส่วนมากกับค่าตัวประกอบกำลัง

3. ค่า THD (Total Harmonics Distortion) เป็นค่าที่บ่งบอกว่าบล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อยู่มีสัญญาณรบกวนความถี่สูงมากน้อยเพียงใด สัญญาณรบกวนความถี่สูงที่เกิดจากบล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์จะ ไหลเข้าไปในระบบไฟฟ้า และจะไหลผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอยู่ในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ในบ้านทำให้เกิดความร้อนขึ้น มีผลให้อาชญาการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านลดลง บล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพสูงจะมีค่า THD ต่ำ

คุณสมบัติของบล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์

1. ช่วงประหัตไฟได้ 10 วัตต์ต่อหลอดไม่ว่าจะใช้กับหลอด 18 วัตต์ 36 วัตต์ จากเดิมที่กินไฟ 28 วัตต์ 46 วัตต์ ตามลำดับ

2. ประหัตไฟของเครื่องปรับอากาศได้ประมาณ 3.3 วัตต์ต่อหลอด เมื่อจากการสูญเสียที่น้อยกว่า อุณหภูมิขณะทำงานของบล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์ต่ำกว่าบล็อกล่าส์แกนเหล็ก

3. ช่วงประหัตค่าสตาร์ทเตอร์ได้ เพราะบล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ จึงทำให้ประหัตค่าสตาร์ทเตอร์และค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยน

4. ประหัตหลอดไฟได้ เพราะบล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์มีการควบคุมการจุดหลอมที่แผ่นอนกว่าบล็อกล่าส์แกนเหล็ก จึงทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์มีอายุนานกว่าเดิม 20-50%

5. บล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าตัวประกอบกำลังมากกว่า 0.95 ลดการใช้กระแสไฟมากกว่า 80% ทำให้สายไฟและขัวหลอดมีความร้อนต่ำขณะใช้งานลดลงจึงทำให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

6. บล็อกล่าส์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อเปิดสวิตช์ หลอดไฟจะติดทันทีไม่มีปัญหาของการกระพริบเนื่องจากสตาร์ทหรือหลอดเสื่อมคุณภาพ โดยใช้ได้กับหลอดทั่วไป

7. บัลลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ให้แสงที่นุ่มนวล “ไม่มีการกระพริบที่ข้าวหลอด (Stroboscopic Effect) ซึ่งจะช่วยถอนสายตา”

ข้อดีและข้อเสียของบัลลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

บัลลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีหน้าที่ไม่แตกต่างกับบัลลลาสต์แบบขดคลาดแกนเหล็กธรรมชาติ แต่แทนที่จะใช้แกนเหล็กพันขดคลาดธรรมชาติเปลี่ยนมาใช้เป็นวงจรอ่างอิเล็กทรอนิกส์แทน ดังนั้นภายในตัวบัลลลาสต์จะบรรจุไว้ด้วยชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นหลัก

ข้อดีของบัลลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

- มีการสูญเสียพลังงานในตัวค่าประมาณ 2-4 วัตต์ และมีค่าตัวประกอบกำลังที่ดี

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบบัลลลาสต์ชนิดต่างๆ

ชนิดของบัลลลาสต์	กำลังไฟฟ้าของหลอด (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย ของบัลลลาสต์ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)
1. แกนเหล็กธรรมชาติ	36	10-12	46-48
2. แกนเหล็กความ สูญเสียต่ำ	36	4-6	40-42
3. อิเล็กทรอนิกส์	32	4	36

- ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์กายนอกมาต่อเติมและบัลลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 1 ตัว สามารถใช้กับหลอดไฟฟ้าได้ 1, 2, 3 หรือ 4 หลอด ทำให้สามารถเลือกใช้ได้หลากหลายอย่างไป
- ทำให้หลอดไฟมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น 30-50%
- ได้ระบบไฟฟ้าและแสงสว่างที่มีคุณภาพดีขึ้น เนื่องจากไม่มีการกระพริบ และได้แสงที่มีความสว่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะมีผลต่อสายในระยะยาว
- บัลลลาสต์ที่ออกแบบพิเศษสามารถหารไฟในหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ได้

ข้อเสียของบัลลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

- มีราคาแพงกว่าบัลลลาสต์ธรรมชาติ
- มีข้อจำกัดในการใช้งานในสถานที่ที่ร้อนบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง มีลักษณะไอน้ำสูง ไอน้ำมันหรือฝุ่นผงสูงเป็นพิเศษ นักจะทำให้บัลลลาสต์มีอุบัติการใช้งานที่สั้นลง

- อาจก่อให้เกิดผลกระแทบเพิ่มเติมในระบบไฟฟ้า หรือบล็อกสต์อัจมีระบบคลื่นความถี่แทรกซ้อนได้ บล็อกสต์อัจมีอายุการใช้งานสั้น ไม่ทนทาน ถ้าเป็นบล็อกสต์ที่ไม่ได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน และเลือกใช้วัสดุชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ดี รวมไปถึงมาตรฐานในการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน
- ช่างไฟฟ้าทั่วไปไม่คุ้นเคยกับการใช้งานและการติดตั้ง

2.3 วงจรกรองแรงดัน

การแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ค่ากระแสเพื่อมของแรงดันไฟตรงอาจเท่ากับที่กระแสเพื่อมไปจากค่าแรงดันไฟเฉลี่ยหรือแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเรียกว่า ริปเปล (Ripple) ในวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ความถี่ของแรงดันริปเปลมีค่าเท่ากับความถี่ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้า ทั้งนี้ เพราะสัญญาณครึ่งคลื่นให้ถูกคลื่น 1 ถูก ทุก ๆ หนึ่งไซเคิลของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้า สร้างในวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นนั้นความถี่ของแรงดันริปเปลจะมีค่าเป็นสองเท่าของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้านั่นคือ ถ้าความถี่ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้ามีค่า 50 Hz ความถี่ของสัญญาณริปเปลจากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นจะเป็น 50 Hz ด้วย ส่วนของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นมีความถี่เป็น 100 Hz

เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์คลอดคนวงจรส่วนใหญ่ต้องการไฟตรงที่รวมเรียบเลี้ยงวงจรดังนั้นอาจพูดว่าที่อุปกรณ์ที่สามารถเรียงกระแสจึงยังไม่สามารถที่จะป้อนเดี่ยววงจรเครื่องมือต่างๆ ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องผ่านวงจรกรองแรงดันหรือฟิลเตอร์ ทำให้แรงดันไฟตรงที่จะจ่ายออกมีค่ารวมเรียบเพียงพอ กับการนำไฟไปเลี้ยงวงจร

วงจรกรองเป็นวงจรที่ใช้กรองสัญญาณที่เข้ามารับกวนทำให้ได้สัญญาณที่จะออกไปสู่ภายนอกอุปกรณ์ เนื่องจากวงจรที่ใช้ตัวเก็บประจุ C กับตัวเหนี่ยวแน่น L เป็นตัวกรองสัญญาณ วงจรกรองแรงดันในวงจรอิเล็กทรอนิกส์บล็อกสต์ ทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้จากแหล่งจ่ายเข้ามาไม่ให้มีสัญญาณรบกวนเข้ามายังในวงจร เพื่อป้องกันแรงดันไฟฟ้าที่ผิดปกติ เช่นไฟกระชาก ซึ่งจะเป็นผลให้วงจรต่างๆ ในแหล่งจ่ายเกิดความเสียหายขึ้นได้

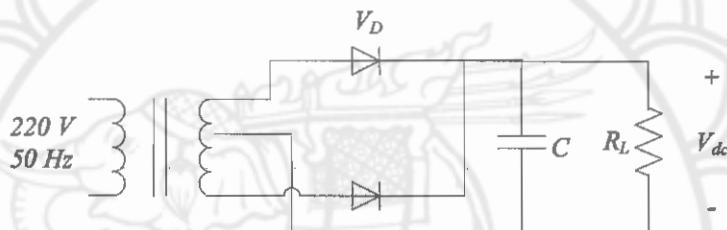
วงจรกรองแรงดันด้วยตัวเก็บประจุ (Capacitor filter)

แรงดันริปเปลมีผลเสียมีอยู่กับการจ่ายกระแสไฟลดเป็นรูปปั๊ส์ แรงดันริปเปลนี้สามารถทำให้คล่องได้ถ้ามีพัดลมบางส่วนของถูกเก็บไว้พร้อมที่จะจ่ายออกเมื่อถึงจังหวะที่ไม่มีพัดลม จ่ายออกจากตัวเรียงกระแสซึ่งหลักการนี้เป็นหลักการเบื้องต้นของวงจรกรองแรงดันด้วยตัวเก็บประจุ

วงจรกรองแรงดันแบบนี้ประกอบด้วยตัวเก็บประจุต่อเขื่อนคร่อมโหลด ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่เก็บประจุไว้ในตัวมัน ในขณะที่แรงดันขาออกเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุด

แรงดันคร่อมตัวเก็บประจุจะมีค่าสูงสุดด้วย เมื่อแรงดันขาออกลงมาเป็นศูนย์ ตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่ช่วยนำประจุให้โหลดทำให้แรงดันคร่อมตัวเก็บประจุค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งแรงดันขาออกของวงจรเรียงกระแสมีค่ามากกว่าค่าประจุเข้าไปยังตัวเก็บประจุอีกรึปีนเข่นี้เรียกไป

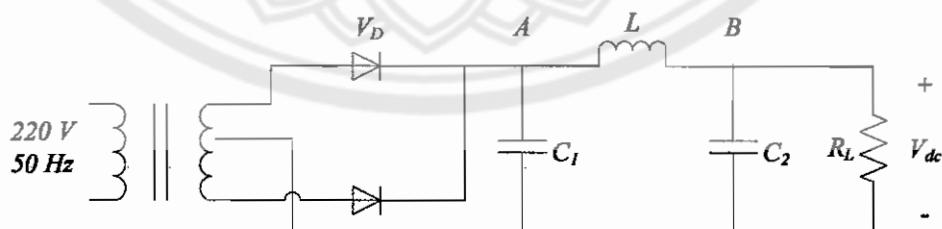
อย่างไรก็อัตราการหายประจุจะเป็นไปอย่างช้าๆ ดังนั้นแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุจึงยังไม่ลดลงมาถึงศูนย์กระแสจากวงจรเรียงกระแสก็จะมาประจุให้กับตัวเก็บประจุอีกรึปีน เพื่อให้การกรองแรงดันได้เรียบยิ่งขึ้นตัวเก็บประจุจะต้องมีค่ามาก โดยทั่วไปจึงใช้ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลติก ปกติวงจรกรองแรงดันแบบนี้ไม่สามารถจ่ายกระแสให้กับโหลดได้เป็นจำนวนมากทั้งนี้ เพราะถูกจำกัดด้วยจำนวนประจุที่ถูกสะสมไว้ที่ตัวเก็บประจุ เมื่อตัวเก็บประจุต้องจ่ายประจุให้โหลดจะทำให้แรงดันคร่อมตัวมันลดลงอย่างรวดเร็ว ก่อนที่มันจะรับประจุอีกรึปีนนึง จึงทำให้ค่าริบเพล็มมีค่าสูงและแรงดันขาออกจะลดค่าลง



รูปที่ 2.2 แสดงวงจรกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุ

วงจรกรองแรงดันแบบพาห (π type Filter)

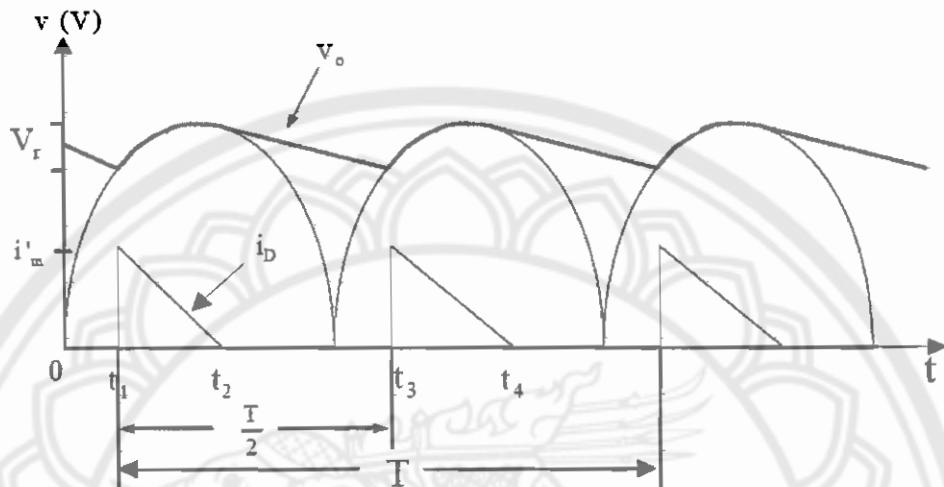
วงจรกรองแรงดันด้วยคัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุดังที่กล่าวมาแล้วนี้จะทำให้แรงดันทางขาออกมีแรงดันริบเพล็มอยู่มาก ดังนั้นต้องการวงจรจ่ายไฟที่เรียบขึ้นจึงนำเอาตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุมาร่วมกันเป็นวงจรกรองแรงดันแบบพาหซึ่งก็เป็นอีกแบบหนึ่งที่ให้ค่าริบเพล็มน้อยมากดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรกรองแรงดันแบบ π

ในวงจรกรองแรงดันแบบพาห ตัวเก็บประจุ C_1 ทำหน้าที่เป็นตัวกรองแรงดันเหมือนกับตัวเก็บประจุเดียว ตัวเก็บประจุนี้จะเป็นตัวทำให้ค่าแรงดันทางเอาต์พุตมีค่าเป็นแรงดันสูงสุดแล้ว

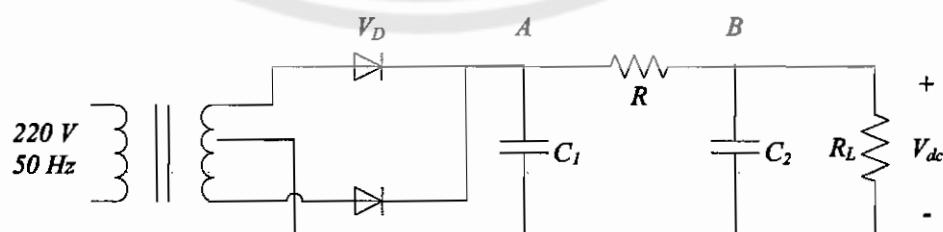
คายประจุคล่อง ในขณะที่แรงดันทางเอาต์พุตคล่องตัวเก็บประจุ C_2 จะทำหน้าที่เช่นเดียวกับตัวเก็บประจุ C_1 ตัวเหนี่ยวนำ L ทำให้การกรองทั้งหมดดีขึ้น โดยปรับแรงดันทั้งหมดไม่ให้ค่าแรงดันคร่อม ตัวเก็บประจุทั้ง 2 ต่างกันมากนัก จึงทำให้การกรองได้รานเรียบยิ่งขึ้น แรงดันทางเอาต์พุตของวงจร กรองกระแสแบบนี้ให้ผลลัพธ์มาก ทำให้จำนวนวนรับเพิ่มเหลือน้อย ซึ่งถ้าทำการออกแบบอย่างคิดแล้วจะถือว่าค่าแรงดันรับเป็นนิ่มมากได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงรูปคลื่นของแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ C_2

วงจรกรองแรงดันแบบ RC

ในบางกรณีการพัฒนาเป็นตัวเหนี่ยวนำมีปัญหานางประการในเรื่องข้อบ่งบอก วิธีการตลอดจนการวัดหาค่าของคลื่นหนึ่งบนอีกหนึ่ง ดังนั้นการนำวงจรกรองแรงดันแบบ RC จึงเป็นที่นิยมแทนวงจรกรองแรงดันแบบพาหะ (π) โดยใช้ตัวต้านทานต่อแทนตัวเหนี่ยวนำ ตัวต้านทานจะทำหน้าที่เพิ่มค่าคงตัวเวลาของการคายประจุบนตัวเก็บประจุ C_1 และเวลาประชุมของตัวเก็บประจุ C_2 แต่การกรองแรงดันแบบนี้ไม่ให้ผลลัพธ์เมื่อต้องการจ่ายกระแสไปโหลดด้วยค่ามาก ๆ เพราะกระแสจะทำให้เกิดกำลังสูญเสียสูงในตัวต้านทาน นอกจากนี้ยังเป็นผลทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน มีค่าสูงอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงวงจรกรองแรงดันแบบ RC

วงจรกรอง EMI (EMI Filter)

สัญญาณรบกวนทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Interference: EMI) สาเหตุการเกิดสัญญาณรบกวนทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จะเกิดจากธรรมชาติของการทำงานของอุปกรณ์ภายในวงจร เช่น การคาดประจุของไฟฟ้าสถิต เป็นต้น องค์ประกอบของ EMI จะมีอยู่ด้วยกัน 3 ส่วน คือ แหล่งกำเนิด, เหยื่อ และทางผ่าน

เมื่อพิจารณาลักษณะทางผ่านของสัญญาณรบกวน EMI สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ทางตัวนำเรียกว่า Conducted EMI และทางอากาศ เรียกว่า Radiated EMI

1. **Conducted EMI** คือ สัญญาณรบกวนทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในตัวนำ เป็นสัญญาณรบกวนที่ไม่จากแหล่งกำเนิดผ่านตัวนำไปยังเหยื่อ ตัวนำดังกล่าว ได้แก่ สายนำสัญญาณภายในวงจรระบบกราวน์ และบริเวณใกล้เคียง รวมทั้งระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและเครื่องมือทดสอบ

2. **Radiated EMI** คือ สัญญาณรบกวนทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่กระจายทางอากาศ เป็นสัญญาณรบกวนที่มีการแพร่กระจายจากแหล่งกำเนิดไปทางอากาศ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนไปยังวงจรใกล้เคียงได้ ซึ่งสัญญาณรบกวนนี้จะอยู่ในช่วงความถี่สูง (30 MHz - 1 GHz) จึงทำให้การวิเคราะห์มีความยุ่งยากและซับซ้อน นอกจากนี้เครื่องมือและห้องทดสอบจะต้องได้มาตรฐาน สัญญาณรบกวน สัญญาณรบกวนดังกล่าวมีพื้นฐานการดำเนินมาจากการส่ายสัญญาณ และกราวน์ คือ Differential Mode: DM และ Common Mode: CM

2.1 สัญญาณรบกวน DM

สาเหตุการเกิดสัญญาณรบกวน DM (DM Noise) ได้แก่ ค่าอินพิเดนซ์ของตัวเก็บประจุ ที่ทำหน้าที่กรองแรงดันกระแสเพิ่มของแหล่งจ่ายไฟ เมื่อพิจารณาจากวงจร FBC และวงจร HBC จะเห็นว่าตัวเก็บประจุกรองแรงดันจะประกอบด้วย ตัวเหนี่ยวนำสมูนต์อนุกรม (Equivalent Serial Inductance: ESL) และตัวต้านทานเสมีน่อนอนุกรรน (Equivalent Serial Resistance) ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน DM นอกจากนี้สาเหตุการเกิดสัญญาณรบกวน DM ยังมีสาเหตุมาจากการคืนตัวข้อนกลับ (Reverse Recovery) ของไอดีโอเดรคติไฟล์ ค่าเหนี่ยวนำจากสายนำสัญญาณและค่าเหนี่ยวนำของวงจร เป็นต้น

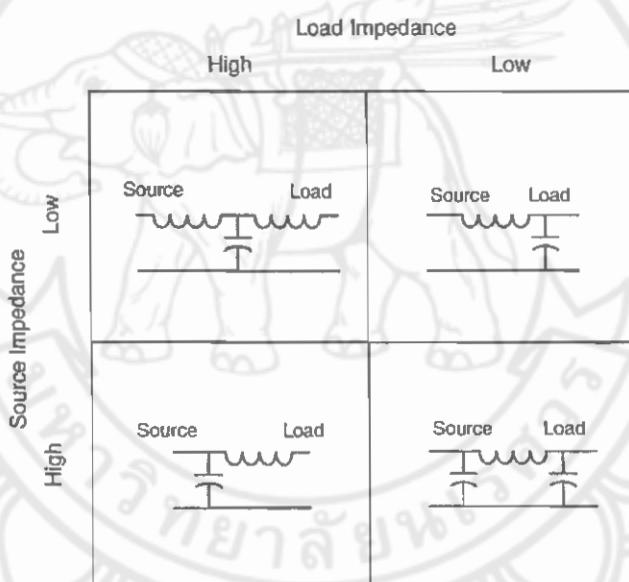
2.2 สัญญาณรบกวน CM

การเกิดสัญญาณรบกวน CM (CM Noise) สามารถพิจารณาได้จากการイルของกระแส CM และตัวเก็บประจุแฟรง (CP) ที่เกิดขึ้นระหว่างอุปกรณ์สวิচซิ่ง Power MOSFETs กับแผ่นระบายน้ำร้อน ซึ่งตัวเก็บประจุแฟรงนี้ จะมีเก็บประจุและคายประจุจากการไอลของกระแส CM จึงเปรียบเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน CM นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่นที่อาจทำให้เกิดสัญญาณรบกวน CM ได้เช่นกัน

การออกแบบวงจรกรอง EMI

การประยุกต์ใช้ EMI ส่วนมากจะเป็นวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำซึ่งประกอบด้วย อุปกรณ์ที่มีความถี่สูงหลายตัวมาต่อขนานกัน เช่น ตัวเก็บประจุ หรืออุปกรณ์ที่มีความถี่สูงหลายตัว มาต่ออนุกรมกัน เช่น ตัวเหนี่ยวแน่น ตัวด้านหน้า เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องใช้ในการประกอบวงจร แต่ปัญหาที่ตามมาก็คือ การรับกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าของสัญญาณความถี่สูง ในบางกรณีจำเป็นต้องใช้งานกรองแบบมัลติสเตจ (Multistage Filter) ซึ่งสามารถครอบคลุมย่านความถี่กว้างๆ ได้

จุดประสงค์ของวงจรกรอง EMI คือ การหาค่าอินพีเดนซ์ที่ไม่ต่อเนื่องสูงสุด ณ จุดที่ต้องการกรองสัญญาณความถี่สูง ตัวกรองอินพีเดนซ์ต่ำควรใช้กับแหล่งจ่ายไฟหรือโหลด อินพีเดนซ์สูง ตัวกรองอินพีเดนซ์สูงควรใช้กับการใช้กับการใช้กับแหล่งจ่ายไฟหรือโหลดอินพีเดนซ์ต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงวงจรกรองแบบ T, π และ L

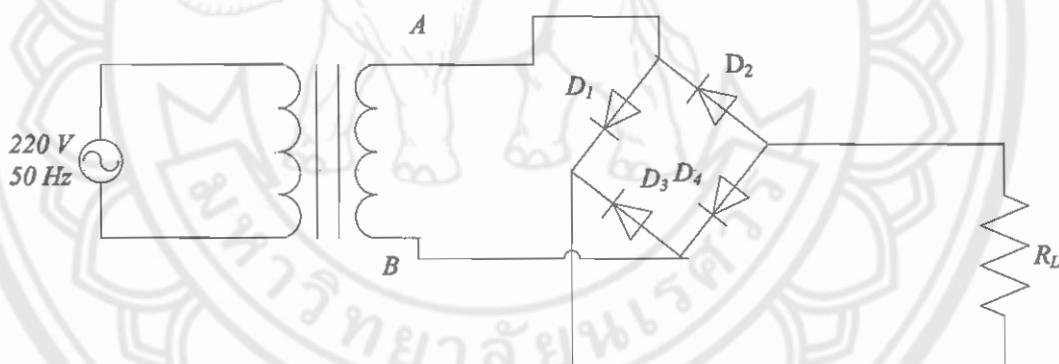
โดยมากแล้ววงจรกรอง EMI นั้นต้องต่ออุปกรณ์อย่างน้อย 2 อุปกรณ์ วงจรกรอง EMI แบบตัวเหนี่ยวแน่น (L Filter) เป็นที่นิยมมาก และจะกรองความถี่ได้ดีที่สุดเมื่อทำงานร่วมกับตัวเก็บประจุซึ่งสามารถกรองสัญญาณรบกวนความถี่สูงได้ดี และต่ออนุกรมกับอุปกรณ์ที่สามารถกรองสัญญาณความถี่ต่ำได้ ซึ่งการต่อตัวเหนี่ยวแน่นเป็นการต่อแบบตัวขับอินพีเดนซ์ต่ำและตัวรับอินพีเดนซ์สูง (Low Impedance Driver and High Impedance Receiver) สำหรับวงจรกรอง EMI แบบ T และแบบ π นั้นก็เป็นที่นิยมมากเช่นกัน

วงจรกรองสัญญาณความถี่สูงควรติดตั้งไกล์แล่งจ่ายไฟหรือไม่กีไกล์กับวงจรขาออก ฉุดประสาทที่ติดตั้งในตำแหน่งดังกล่าวก็เพื่อ จำกัดขนาดของอุปแต่งลดผลกระทบของกราวด์ อินพีเดนซ์ (Ground Impedance)

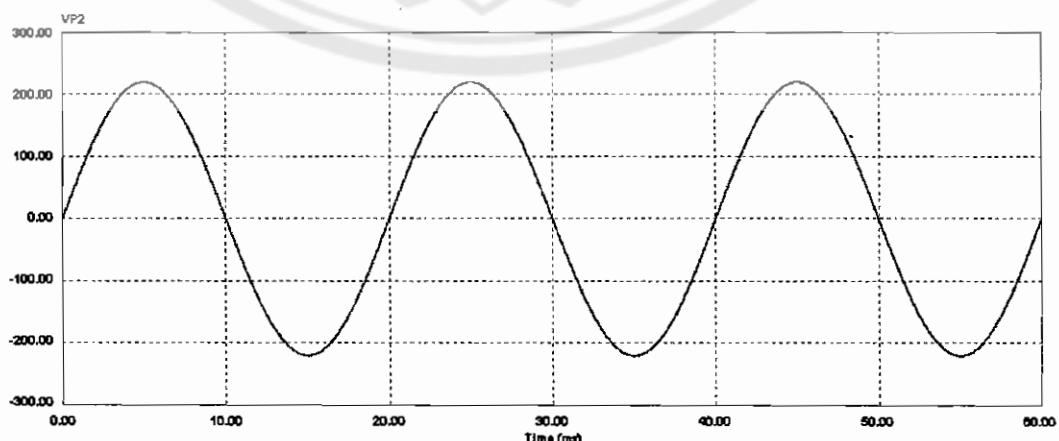
สำหรับวงจรกรองแบบมัลติสเตจก็อาจจะนำมาใช้ได้ เมื่อวงจรกรองส่วนมากทำงานที่ย่านความถี่ประมาณ 2-3 decade ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ก่อนค่าจำกัดของค่าความหนาแน่นวัสดุค่านี้เป็นประจุเพื่อที่จะให้ครอบคลุมย่านของ EMI ตั้งแต่ 10 kHz – 1 GHz (สำหรับ EMI บางค่า) จำเป็นต้องมีการกรองอย่างน้อย 3 ขั้นตอน คือ การกรองที่ความถี่ 10 kHz – 1 MHz, 1 MHz – 100 MHz และ 100 MHz – 1 GHz เรียกวิธีนี้ว่า Woofer-midrange-tweeter วงจรกรองแบบมัลติสเตจนี้สามารถใช้ได้ครอบคลุมทุกย่านความถี่ที่ต้องการศึกษา แต่ถ้าย่านที่ต้องการศึกษานั้นไม่กว้างมากนักก็สามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนได้ เช่น การศึกษา VHF/UHF ซึ่งมีย่านความถี่ 30 MHz – 1,000 MHz เป็นต้น

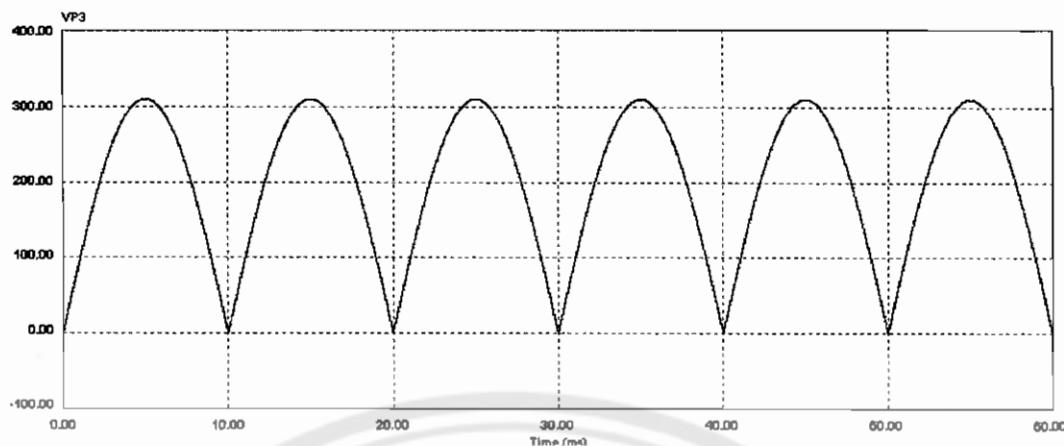
2.4 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge rectifier)

วงจรที่ให้สัญญาณออกเป็นรูปเต็มคลื่น (full wave) ลักษณะนี้คือวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์แต่ที่ต่างกันคือในวงจรบริดจ์จะใช้ไดโอด 4 ตัว และหนืดแปลงจะเป็นแบบไม่มีเซ็นเตอร์เทิ่ง



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์





รูปที่ 2.8 แสดงสัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออกของวงจรเรียงกระแสแบบบิดจี้

จากรูปที่ 2.7 เมื่อมีสัญญาณไฟซิกบวกเข้ามาที่จุด A จะทำให้ที่ D_2 และ D_4 ได้รับไฟและตรงกระแสไฟจะไหลผ่าน D_2 โหลด R_L และ D_4 ครบวงจรที่จุด B ในขณะเดียวกันที่ D_1 และ D_3 จะได้รับไฟและสกัดบัน ทำให้ได้โอดไม่นำกระแส และเมื่อที่จุด B มีสัญญาณไฟซิกบวกเข้ามากระแสจะไหลผ่าน D_3 โหลด R_L และ D_1 ครบวงจรที่จุด A แต่ในขณะเดียวกันที่ D_2 และ D_4 จะไม่นำกระแส วงจรบิดจี้จะให้สัญญาณเอาท์พุทเหมือนกับวงจรเติมคลื่น

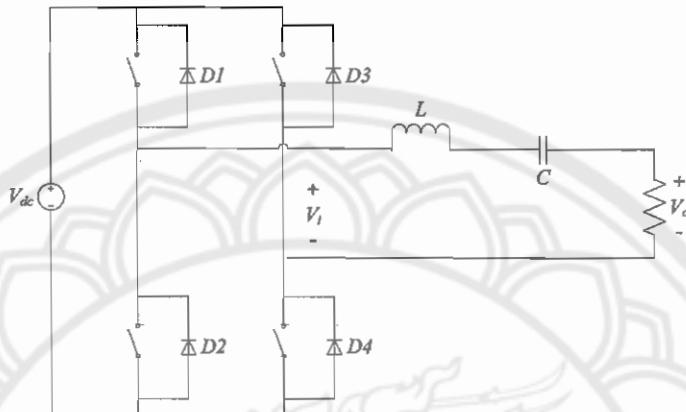
วงจรเรียงกระแสแบบบิดจี้จะให้แรงดันขาออกทุกๆ ครั้งรอบของแรงดันไฟสกัดที่เข้ามาห้ามซีกบวกและซีกลบ ค่าเฉลี่ยของแรงดันขาออกที่มีค่าเป็น 2 เท่าของแรงดันไฟตรงที่ได้จากการเรียงกระแสแบบบิดจี้ ค่าแรงดันเอาท์พุทมีค่าเป็น 0.636 เท่า ของแรงดันไฟสูงสุด ดังสมการที่ 2.1

$$V_{dc} = 0.636V_{peak} \quad (2.1)$$

2.5 วงจรเรโซแนนซ์คอนเวอร์เตอร์ (Resonance Converter)

สำหรับการออกแบบวงจร ที่มีการสวิตช์ที่ความถี่สูงมากขึ้นและตัวการทำงานที่ความถี่สูงดังกล่าวจะทำให้เกิดผลเสียจากกำลังไฟฟ้าสูญเสียขณะเกิดการสวิตช์ (หรือเรียกว่าขณะสวิตช์) ทั้งในขณะเริ่มน้ำกระแสและเริ่มหยุดนำกระแสสำหรับกรณีวงจรมีการสวิตช์ที่ขณะแรงดันและกระแสค่าไม่เป็นศูนย์ ผลคุณของแรงดันและกระแสไฟฟ้า คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียขณะเกิดการสวิตช์มีผลทำให้ค่อนเวอร์เตอร์มีคุณภาพดี จึงได้มีการพัฒนาขึ้นมาคือการทำให้แรงดันหรือกระแสไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ขณะเกิดการสวิตช์ ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียขณะเกิดการสวิตช์มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ที่จะมีผลทำให้ค่อนเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การสวิตช์ในวงจรสวิตช์แบบเรโซแนนซ์จะเกิดขึ้นเมื่อแรงดันและ/หรือกระแสค่าเป็นศูนย์ การสวิตช์แบบนี้อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การสวิตช์แบบนุ่มนวล (Soft switching)

หลักการของค่อนเวอร์เตอร์คือแปลงกำลังจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับดังรูปที่ 2.9 ซึ่งจะเรียกว่าวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม เพราะมีตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุวงอนุกรมกันกับโหลดความต้านทาน การสวิตช์จะทำให้เกิดแรงดันรูปคลื่นสี่เหลี่ยม โดยที่ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุจะทำให้เกิดความถี่เรโซแนนซ์ซึ่งจะมีค่าเท่ากับความถี่สวิตช์



รูปที่ 2.9 แสดงวงจรเรโซแนนซ์ค่อนเวอร์เตอร์

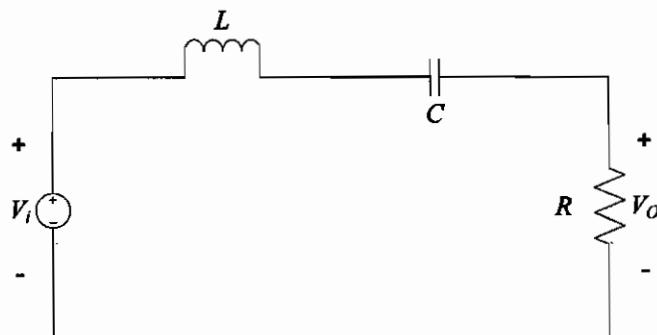
ขั้นตอนการวิเคราะห์มีดังนี้

- พิจารณาผลตอบสนองเชิงความถี่ของวงจร $R-L-C$ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 จะได้ อัตราขยายแรงดันของวงจรซึ่งมีความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (2.2)$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega L}{R} - \frac{1}{\omega RC}\right)^2}} \quad (2.3)$$

เมื่อ V_o คือ แรงดันขาออกของวงจรเรโซแนนซ์
 V_i คือ แรงดันขาออกของวงจรเรโซแนนซ์
 R คือ ค่าความต้านทาน
 L คือ ค่าความเหนี่ยวนำ
 C คือ ค่าตัวเก็บประจุ



รูปที่ 2.10 แสตดวงจร $R - L - C$

2. ความถี่เรโซแนนซ์จะมีค่าเท่ากับ

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2.4)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.5)$$

เมื่อ f_0 คือ ความถี่เรโซแนนซ์

ที่ความถี่เรโซแนนซ์ ค่าอิมพีเดนซ์ของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุจะหักล้างกัน จึงมองเห็นเป็นโหลดมีค่าเฉลี่ยความต้านทานเท่านั้น

เมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านออกเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่ความถี่ f_0 ผลของ $L - C$ จะทำหน้าที่คล้ายเป็นตัวกรองความถี่ คือทำให้ความถี่หลักมูลผ่านไป และจะลดขนาดสัญญาณของอาร์โนนิก ลำดับ ต่างๆ ทำให้รูปคลื่นแรงดันตกคร่อมความต้านทานเป็นรูปคลื่นชานน์ ที่มีความถี่เดียวกันกับความถี่ของรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

3. ขนาดของแรงดันความถี่หลักมูลของสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม $\pm V_{dc}$ จะมีขนาดเท่ากับ

$$V_1 = \frac{4V_{dc}}{\pi} \quad (2.6)$$

เมื่อ V_1 คือ แรงดันความถี่หลักมูลฐาน

V_{dc} คือ แรงดันไฟฟ้าก่อนเข้าวงจรเรโซแนนซ์

4. ผลตอบสนองเชิงความถี่ของวงจรกรองความถี่จะแสดงในพจน์ของแบบคิวิตี้ โดยแสดงในรูปตัวประกอบคุณภาพ (Quality factor: Q) ดังนี้

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 R C} \quad (2.7)$$

เมื่อ Q คือค่าประกอบคุณภาพ

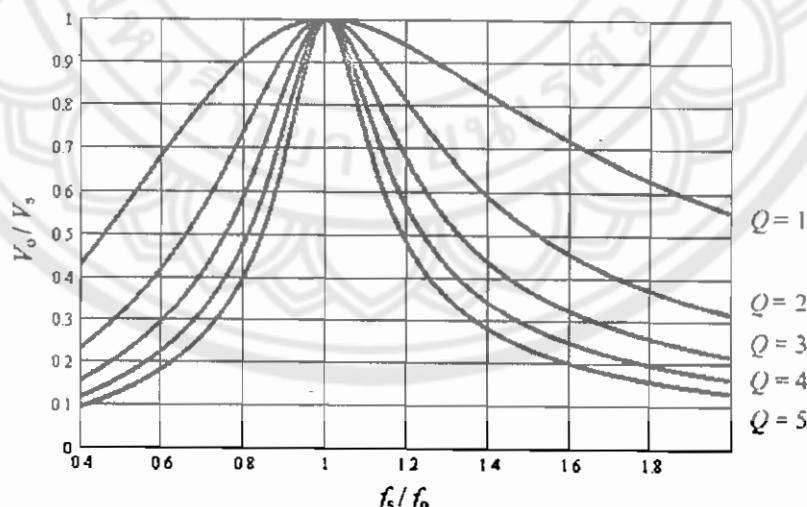
5. อัตราขยายแรงดันในสมการที่ 2.8 สามารถแสดงในพจน์ของ ω_0 และ Q ดังนี้

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{\sqrt{1+Q^2\left(\frac{\omega}{\omega_0}-\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}} \quad (2.8)$$

6. พลตอบสนองเชิงความถี่แสดงในรูปที่ 2.11 อัตราขยายแรงดันของพลตอบสนองเชิงความถี่บรรทัดฐาน (Normalized frequency: $\frac{f_s}{f_0}$) ที่ค่า Q ต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าแรงดันตกคร่อม

ตัวด้านหน้าจะลดลงเมื่อค่า Q มีค่าสูงขึ้น ขณะที่การเพิ่มค่า L และลดค่า C จะมีผลทำให้ Q มีค่าสูงขึ้น ขณะที่การเพิ่มค่า L และลดค่า C จะมีผลทำให้มีค่าสูงขึ้นเช่นกัน

ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่โหลดความด้านหน้าจะถูกควบคุมด้วยความถี่สวิตชิ่ง ภาระจะควบคุมให้ความถี่สวิตชิ่งปรับเลื่อนให้มีค่าใกล้เคียงกับความถี่เรโซแนนซ์ เพราะว่าจะทำให้หลอดคันนี้สว่างมากที่สุดและเมื่อเราปรับความถี่ให้มากกว่าความถี่เรโซแนนซ์ มีผลทำให้หลอดสว่างลดลง เพราะจะย้ายหาร์โนนิกความถี่สูงของรูปคลื่นสี่เหลี่ยมออกไป ทำให้การกรองความถี่ดีและง่ายขึ้น แต่หากเดือกด้วยความถี่ให้ต่ำกว่าความถี่เรโซแนนซ์จะย้ายหาร์โนนิกลำดับต่างๆ โดยอาจจะทำให้หาร์โนนิกที่สาม เข้าใกล้เรโซแนนซ์ จะทำให้สัญญาณด้านอกมีขนาดเพิ่มขึ้นได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 เมื่อปรับความถี่สวิตชิ่งนี้อยกว่าความถี่เรโซแนนซ์

วงจรเรโซแนนซ์ค่อนเวอร์เตอร์แบบผสม หลักการทำงานเบื้องต้น

วงจรเรโซแนนซ์ค่อนเวอร์เตอร์แบบผสม คือ การผสมกันระหว่างวงจรเรโซแนนซ์แบบ
ขานานกับวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม ซึ่งจะมีหลักการทำงานของวงจรในรูปที่ 2.12 กล่าวคือ เมื่อ
สวิตช์นำกระแสจะทำให้เกิดแรงดันรูปคลื่นสี่เหลี่ยม v_a และแรงดันไฟฟ้าขาเข้าของวงจรเรียง
กระแส v_b ซึ่งในอุดมคติจะเป็นรูปคลื่นซายน์ที่ความถี่หลักมูลของรูปคลื่นสี่เหลี่ยม โดยคัว
เหนี่ยวนำค้านออก L จะสมดิ่วสามารถกรองกระแสได้เรียบ (Ripple-free) ทำให้กระแส i_b ที่จะ^{จ่ายไปยังวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น} มีรูปคลื่นสี่เหลี่ยมด้วย

ในการวิเคราะห์วงจรเรโซแนนซ์ค่อนเวอร์เตอร์แบบผสม สามารถทำได้โดยการวิเคราะห์
วงจรสมมูลไฟฟ้ากระแสลับด้วยวิธีไฟฟ้าเชอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.13 โดยการพิจารณาความสัมพันธ์
ระหว่างขาออกและขาเข้า ซึ่งจะประมาณได้จากความถี่หลักมูลฐานของรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ทำให้ได้
ความสัมพันธ์ระหว่าง \bar{V}_{b1} กับ \bar{V}_{a1} คือ

$$\frac{\bar{V}_{b1}}{\bar{V}_{a1}} = \left| \frac{1}{1 + \frac{X_{Cs}}{X_{Cp}} - \frac{X_L}{X_{Cp}} + j \left(\frac{X_L}{R_e} - \frac{X_{Cs}}{R_e} \right)} \right| \quad (2.9)$$

โดยที่ R_e สามารถหาได้จากสมการที่ 2.10

$$R_e = \frac{\pi^2}{8} R_L \quad (2.10)$$

และค่ารีแอคเคนซ์ที่ความถี่สวิตซ์ที่คือ

$$X_{Cs} = \frac{1}{\omega_s C_s} \quad (2.11)$$

$$X_{Cp} = \frac{1}{\omega_s C_p} \quad (2.12)$$

$$X_L = \omega_s L \quad (2.13)$$

เมื่อ V_{a1} กับ V_{b1} คือ ขนาดแรงดันไฟฟ้าความถี่หลักมูลของ v_a และ v_b

$$\text{จาก } V_{b1} = \frac{V_o \pi}{2} \quad (2.14)$$

$$V_{a1} = \frac{2V_s}{\pi} \quad (2.15)$$

จะได้อัตราขยายแรงดันของวงจรเรซิโซนเนอร์คอนเวอร์เตอร์แบบผสม ดังนี้

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{4}{\pi^2} \left| \frac{1}{1 + \frac{X_{Cs}}{X_{Cp}} - \frac{X_L}{X_{Cp}} + j \left(\frac{X_L}{R_e} - \frac{X_{Cs}}{R_e} \right)} \right| \quad (2.16)$$

รูปแรงดันไฟฟ้าขาออกในรูปของ ω_s จะได้ดังนี้

$$V_o = \frac{4V_s}{\pi^2} \times \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{C_p}{C_s} - \omega_s^2 LC_p \right)^2 + \left(\frac{\omega_s L}{R_e} - \frac{1}{\omega_s R_e C_s} \right)^2}} \quad (2.17)$$

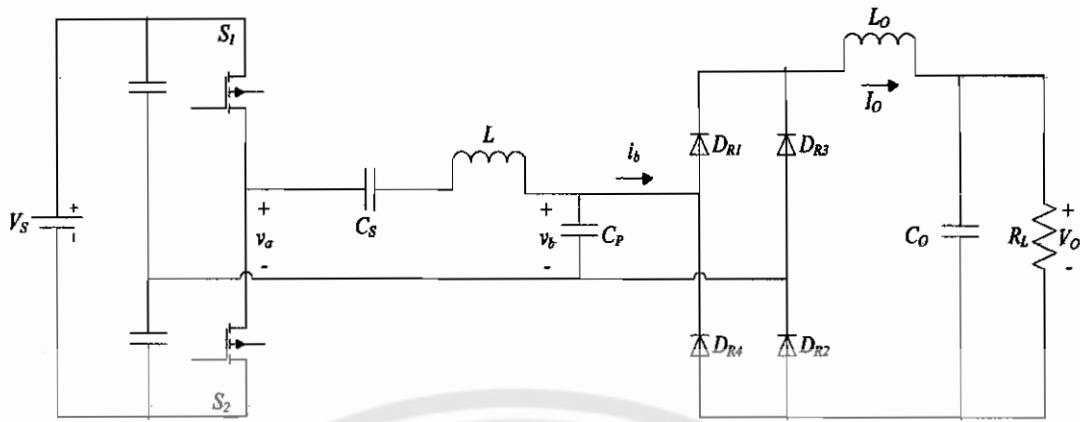
เมื่อค่า $C_s = C_p$ จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายแรงดัน $\left(\frac{V_o}{V_s} \right)$ เท่ากับค่าความถี่บรรหัตฐาน $\left(\frac{f_s}{f_o} \right)$ ที่ค่า Q ค่าต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.14 โดยค่า Q หาได้จาก

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R_L} \quad (2.18)$$

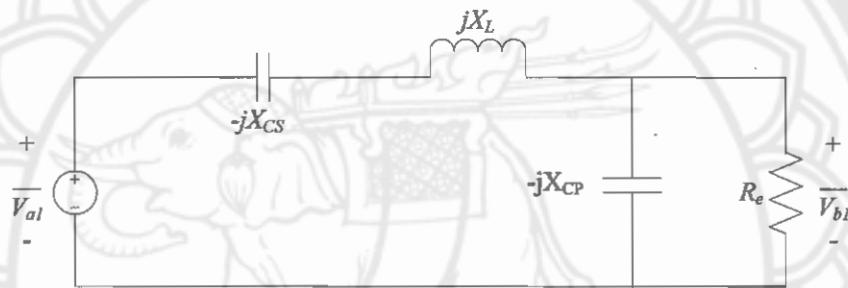
และ

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2.19)$$

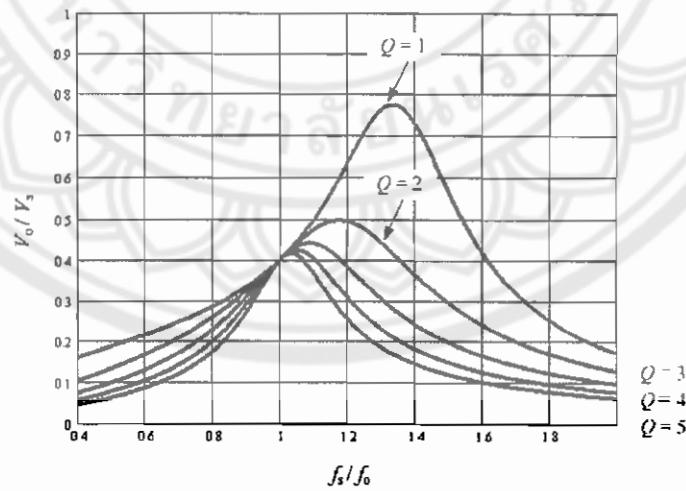
จากรูปที่ 2.14 ที่ค่าอัตราส่วนความถี่สวิตชิ่งต่อความถี่เรซิโซนเนอร์ $\left(\frac{f_s}{f_o} \right)$ มีค่ามากกว่า 1 จะได้ค่าที่ถูกต้องมากขึ้น เมื่อเทียบกับที่ $\frac{f_s}{f_o}$ มีค่าน้อยกว่า 1 ทั้งนี้เพราะสาร์โนนิกของรูปคลื่นสี่เหลี่ยมจะถูกกรองออกไป ทำให้การวิเคราะห์ได้ผลที่ถูกต้องมากยิ่ง



รูปที่ 2.12 แสดงวงจรเรโซแนนซ์ค่อนเวอร์เตอร์แบบผสม



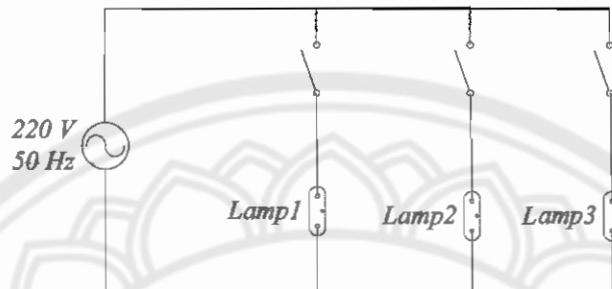
รูปที่ 2.13 แสดงวงจรสมมูลไฟฟ้ากระแสสลับของวงจรเรโซแนนซ์ค่อนเวอร์เตอร์แบบผสม



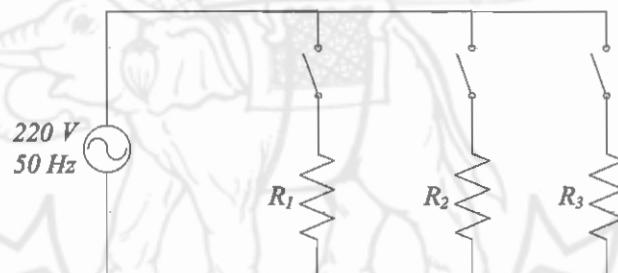
รูปที่ 2.14 แสดงการจำลองค่าบรรทัดฐานของผลตอบสนองเริงความถี่ของวงจรเรโซแนนซ์ค่อนเวอร์เตอร์แบบผสม

2.6 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของหลอดคอมแพกต์ พลุออเรสเซนต์

โดยทั่วไปวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของหลอดคอมแพกต์ พลุออเรสเซนต์ขนาด 11 วัตต์กึ่งก่อตัวค้านทาน เมื่อจากหลอดไฟทุกรุ่นจะมีสภาพความด้านทานภายเฉพาะในตัวเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.15 – 2.16



รูปที่ 2.15 แสดงวงจรไฟฟ้าที่มีหลอดไฟ 3 หลอดต่อขานกัน

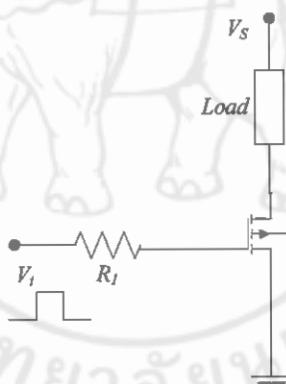


รูปที่ 2.16 แสดงวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของวงจรในรูปที่ 2.15

2.7 วงจรทริกมอสเฟต

มอสเฟตกำลังเป็นสวิตซ์ที่ควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage - controlled) ทำให้ง่ายต่อการควบคุม ให้เริ่มน้ำกระแสหรือเริ่มหยุดกระแส ซึ่งจะเป็นข้อดีที่เหนือกว่าการขึ้นลงทรายชิสเตอร์ กำลังจะนำกระแสต่อเมื่อแรงดันตกคร่อมขาเกตเทียบกับขาซอต (VGS) มีค่าสูงกว่าค่าแรงดันปีค เริ่มเปลี่ยน (Threshold voltage) และเมื่อระดับแรงดัน VGS สูงกว่าแรงดันปีคเริ่มเปลี่ยน จะเป็นผลทำให้มอสเฟตกำลังเข้าสู่การทำงานในโหมดโอห์มมิก (Ohmic region) ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว แรงดัน VGS เพื่อให้สวิตซ์เริ่มน้ำกระแสจะมีค่าอยู่ระหว่าง 10 ถึง 20 โวลต์ และเพื่อให้สวิตซ์ไม่นำกระแสสามารถกระทำได้โดยทำให้แรงดัน VGS มีค่าต่ำกว่าแรงดันปีคเริ่มเปลี่ยน และในขณะที่สวิตซ์นำกระแสและไม่นำกระแสความเร็วในการเก็บประจุและคายประจุของค่าตัวเก็บประจุแฟงค์ชันเข้ามอสเฟตกำลัง (Parasitic input capacitance) ซึ่งตัวเก็บประจุแฟงจะต้องทำการสะสนประจุเพื่อให้สวิตซ์นำกระแส และจะต้องทำการคายประจุเพื่อทำให้สวิตซ์ไม่นำกระแส

วงจรทริกเกตของมอสเฟตจะต้องสามารถจ่ายกระแส (Sourcing) และดึงกระแส (Sinking) ได้อย่างรวดเร็วเพื่อจะทำให้มอสเฟตสามารถทำงานได้ที่ความถี่สูง รูปที่ 2.17 แสดงตัวอย่างของวงจร ทริกเกตที่ใช้ในการทริกมอสเฟต ซึ่งจะไม่เน茫กับงานที่ต้องการความถี่สูงชิ้นเดียว แต่นอกจากนั้น ถ้าสัญญาณขาเข้าได้รับแรงดันจากอุปกรณ์โลจิกดิจิตอลแรงดันต่ำ (Low-Voltage Digital Logic Device) แรงดันขาออกอาจจะไม่เพียงพอที่จะทริกให้มอสเฟตนำกระแสได้ จึงต้องมีการปรับปรุงวงจรทริก ด้วยการใช้คู่ของวงจรอิมิเตอร์คาม (Double Emitter-Follower) หรือโทเก็มโพล (Totem Pole) ซึ่งเป็นวงจรที่ประกอบด้วย��體ไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์แบบ NPN และ PNP สำหรับการทำงานของวงจรทริกเกต เมื่อแรงดันขาเข้าของวงจรทริกเกตมีค่าสูง ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะเริ่มน้ำกระแส และทรานซิสเตอร์ Q_2 ไม่น้ำกระแส เป็นผลทำให้มอสเฟตเริ่มน้ำกระแส และเมื่อแรงดันขาเข้าของวงจรทริกเกตมีค่าต่ำ ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะไม่น้ำกระแส และทรานซิสเตอร์ Q_2 นำกระแส ซึ่งจะเป็นการขยับประจุจากขาเกต เป็นผลทำให้มอสเฟตเริ่มหยุดนำกระแสได้ นอกจากนั้นสัญญาณขาเข้าอาจมาจากวงจรคอมพเลกเตอร์แบบเปิด (Open Collector TTL) ที่ประกอบด้วยโทเก็มโพลซึ่งจะใช้เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) สำหรับแหล่งจ่ายกระแส (Source) และดึงกระแส (Sink) ที่ขาเกต

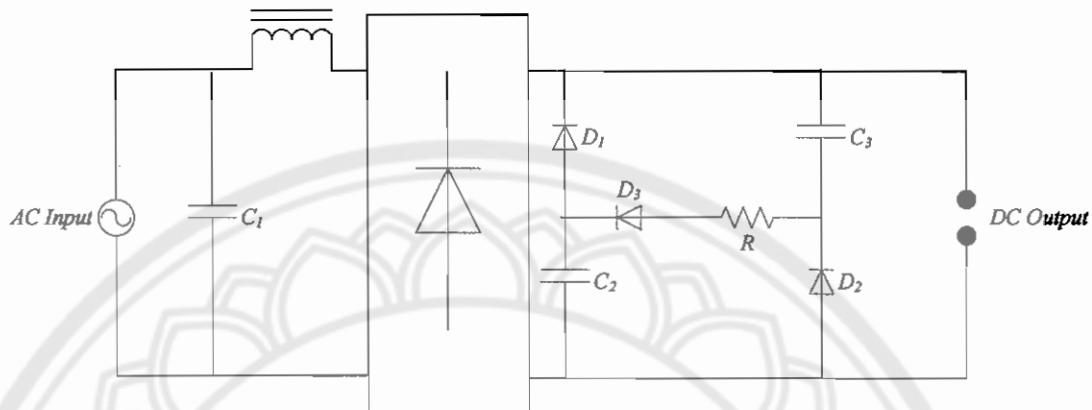


รูปที่ 2.17 แสดงตัวอย่างวงจรขับมอสเฟต

สำหรับไอซีสำเร็จรูปที่ใช้ในการสร้างสัญญาณพัสดุเพื่อนำมาทริกที่ขาเกตนั้น มีหลายเบอร์ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม เช่น ไอซีสำเร็จรูปของบริษัท International Rectifier เบอร์ IR2151, IR2152, IR2153SPBF, IR2154, IR2155, IR21531DPbF และ IR2153Z หรือไอซีสำเร็จรูปของบริษัท Motorola เบอร์ MPIC2151 โดยที่การจะเลือกใช้ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะที่ต้องการของไอซีสำเร็จรูปนั้นๆ เช่น กระแสขาออก, แรงดันสูงสุด, สัญญาณควบคุม, สัญญาณรบกวน และเสถียรภาพในช่วงเริ่มต้นการใช้งาน เป็นต้น

2.8 วงจร 50% Valley Fill Passive PFC

วงจร 50% Valley Fill Passive PFC เป็นวงจรที่ใช้ในการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงวงจร 50% Valley Fill Passive PFC

ในวงจนีตัวเก็บประจุที่ต่ออนุกรมกับไดโอดจะถูกหาร์จในแต่ละครึ่งคลื่นของวงจรเรียงกระแส ตัวเก็บประจุแต่ละตัวจะถูกหาร์จเป็นจำนวน $\frac{1}{2}$ ของแรงดันไฟฟ้าโดยกระแสสลับลบด้วย แรงตកคร่อมไดโอด 3 ดัวซึ่งประกอบด้วย 2 ดัวในวงจรเรียงกระแสแบบบริจ์และ 1 ดัวที่ต่อระหว่างตัวเก็บประจุ 2 ดัว ส่วนหน้าที่ของตัวดำเนินงาน คือ ลดค่ากระแสสูงสุดในขณะที่หาร์จตัวเก็บประจุ

เนื่องจากตัวเก็บประจุแต่ละตัวถูกหาร์จโดยแรงดันไฟฟ้าโดยกระแสสลับซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นรูปคลื่นแบบชายน์มีขนาดเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้าโดยตัวเก็บประจุที่ต่อนานกับไดโอดจะทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสงานกว่าแรงดันที่ผ่านจากการเรียงกระแสจะมีค่าเกินกว่าครึ่งหนึ่งของแรงดันไฟฟ้าโดยของครึ่งคลื่นถัดไป ค่าดิวตี้ไบเดลการคายประจุของตัวเก็บประจุมีค่าประมาณ 37% ที่ค่ายอดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับค้ายาเข้ามีกระแสที่จะกลับไปหาร์จตัวเก็บประจุอีกครึ่งซึ่งมีค่าเท่ากับค่าแรงดันยอดขนาดและช่วงเวลาของกระแสเด้งกลับเวลาอยู่ในพังก์ชันของความลึกของการคายประจุและค่าความดำเนินงานในวงจรหาร์จ

วงจร $L-C$ ที่ดำเนินยาเข้าทำหน้าที่เป็นตัวกรองสำหรับวงจรอินเวอร์เตอร์เพื่อทำให้สัญญาณกระแสของวงจร Valley Fill Passive PFC เรียบเง็น

แม้ว่าวงจนีจะให้ค่าตัวประกอบกำลังที่สูง (มากกว่า 0.95) และสามารถลดหาร์โนนิคได้โดยวงจรกรอง $L-C$ แต่ยุคปัจจุบันของวงจนี คือ มีค่ากระแสเพื่อมของแรงดันถึง 50% ในวงจรบัลลังก์

ล่าสุดทั่วไป เป็นผลให้ Crest Factor มีค่าเกินกว่า 2.1 (ซึ่งโดยทั่วไปนั้นในวงจรบลลคลาสต์ควรมีค่า Crest Factor สูงสุดประมาณ 1.7) ซึ่งมีผลทำให้อาชญาการใช้งานของหลอดไฟลดลง

2.9 การคำนวณค่าตัวประกอบกำลัง (Power factor calculation)

เนื่องจากในบลลคลาสต์หรือไฟสำหรับหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังซึ่งเป็นโหลดแบบไม่เชิงเส้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งโหลดดังกล่าวจะเป็นแหล่งกำเนิดสาร์โนนิกโดยตรง ดังนั้นมีอิทธิพลต่อการกระแสและแรงดันไฟฟ้าจะไม่อยู่ในรูปของพิงก์ชันขยายที่สมบูรณ์แต่จะมีสาร์โนนิกปนอยู่ด้วย และสาร์โนนิกที่มีผลต่อระบบไฟฟ้ากำลังได้แก่ สาร์โนนิกกำลังที่ 3, 5, 7 และเป็นจำนวนเท่าของความถี่หลักมูลฐาน (40 กิโลเฮิรต์) ไปจนกระทั่งความถี่ในย่านที่หุบคุน ได้แก่ อนุกรมฟูเรียร์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบสาร์โนนิกในสภาวะอยู่ด้วย แสดงได้ดังนี้

/ 436063 /

$$v(t) = \sum_{h=1}^{\infty} V_h \sin(h\omega_0 t + \delta_h) \quad 2/5. \quad (2.20)$$

$$i(t) = \sum_{h=1}^{\infty} I_h \sin(h\omega_0 t + \theta_h) \quad 26331 \text{ M.} \quad (2.21)$$

2550

- โดยที่ $v(t)$ คือ อนุกรมฟูเรียร์ของแรงดันไฟฟ้า
 $i(t)$ คือ อนุกรมฟูเรียร์ของกระแสไฟฟ้า
 V_h คือ แรงดันไฟฟ้าที่สาร์โนนิกกำลังที่ h ที่ต่อกร่องโหลด
 I_h คือ กระแสไฟฟ้าที่สาร์โนนิกกำลังที่ h ที่ผ่านโหลด
 δ_h คือ ค่ามุมเฟสที่สาร์โนนิกกำลังที่ h ของแรงดันไฟฟ้าที่ต่อกร่องโหลด
 θ_h คือ ค่ามุมเฟสที่สาร์โนนิกกำลังที่ h ของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านโหลด
 h คือ สาร์โนนิกกำลังที่ h

เขียนให้อยู่ในรูปของค่ารากกำลังสองเฉลี่ยจะได้

$$V_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} \frac{V_h^2}{2}} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} V_{h,rms}^2} = V_{1,rms} \sqrt{1 + \left(\frac{THD_V}{100} \right)^2} \quad (2.22)$$

$$I_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} \frac{I_h^2}{2}} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_{h,rms}^2} = I_{1,rms} \sqrt{1 + \left(\frac{THD_I}{100} \right)^2} \quad (2.23)$$

โดยที่ V_{rms} คือ แรงดันไฟฟ้าค่ารากกำลังสองเฉลี่ย

- I_{rms} คือ กระแสไฟฟ้าค่ารากกำลังสองเฉลี่ย
 $V_{h,rms}$ คือ แรงดันไฟฟ้าค่ารากกำลังสองเฉลี่ยที่ชาร์โนนิกลำดับที่ h
 $I_{h,rms}$ คือ กระแสไฟฟ้าค่ารากกำลังสองเฉลี่ยที่ชาร์โนนิกลำดับที่ h
 $V_{1,rms}$ คือ แรงดันไฟฟ้าค่ารากกำลังสองเฉลี่ยที่ชาร์โนนิกลำดับที่ 1
 $I_{1,rms}$ คือ กระแสไฟฟ้าค่ารากกำลังสองเฉลี่ยที่ชาร์โนนิกลำดับที่ 1
 THD_V คือ ค่าความเพี้ยนชาร์โนนิกรวมสำหรับแรงดันไฟฟ้า
 THD_I คือ ค่าความเพี้ยนชาร์โนนิกรวมสำหรับกระแสไฟฟ้า

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจะได้

$$P_{avg} = \sum_{h=1}^{\infty} V_{h,rms} I_{h,rms} \cos(\delta_h - \theta_h) = P_{1,avg} \pm P_{2,avg} \pm P_{3,avg} \pm \dots \quad (2.24)$$

โดยที่ P_{avg} คือ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Power)

ค่าความเพี้ยนชาร์โนนิกรวมสำหรับแรงดันและกระแสไฟฟ้าสามารถนิยามได้ดังนี้

$$THD_V (\%) = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_{h,rms}^2}}{V_{1,rms}} \times 100 \quad (2.25)$$

$$THD_I (\%) = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_{h,rms}^2}}{I_{1,rms}} \times 100 \quad (2.26)$$

ดังนั้น จะได้ค่าตัวประกอบกำลัง คือ

$$PF = \frac{P_{avg}}{V_{rms} I_{rms}} \quad (2.27)$$

$$PF = \frac{P_{avg}}{V_{1,rms} I_{1,rms} \sqrt{1 + \left(\frac{THD_V}{100} \right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{THD_I}{100} \right)^2}} \quad (2.28)$$

$$PF = \frac{P_{avg}}{V_{1,rms} I_{1,rms}} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{THD_V}{100} \right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{THD_I}{100} \right)^2}} \quad (2.29)$$

โดยที่ PF คือ ค่าตัวประกอบกำลัง

โดยทั่วไป กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่เกิดจากฮาร์มอนิกอันดับสูงกว่าหลักมูลฐานจะมีค่าน้อยมาก ดังนั้น $P_{avg} \cong P_{1,avg}$ และค่าความเพี้ยนของมนิกรรมของแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย (THD_V) โดยปกติจะมีค่าน้อยกว่า 10 % ดังนั้น จากสมการ 2.29 จะได้ $V_{rms} \cong V_{1,rms}$ จะได้ค่าตัวประกอบกำลังเป็น

$$PF \approx \frac{P_{1,avg}}{V_{1,rms} I_{1,rms}} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{THD_I}{100}\right)^2}} \approx PF_{disp} \times PF_{dist} \quad (2.30)$$

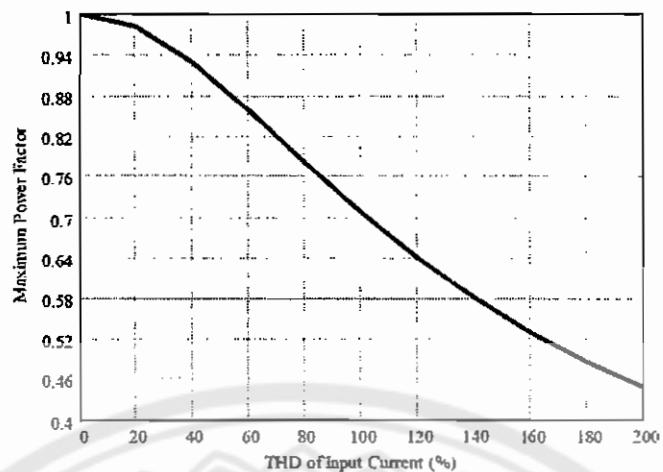
โดยที่ PF_{disp} คือ ค่าตัวประกอบกำลัง Displacement

PF_{dist} คือ ค่าตัวประกอบกำลัง Distortion

เนื่องจากค่าตัวประกอบกำลัง Displacement จะมีค่าน้อยกว่า 1 เมตร ดังนั้นจากสมการ 2.30 ค่าตัวประกอบกำลังสำหรับกรณีโหลดแบบไม่เรียงเส้นจะมีค่าสูงสุดได้เท่ากับ

$$PF \leq PF_{dist} \leq \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{THD_I}{100}\right)^2}} \quad (2.31)$$

จากสมการที่ 2.31 สามารถนำมาพลอตกราฟได้ดังรูปที่ 2.19 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในกรณีโหลดอิเล็กทรอนิกส์กำลัง เช่น คอมพิวเตอร์ จะมีค่าความเพี้ยนของฮาร์มอนิกอันดับแรกสูงมากประมาณ 100% ดังนั้นเมื่อว่าค่าตัวประกอบกำลัง Displacement จะเท่ากับหนึ่งก็ตาม แต่ค่าตัวประกอบกำลังที่ได้โดยทั่วไปจะมีค่าน้อยกว่า 0.707 เมตร



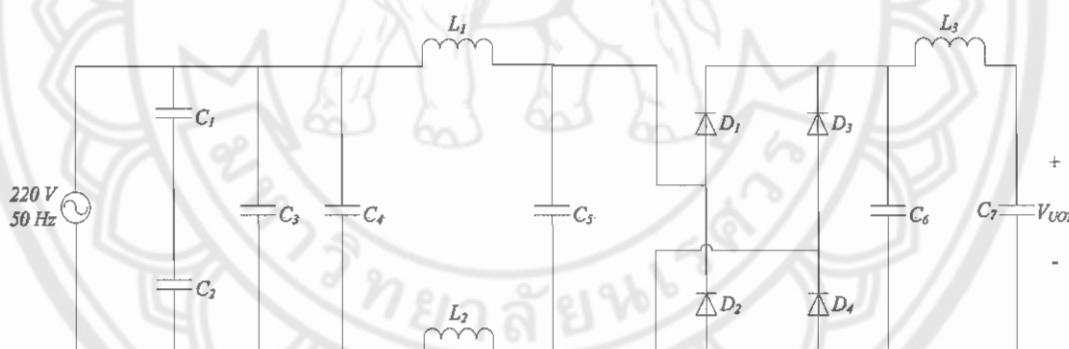
รูปที่ 2.19 แสดงค่าดั้งเดิมที่ต้องการเพื่อให้รวมของกระแสไฟฟ้ากรณี
โหลดไม่เรียงเส้น

บทที่ 3

การออกแบบสร้างวงจรบัลลภาคต้อเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้

วงจรบัลลภาคต้อเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้สำหรับหลอดคคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ สามารถแบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ได้ 3 ส่วน คือ 1. ส่วนของวงจรกรองแรงดันและวงจรเรียงกระแสซึ่งทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้าขาเข้าและแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสเดตรง 2. ส่วนของวงจร 50% Valley Fill Passive PFC ซึ่งทำหน้าที่ปรับปรุงค่าด้วยการนำกระแสกลับคืนไปยังวงจร และ 3. ส่วนของวงจร อินเวอร์เตอร์ซึ่งประกอบด้วยไอดีซีสำเร็จรูปของบริษัท International Rectifier คือ ไอดีซีเบอร์ IR2153 ทำหน้าที่สร้างสัญญาณพัลส์ให้ไปขับมอเตอร์ IRFP 460 เพื่อไปจุดหลอดคคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ โดยถ้านำสามส่วนนี้มาประกอบกันก็จะเป็นวงจรบัลลภาคต้อเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้สำหรับหลอดคคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์

3.1 การออกแบบวงจรกรองและวงจรเรียงกระแส

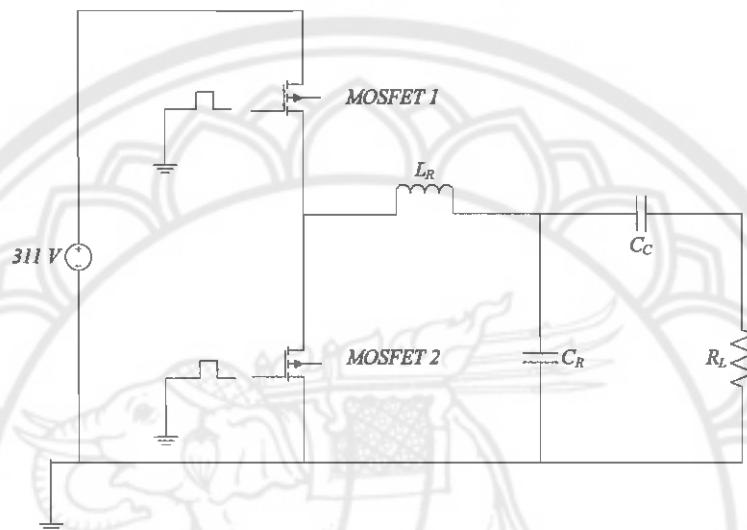


รูปที่ 3.1 แสดงวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสเดตรง

วงจรหรี่ไฟที่ออกแบบได้มีวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสเดตรง เพราะว่าต้องแปลงจากแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสเดตรงเพื่อที่จะได้สัญญาณกระแสเดตรงส่งไปยังไอดีซีเบอร์ IR2153 เนื่องจากไอดีซีเบอร์ IR 2153 จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณกระแสเดตรงมาใช้งาน เมื่อไอดีซีเบอร์ IR2153 สร้างสัญญาณพัลส์ออกมานแล้วก็ส่งเข้ามอเตอร์ได้โดยตรง ไม่ต้องผ่านวงจรใดๆ อีก

3.2 การออกแบบวงจรแปลงผันเรโซแนนซ์แบบกึ่งบีริคจ์

วงจรแปลงผันเรโซแนนซ์แบบกึ่งบีริคจ์นี้เป็นส่วนที่รับสัญญาณขาออกจากอินฟลีเตอร์ IRFP 460 โดยวงจรมอสเฟตเบอร์นี้ทันความถี่สวิตชิ้งที่ 1 MHz ทนกระแสได้ 20 A และทนแรงดันได้ 500 V จึงออกแบบวงจรเรโซแนนซ์คังรูปที่ 3.2

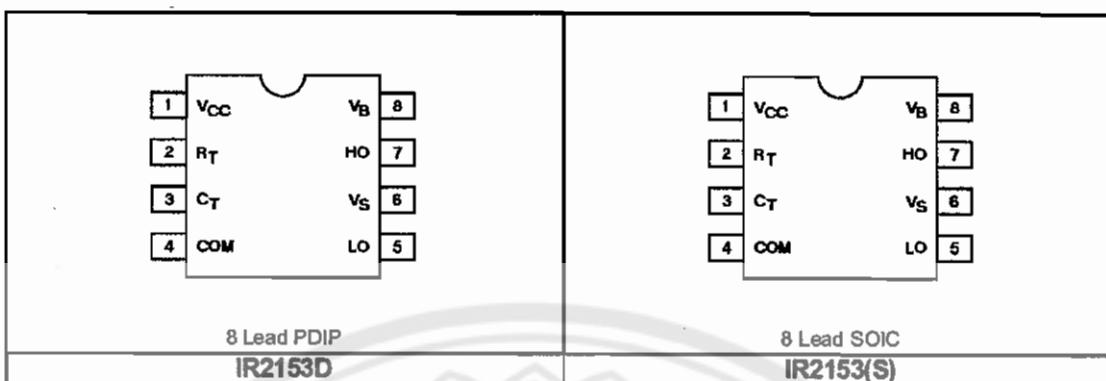


รูปที่ 3.2 แสดงวงจรแปลงผันเรโซแนนซ์แบบกึ่งบีริคจ์

หลักการทำงานของวงจรแปลงผันเรโซแนนซ์แบบกึ่งบีริคจ์ที่ออกแบบ คือ สร้างสัญญาณพัลส์ให้แก่มอสเฟตเบอร์ IRFP 460 เป็นการทริกมอสเฟตให้ทำงานแล้วส่งสัญญาณออกไปยังวงจรเรโซแนนซ์ที่ต่อด้วย $R-L-C$ ต่อแบบผสม เพื่อที่จะสามารถจุด火ด้วยตัวติด โดยการต่อด้วย $R-L-C$ ทำหน้าที่แปลงผันแรงดันกระแสตรงให้เป็นกระแสสลับเพื่อที่จะจุด火ด้วยไฟได้

3.3 ไอซีสำหรับหาร์ไฟของหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์

วงจรบลล่าส์คือเล็กทรอนิกส์สำหรับหาร์ไฟหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ ปัจจุบันมีไอซีสำหรับหาร์ไฟของหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์โดยเฉพาะ กือ ไอซีเบอร์ IR2153 ของบริษัท International Rectifier ได้ผลิต ไอซีออกแบบเพื่อใช้สำหรับหาร์ไฟงดงามของหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ได้ประมาณ 95% จากความสว่างของหลอด โดยใช้แรงดัน 0-5 โวลต์ ในการควบคุมการหาร์



รูปที่ 3.3 ไอซีเบอร์ IR2153

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของ ไอซีเบอร์ IR2153

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

3.4 หลักการทำงานของ ไอซีเบอร์ IR2153

ไอซีเบอร์ IR2153 ถูกออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับงานบล็อกส์อิเล็กทรอนิกส์โดยตรง ซึ่งอาศัยหลักการสร้างกราวด์เสมือนเพื่อขับสวิตช์ค้านสูงของวงจรแปลงผันเรโซแนนซ์แบบกึ่งบริจ์ สำหรับการทำงานของแต่ละขาของ ไอซีสามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ

ขา 1 เป็นขาอินพุต ทำหน้าที่รับไฟเลี้ยง

ขา 2 เป็นขาอินพุต ทำหน้าที่รับค่าด้านทานคงที่ สำหรับกำหนดความถี่ของวงจรอสซิเลเตอร์

ขา 3 เป็นขาอินพุต ทำหน้าที่รับตัวเก็บประจุค่าคงที่ สำหรับกำหนดความถี่ของวงจรอสซิเลเตอร์

ขา 4 เป็นขาอินพุต ทำหน้าที่ต่อ กับกราวด์

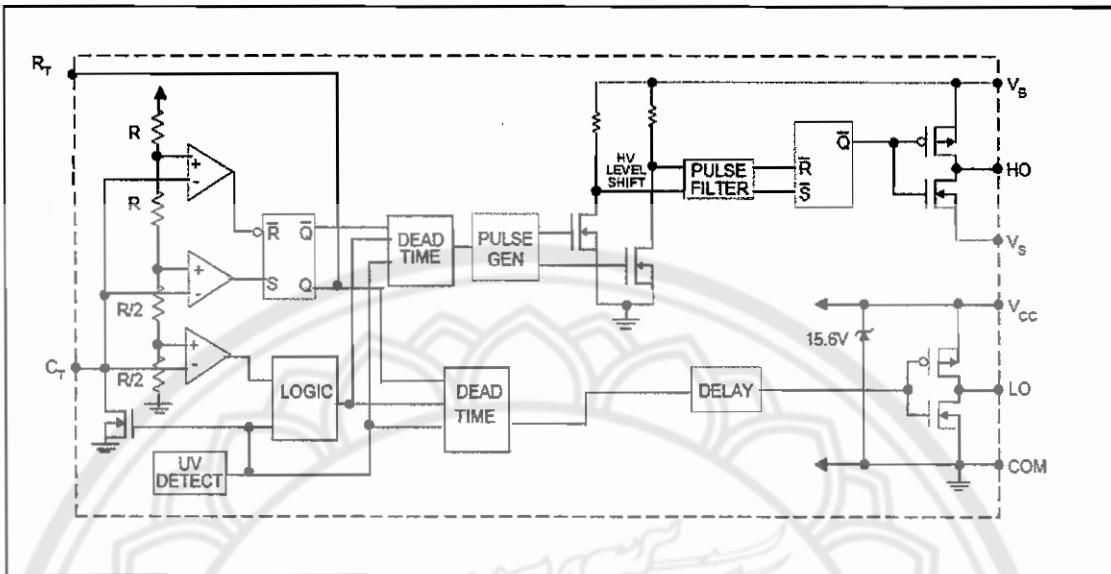
ขา 5 เป็นขาเอาต์พุต ทำหน้าที่จ่ายสัญญาณขับซึ่งสามารถขับมอเตอร์ได้โดยตรง (Low side)

ขา 6 เป็นขาเอาต์พุต ทำหน้าที่เป็นกราวด์เสมือนสำหรับขับสัญญาณ

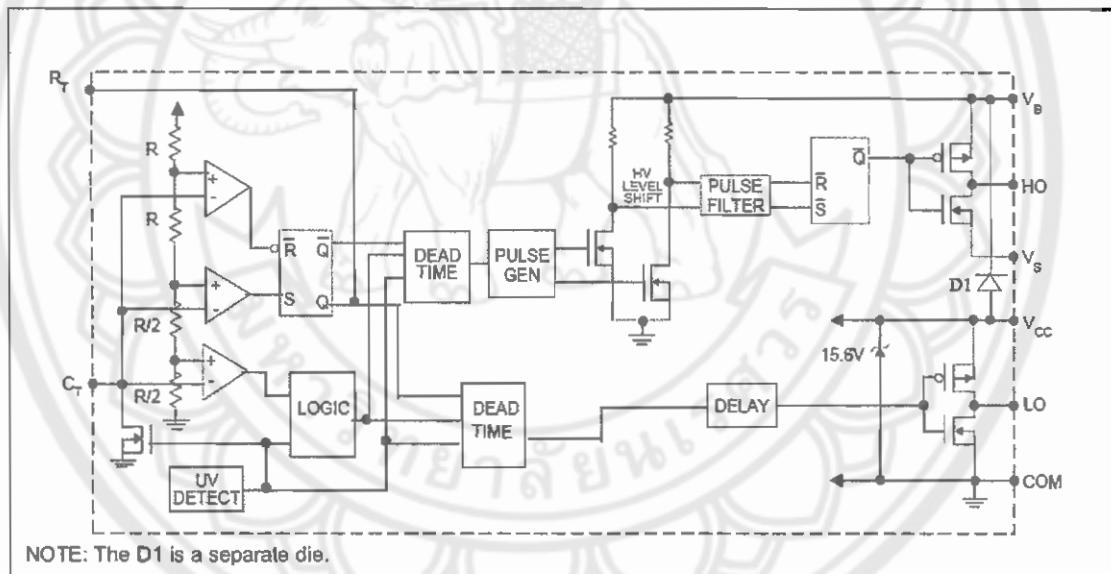
ขา 7 เป็นขาเอาต์พุต ทำหน้าที่จ่ายสัญญาณขับซึ่งสามารถขับมอเตอร์ได้โดยตรง (High side)

ขา 8 เป็นขาเอาต์พุต ทำหน้าที่รับไฟเลี้ยงสำหรับชุดสัญญาณขับค้าน High side

Functional Block Diagram for IR2153(S)



Functional Block Diagram for IR2153D

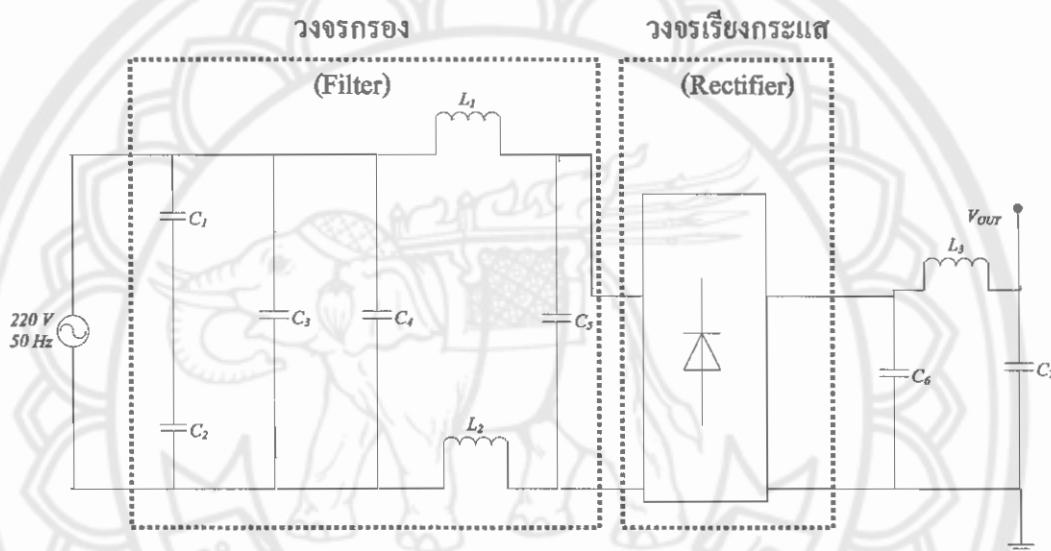


NOTE: The D1 is a separate die.

รูปที่ 3.4 แสดงแผนผังภาพล็อกไฮอะแกรมของไอซีเบอร์ IR2153

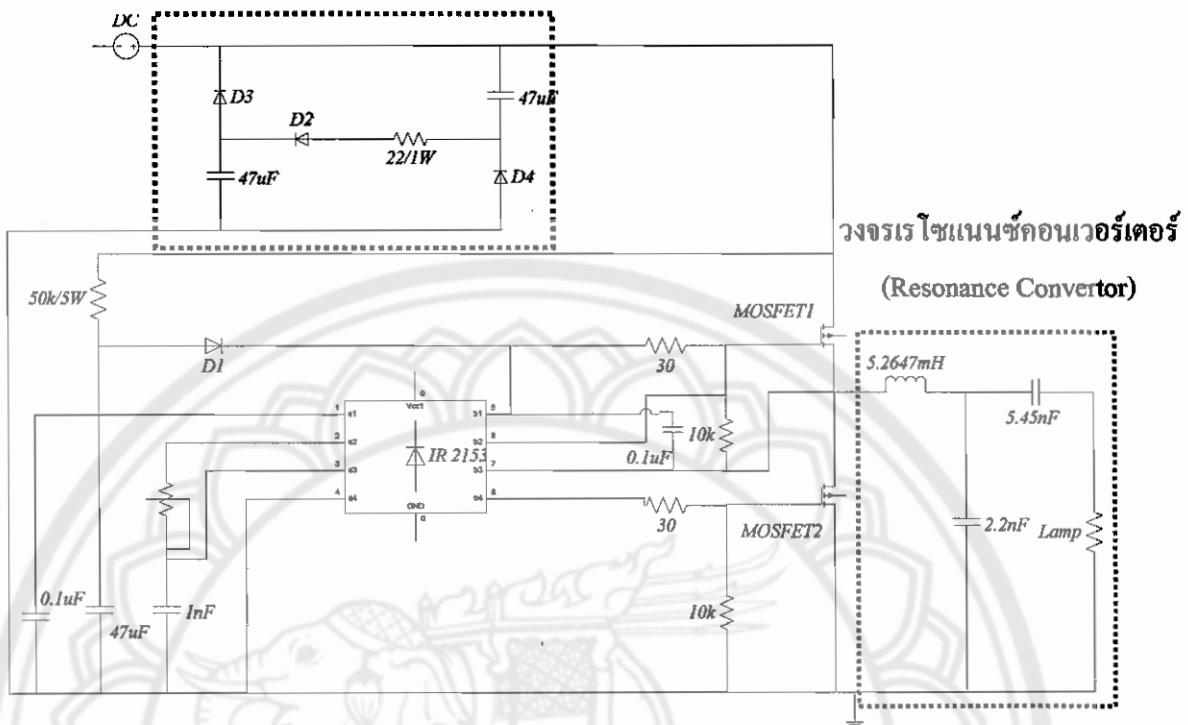
3.5 การออกแบบวงจรบลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้

การออกแบบวงจรบลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้สำหรับหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ จะประกอบด้วยวงจรต่างๆ คือ วงจรกรอง (Filter) มีหน้าที่ป้องกันสัญญาณรบกวนเพื่อที่จะได้สัญญาณที่เรียบเงี้ยน วงจรเรียงกระแส (Rectifier) มีหน้าที่แปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider) มีหน้าที่ควบคุมแรงดันให้ลดลงเพื่อป้อนให้กับตัวไอซี เบอร์ IR2153 และวงจรภาคขับหลอดให้จุดติดสว่าง คือ วงจรแปลงผันเรโซแนนซ์แบบกึ่งบริดจ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรกรองแรงดันและวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

ວັດຈາກ 50% Valley Fill Passive PFC



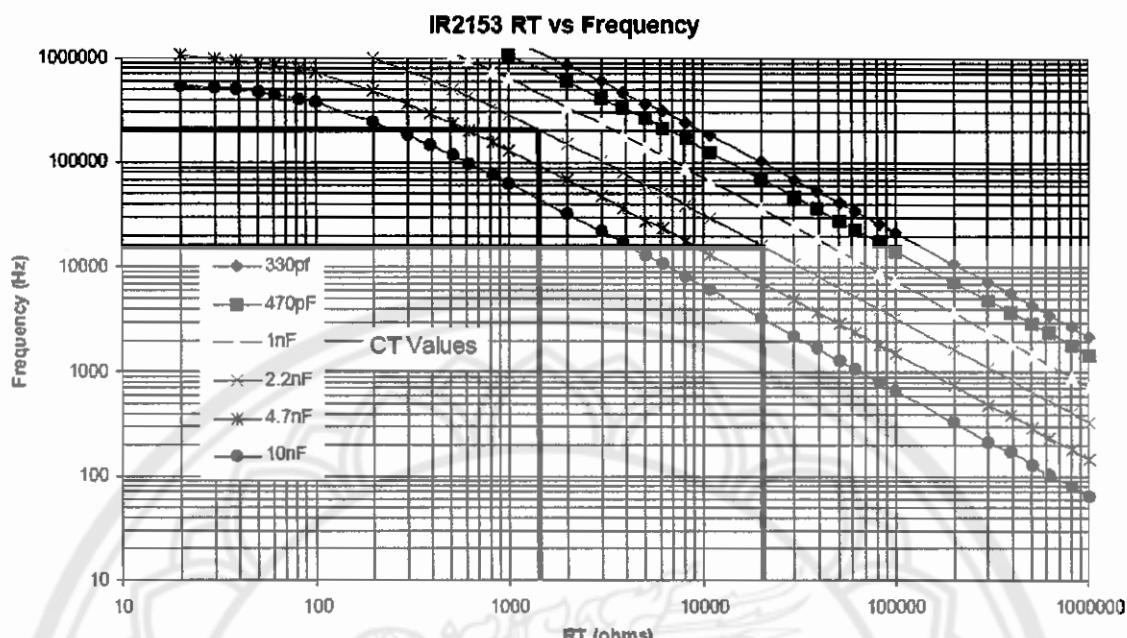
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรควบคุมไอซีเบอร์ IR2153 และวงจรแปลงผันเร ใช้แนวซีแบบกึ่งบริจ

3.6 กำหนดค่าต่างๆของอุปกรณ์

3.6.1 การหา RT และ CT เพื่อใช้กำหนดความถี่สำหรับวงจรขั้นตอนไฟ

จากกราฟ IR2153 RT vs Frequency สามารถเลือก CT และ RT เพื่อเป็นตัวควบคุมหรือปรับความถี่ของสัญญาณ ซึ่งมีผลต่อความสว่างของหลอดไฟซึ่งจะกำหนดช่วงความถี่ที่ใช้อยู่ในช่วง 16-250 kHz และเลือกตัว CT ตามกราฟ IR2153 RT vs Frequency ซึ่งตัว CT ดังกล่าวมีค่ามาตรฐานที่สามารถหาได้ทั่วไป จากนั้นก็ลากเส้นจากความถี่ที่ 16 kHz – 250 kHz ไปตัดเส้นตัว CT 2.2 nF (ดังเส้นสีแดง) ซึ่งเป็นค่าที่เลือกไว้ จากนั้nlakเส้นจากจุด CT ไปตัดค่า RT (ดังเส้นสีชมพู) ซึ่งจะได้ค่า RT 2 ค่า ซึ่งจากกราฟได้ค่าประมาณ 1k – 20 k ซึ่งค่า RT และ CT ที่ได้จากการจะใช้ปรับไอซีเมอร์ IR2153 เพื่อให้ได้ความถี่ตามต้องการ ซึ่งจะมีผลต่อสัญญาณที่ต้องจ่ายออกไปควบคุม

เมื่อ RT คือ ค่าความด้านท่านปั้นค่าได้ที่ใช้ในการปรับความถี่สวิตช์
CT คือ ค่าความด้านท่านที่ใช้ในวงจรเรซิวนเนอร์คอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 3.7 แสดงการเลือกหา R และ C ที่ใช้ในการควบคุมวงจร

3.6.2 การออกแบบวงจรเรโซแนนซ์คอนเวอร์เตอร์

การออกแบบบล็อกส์ที่อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อใช้กับหลอดคุณภาพดี ฟ्लูออเรสเซนต์ขนาด 11 วัตต์ซึ่งทำงานในสภาวะคงด้าว แรงดันดูกร่องหลอด $V_L = 104$ โวลต์ ความถี่สวิตช์ 40 kHz และกระแสไฟหลักผ่านหลอด $I_L = 0.1058$ แอมเปอร์ โดยการคำนวณกระแสจากสมการ 3.1

$$P = IV \quad (3.1)$$

$$P = 11 \text{ วัตต์}, V = 104 \text{ โวลต์}$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{11}{104} = 0.1058 \text{ แอมเปอร์}$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า

V คือ แรงดันไฟฟ้า

I คือ กระแสไฟฟ้า

ดังนั้นสามารถหาความต้านทานของหลอดได้โดย

$$\begin{aligned} R_L &= \frac{V_L}{I_L} \\ &= \frac{104}{0.1058} = 982.9868\Omega \end{aligned} \quad (3.2)$$

และกำลังไฟฟ้าของมีค่าเท่ากับ 11 วัตต์ และออกแบบตัวเก็บประจุ C มีค่าสูงมากในทางปฏิบัติ เพราะจะนี้ความสัมพันธ์ของตัวประกอบคุณภาพโหลด Q_L บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง V_B และแรงดันตกคร่อมหลอดคอมเพกต์ ฟลูออรีสเซนต์ V_L ได้โดย

$$\begin{aligned} Q_L &= \frac{\pi V_L}{\sqrt{2} V_B} \\ &= \frac{\pi \times 104}{\sqrt{2} \times 311} = 0.7429 \end{aligned} \quad (3.3)$$

อินพีเดนซ์คุณลักษณะ Z_o

$$\begin{aligned} Z_o &= \frac{R_L}{Q_L} \\ &= \frac{982.9868}{0.7429} = 1,323.1751\Omega \end{aligned} \quad (3.4)$$

ตัวเหนี่ยวนำริโซแนนซ์ L_R

$$\begin{aligned} L_R &= \frac{Z_o}{\omega_o} \\ &= \frac{1,323.1751}{2 \times \pi \times 40 \times 10^3} = 5.2647mH \end{aligned} \quad (3.5)$$

ตัวเก็บประจุริโซแนนซ์ C_R

$$C_R = \frac{1}{Z_o \omega_o} \quad (3.6)$$

$$= \frac{1}{2 \times \pi \times 40 \times 10^3 \times 1,323.1751} = 3.007nF$$

เลือกตัวเก็บประจุมาตรฐาน $C_R = 2.2 \text{ nF}$ เมื่อจากเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3.7

ตัวเก็บประจุ C_C

$$C_C = \frac{1}{\omega_0 R Q_L} \quad (3.7)$$

$$= \frac{1}{2 \times \pi \times 40 \times 10^3 \times 982.9868 \times 0.7429} = 5.451nF$$

เมื่อ Q_L คือ ตัวประกอบคุณภาพโหลด

Z_O คือ อิมพีเดนซ์คุณลักษณะ

L_R คือ ตัวเหนี่ยวนำเรโซแนนซ์

C_R คือ ตัวเก็บประจุเรโซแนนซ์

C_C คือ ตัวเก็บประจุ

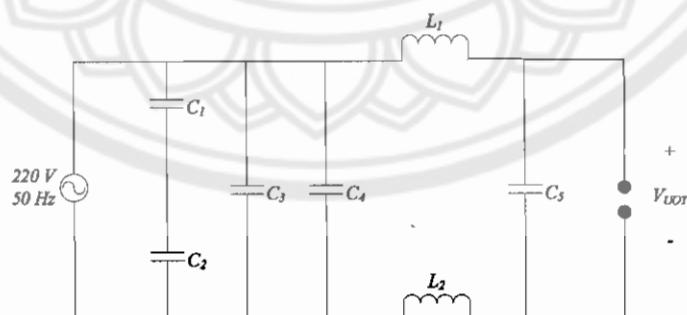
บทที่ 4

4.1 แนวคิดของบลลชาสต์อิเล็กกรอนิกส์หรี่ไฟได้

บล๊อกทรอนิกส์มีหน้าที่ไม่แตกต่างกับบล๊อกส์แบบบล็อกความแกนเหล็กธรรมชาติ แต่แทนที่จะใช้แกนเหล็กพันบล็อกธรรมชาติเปลี่ยนมาใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ บล๊อกส์ อิเล็กทรอนิกส์มีหน้าที่สร้างแรงดันสูงเพื่อยุคหลอดในสภาวะแรก และจำกัดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดในสภาวะอยู่ตัว ซึ่งบล๊อกส์อิเล็กทรอนิกส์จะใช้หลักการเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ความถี่ 50 Hz ด้านเข้าให้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง 16 – 250 kHz เพื่อขับหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ โดยใช้วงจรเรียงกระแสชนิดบิรคิจ์แปลงจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับด้านเข้าให้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและใช้ตัวเก็บประจุลดการกระแสเพื่อมองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะถูกเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ รูปคลื่นชายน์ความถี่สูง เพื่อใช้ในการขับหลอด โดยใช้หลักการของวงจรแปลงผันเร ไซแนนซ์แบบกึ่งบิรคิจ์ ซึ่งวงจรคั้งกล่าวสามารถถดถอดความสูญเสียเนื่องจากการเปิด-ปิดสวิตช์ได้โดยใช้เทคนิคการสร้างสวิตช์ที่แรงดันเป็นศูนย์

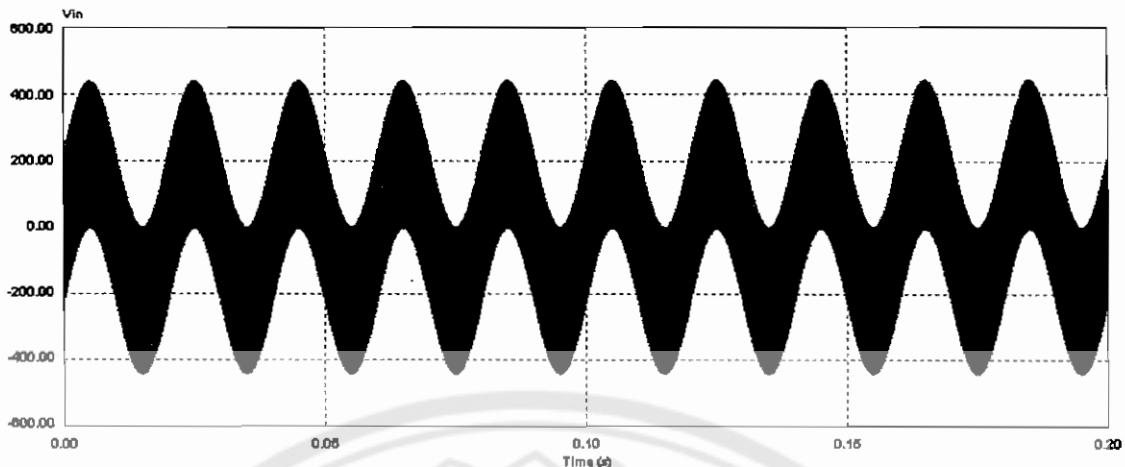
4.2 การออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบขององค์กรนั้นทำได้โดยการนำตัวเก็บประชุมและตัวหนีบนำมาต่อดังรูปที่ 4.1 เพื่อทำหน้าที่รองแรงดันที่มีความถี่สูงๆซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนที่มาพร้อมกับแรงดันขาเข้าซึ่งอาจจะเป็นสัญญาณรบกวนความถี่สูงหรือสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ ทำให้ไม่มีสัญญาณรบกวนที่แรงดันขาเข้า

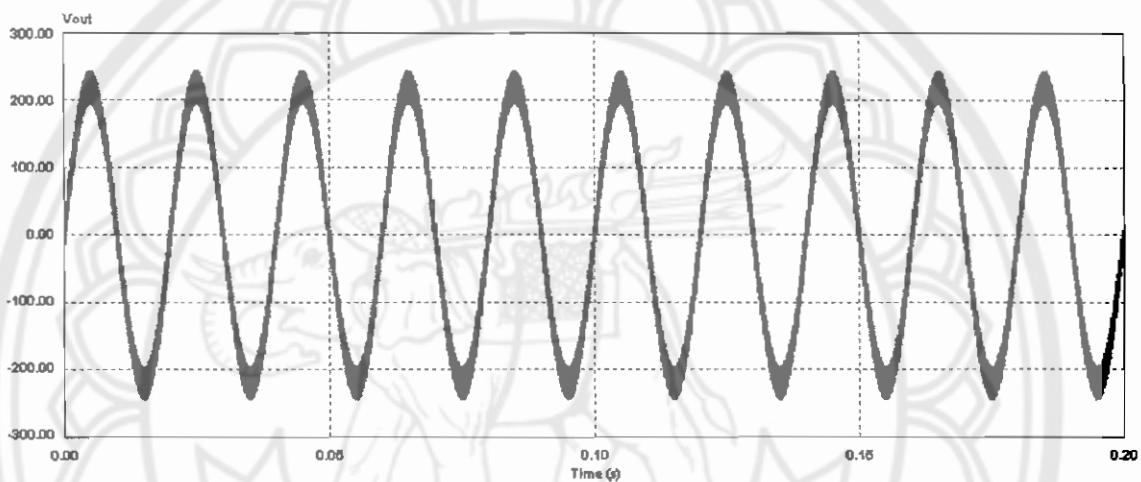


รูปที่ 4.1 แสดงรูปวงจรกรอง

เมื่อจำลองการทำงานของวงจรกรองโคลบิให้มีสัญญาณรบกวนความถี่ 61 kHz เข้ามายังวงจร ทำให้ได้กราฟดังรูปที่ 4.2 - 4.3

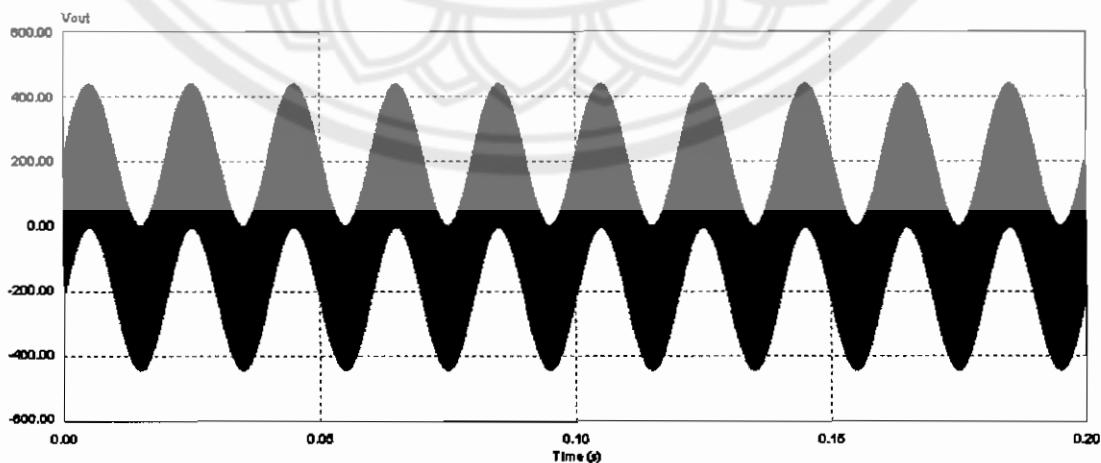


รูปที่ 4.2 แสดงแรงดันขาเข้าของวงจรของจากการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM



รูปที่ 4.3 แสดงแรงดันขาออกของวงจรของจากการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM

เมื่อจำลองการทำงานของที่ไม่มีวงจรกรองโดยให้มีสัญญาณรบกวนความถี่ 61 kHz เข้ามา กับสัญญาณขาเข้าของวงจรด้วย จากโปรแกรม PSIM ได้กราฟดังรูปที่ 4.4



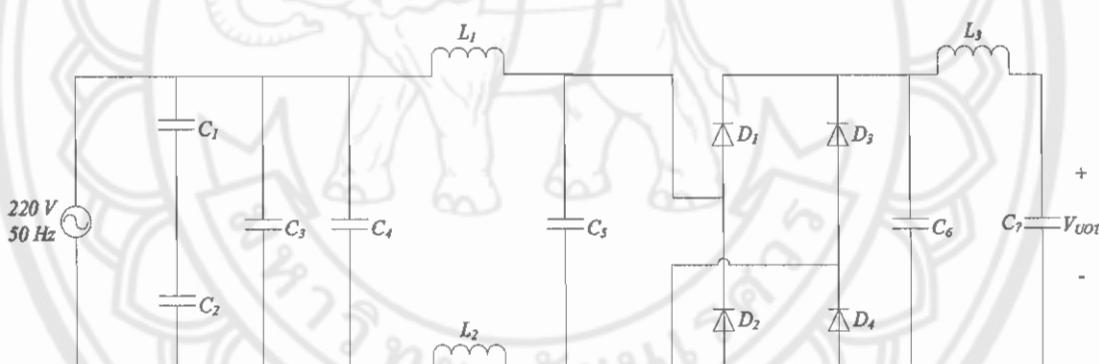
รูปที่ 4.4 แสดงแรงดันขาออกโดยไม่มีวงจรกรองจากการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM

จากรูปที่ 4.2 และ 4.3 พบว่าเมื่อป้อนแรงดันขาเข้าพร้อมกับสัญญาณรบกวนความถี่สูงเข้าไปในวงจรกรองพบว่า แรงดันขาออกของวงจรนี้มีสัญญาณรบกวนความถี่สูงน้อยลง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 พบว่าแรงดันขาออกของทั้งวงจรกรองและวงจรที่ไม่มีวงจรกรองนั้นมีลักษณะที่แตกต่างกัน คือ แรงดันขาออกของวงจรที่มีวงจรกรองนี้มีสัญญาณรบกวนน้อยกว่าแรงดันขาออกของวงจรที่ไม่มีวงจรกรอง เป็นผลมาจากการกรองซึ่งมีหน้าที่กรองสัญญาณรบกวนความถี่สูง

4.3 การออกแบบวงจรเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

การออกแบบวงจรกรองแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงนี้ ทำได้โดยใช้วงจรเรียงกระแสเพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้ไอโอดิค 4 ตัวต่อเป็นวงจรบีดิค์ร่วมกับตัวเก็บประจุซึ่งทำหน้าที่กรองแรงดันและกระแสให้เรียบยิ่งขึ้น ถ้าใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่ามีออม จะทำให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้มีค่าน้อยตามไปด้วย ซึ่งจะมีผลทำให้ช่วงการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์แคมลง ส่วนการใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่ามากพอดี จะทำให้การกรองเพื่อมของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงน้อยลง แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงวงจรเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

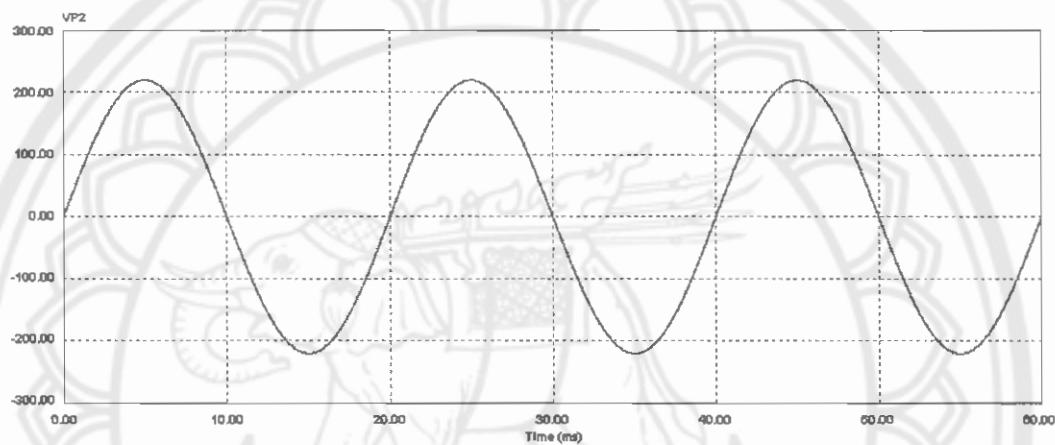
จากรูปที่ 4.5 ให้ V_i เท่ากับ 220 โวลต์ ขนาดตัวเก็บประจุเท่ากับ $47 \mu F$ การเลือกกระแสพิกัดของไอโอดิคต้องพิจารณากระแสขณะที่เริ่มปิดวงจรด้วย เนื่องจากขณะปิดไฟนั้นตัวเก็บประจุมีลักษณะติดวงจร ซึ่งจะทำให้มีกระแสไฟหล่อผ่านไอโอดิคนั้นมีค่าสูง เนื่องจากมีพื้นที่แคนช์ของธรรมชาติค่าน้อย ขนาดของกระแสตอบอนเริ่มต้นเปิดไฟจะขึ้นอยู่กับเฟสของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับตอนเริ่มเปิดไฟด้วย กรณีที่เฟสของกระแสไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ที่ต่ำแทนที่ 90 องศา ช่วงนี้จะเป็นช่วงที่มีแรงดันสูงสุด ประกอบกับเป็นช่วงที่เริ่มต้นเปิดไฟจะทำให้มีกระแสไฟหล่อผ่านไอโอดิคของวงจรเรียงกระแสมากที่สุด แต่โดยทั่วไปแล้วไอโอดิคจะสามารถทนกระแสแรกได้ประมาณ 7-10 เท่าของ

กระแสพิกัดปกติ ดังนั้นการเลือกใช้ไดโอดเรียงกระแสของวงจรบลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหรี่ไฟได้ใช้เพียง 1 A 1,000 V โดยที่

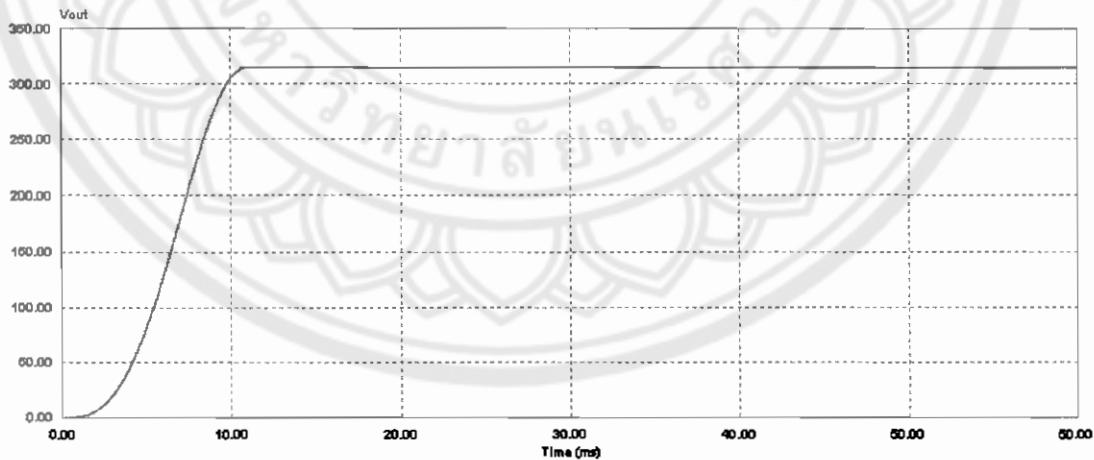
$$V_{rms} = 220 \text{ โวลต์}$$

$$V_{peak} = \sqrt{2} \times V_{rms} \quad (4.1)$$

เมื่อจำลองการทำงานของวงจรจากโปรแกรม PSIM ได้กราฟดังรูปที่ 4.6



รูป (ก) แรงดันขาเข้าของวงจรเรียงกระแสจากการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM

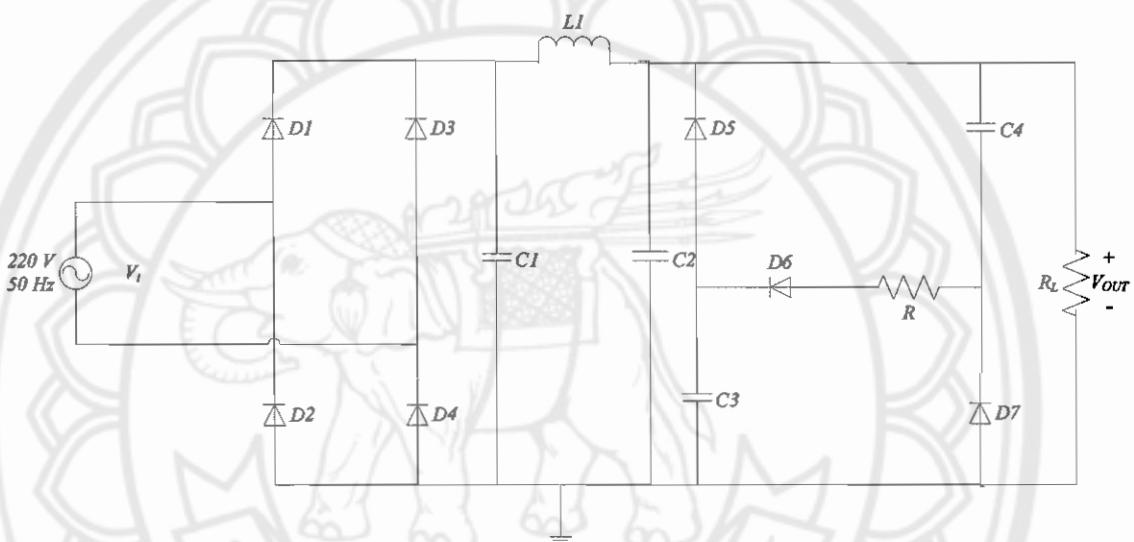


รูป (ข) แรงดันขาออกของวงจรเรียงกระแสจากการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM

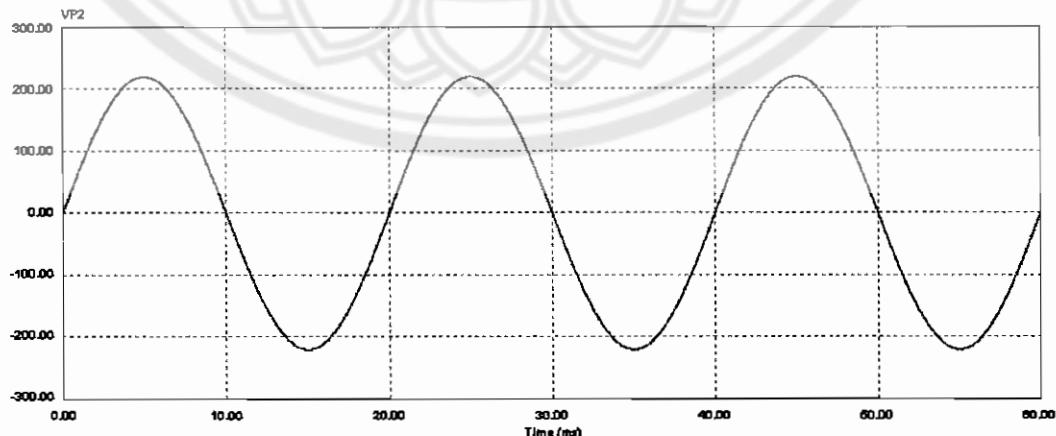
รูปที่ 4.6 แสดงผลจากการจำลองการทำงานของวงจรเรียงกระแสจากโปรแกรม PSIM

จากรูปที่ 4.6 รูป (ก) แสดงสัญญาณแรงดันขาเข้าของวงจรเรียงกระแสเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ รูป(ข) แสดงสัญญาณแรงดันขาออกของวงจรเรียงกระแสเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อวงจรมีตัวเก็บประจุต่อขนาดเพื่อกรองกระแสและแรงดัน

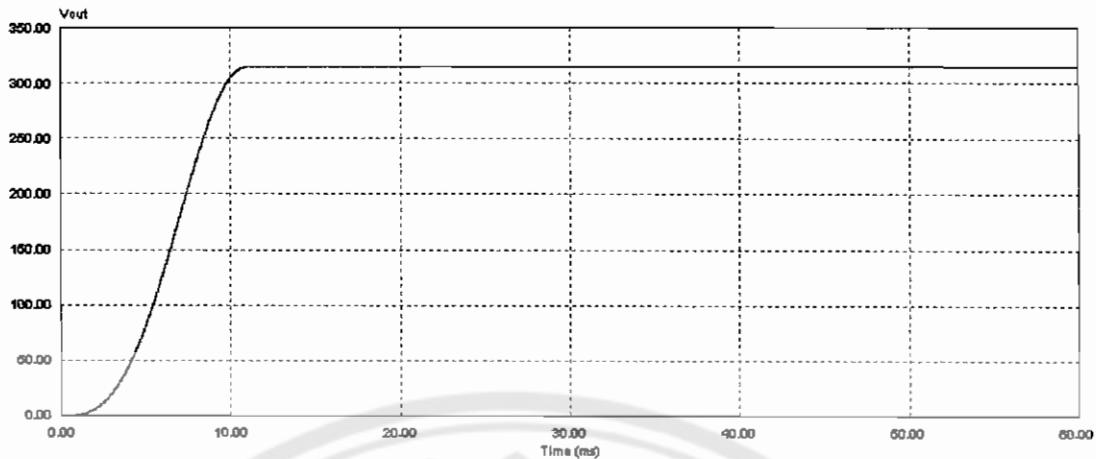
เนื่องจากค่าตัวประกอบกำลังของวงจรต่ำ จึงต้องวงจร 50% Valley Fill Passive Power Factor Correction ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้ในการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง โดยต่อวงจรหลังจากวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ผลการจำลองการทำงานของวงจรดังกล่าวจากโปรแกรม PSIM แสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 แสดงวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ต่อ กับ วงจร 50% Valley Fill Passive PFC



รูป (ก) แรงดันขาเข้าของวงจรเรียงกระแสจาก การจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM

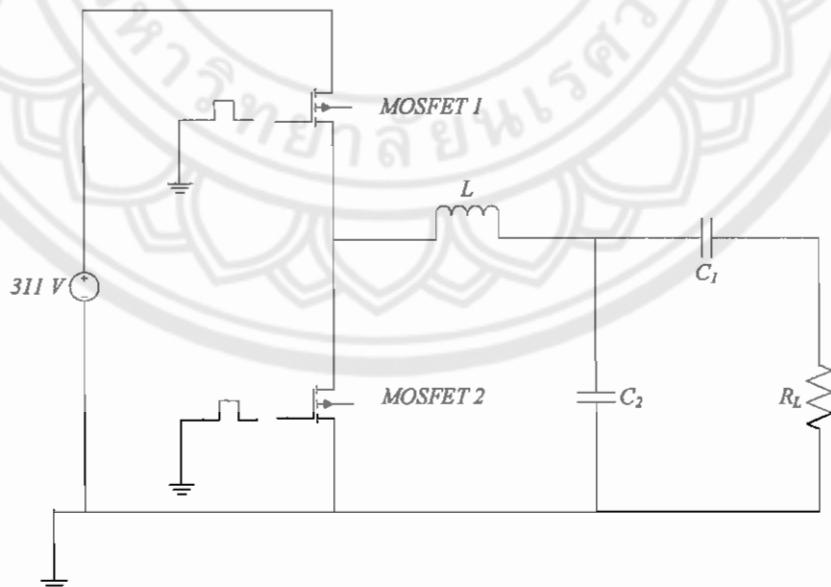


รูป (ข) แรงดันขาออกของวงจร 50% Valley Fill Passive PFC จากการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM

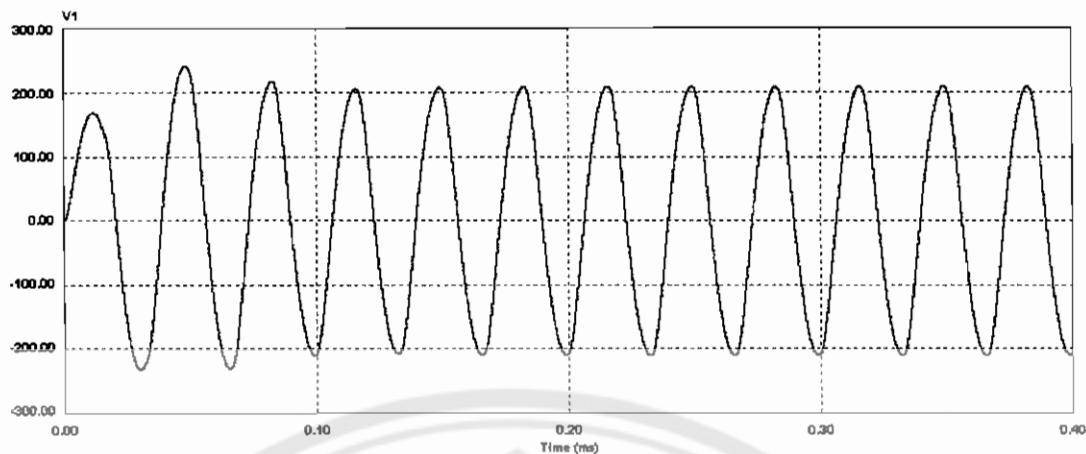
รูปที่ 4.8 แสดงผลจากการจำลองการทำงานของวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ต่อ กับวงจร 50% Valley Fill Passive PFC

4.4 การออกแบบวงจรแปลงผันเรโซแนนซ์แบบกึ่งบริคจ์

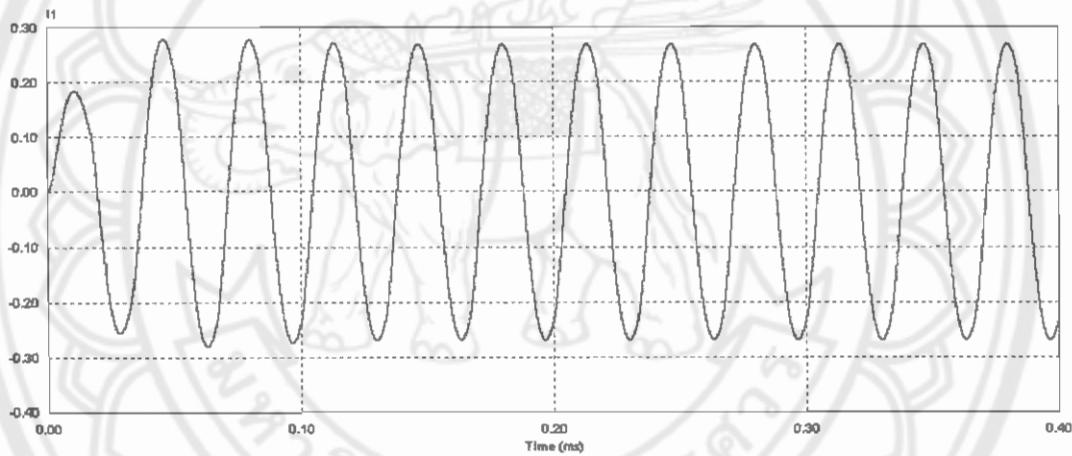
จากการออกแบบในหัวข้อที่ 3.2 และ 3.6 คำนวณค่าต่างๆ ของวงจรได้ คือ $L_R = 5.2647mH$, $C_R = 3.007nF$, $R_L = 982.9868\Omega$ และ $C_C = 2.2nF$ วัดแรงดันค้านขาออกคร่อมตัวต้านทาน และวัดกระแสขณะที่มีโหลดคืออยู่ โดยการจำลองการทำงานของวงจรโดยโปรแกรม PSIM โดยทดสอบที่ความถี่ 30 kHz, 40 kHz และ 50 kHz



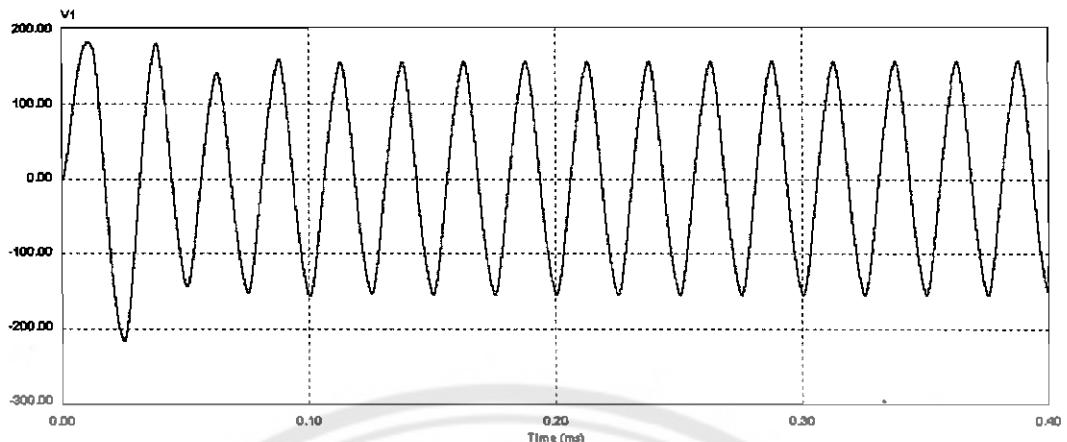
รูปที่ 4.9 แสดงวงจรแปลงผันเรโซแนนซ์



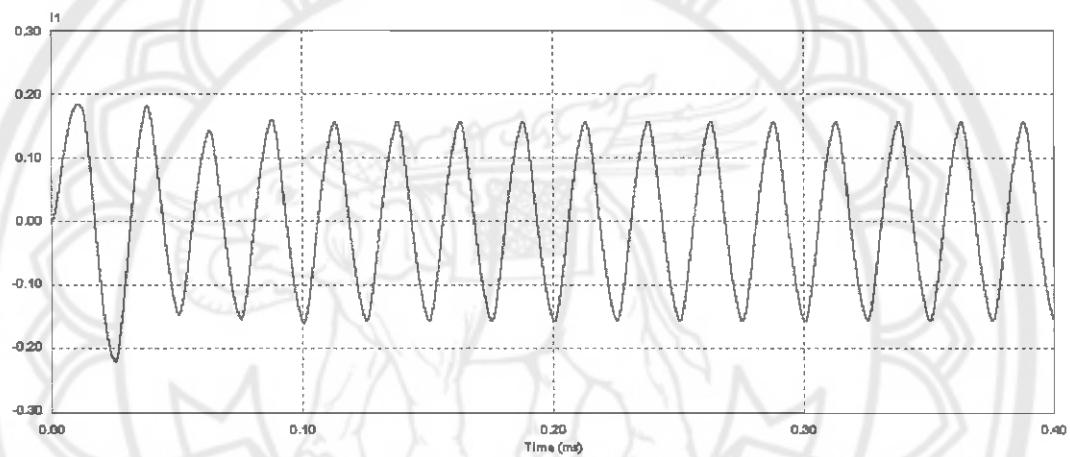
รูปที่ 4.10 แสดงแรงดันขาออกโดยการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM ของวงจรเรโซแนนซ์ที่ความถี่ 30 kHz



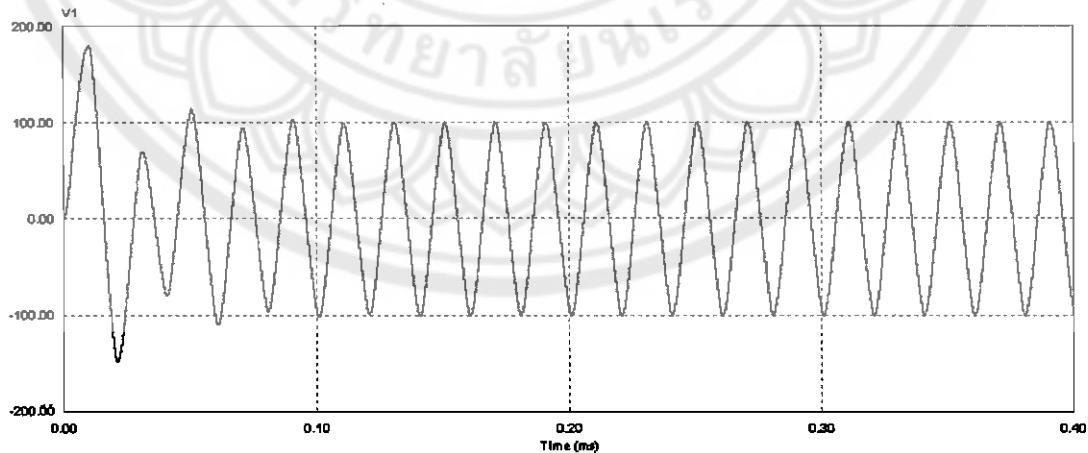
รูปที่ 4.11 แสดงกระแสขาออกโดยการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM ของวงจรเรโซแนนซ์ที่ความถี่ 30 kHz



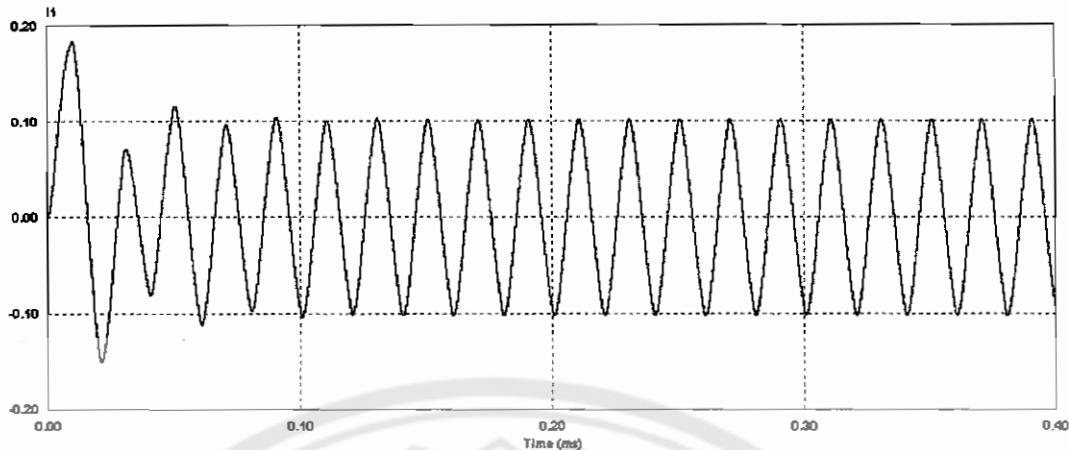
รูปที่ 4.12 แสดงแรงดันขาออกโดยการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM ของวงจรเรโซแนนซ์ที่ความถี่ 40 kHz



รูปที่ 4.13 แสดงกระแสขาออกโดยการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM ของวงจรเรโซแนนซ์ที่ความถี่ 40 kHz



รูปที่ 4.14 แสดงแรงดันขาออกโดยการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM ของวงจรเรโซแนนซ์ที่ความถี่ 50 kHz



รูปที่ 4.15 แสดงกระแสข้าออกโดยการจำลองการทำงานจากโปรแกรม PSIM ของจริงเร ไซแนนซ์ ที่ความถี่ 50 kHz

ผลจากการจำลองการทำงานได้แรงดันข้าออกและกระแสข้าออกได้ดังรูปที่ 4.10 ถึง 4.15 ตามความถี่ต่างๆ ที่ 30 kHz, 40 kHz และ 50 kHz ตามลำดับ ผลที่ได้คือ เมื่อปรับความถี่ที่ 30 kHz แรงดันข้าออกมีค่าประมาณ 200 โวลต์ กระแสมีค่าประมาณ 0.25 แอมเปอร์ เมื่อปรับความถี่ที่ 40 kHz แรงดันข้าออกมีค่าประมาณ 150 โวลต์ กระแสมีค่าประมาณ 0.15 แอมเปอร์ และเมื่อปรับความถี่ที่ 50 kHz แรงดันข้าออกมีค่าประมาณ 100 โวลต์ กระแสมีค่าประมาณ 0.1 แอมเปอร์ จะเห็นได้ว่าเมื่อปรับความถี่จะทำให้แรงดันข้าออกและกระแสข้าออกมีค่าลดลง จากรูปแสดงผ่านเร ไซแนนซ์ หลักการของวงจรคอนเวอร์เตอร์คือ แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งเรียกว่าวงจรเร ไซแนนซ์แบบผสมเพระมีตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่ออนุกรมและตัวเก็บประจุต่อขนานกับโหลดความด้านทาน การสวิตช์จะทำให้เกิดแรงดันรูปคลื่นสี่เหลี่ยม โดยที่ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุจะทำให้เกิดความถี่เร ไซแนนซ์ซึ่งจะมีค่าเท่ากับความถี่สวิตช์

$$\text{หาความถี่เร ไซแนนซ์ได้จาก } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{5.2647 \times 10^{-3} \times 3.007 \times 10^{-9}}} = 40.00 \text{ kHz}$$

เมื่อแรงดันไฟฟ้าข้าออกเป็นรูปคลื่นซายน์ที่ความถี่ f_0 ผลของ $L - C$ จะทำหน้าที่คลายด้วยความถี่ คือทำให้ความถี่หลักมูลผ่านไป และจะลดสัญญาณชาร์โนนิกลำดับต่างๆ ทำให้รูปคลื่นแรงดันคงครองความด้านทานเป็นรูปคลื่นซายน์ ที่มีความถี่เดียวกันกับความถี่ของรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

บทที่ 5

ผลการดำเนินงาน

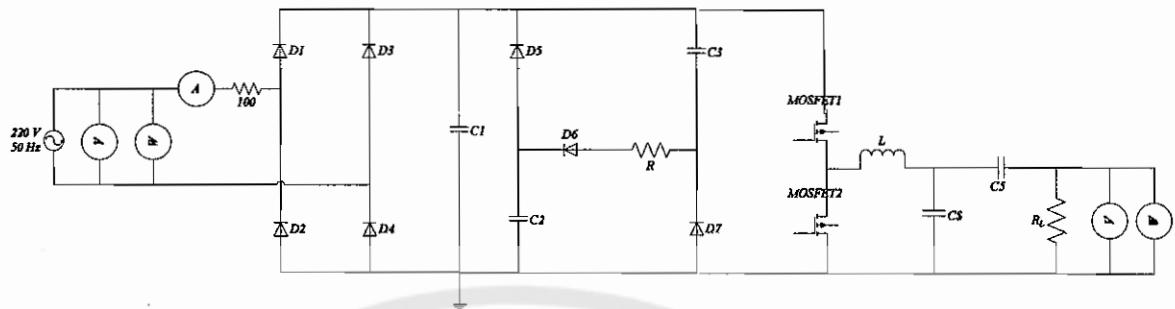
การสร้างบล็อกลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟ โดยใช้ไอซีเบอร์ IR2153 ในการควบคุมการทำงาน และควบคุมการหรี่แสงไฟของบล็อกลาสต์จะถูกควบคุมการหรี่โดยการปรับความต้านทาน R และ C เพื่อที่ขาของไอซีสามารถหรี่แสงสว่างของหลอดคอกลมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ขนาด 11 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ทำให้ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและวัดผล

1. ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)
2. ดิจิตอล ออสซิลโลสโคป (Digital Oscilloscope)
3. มัลติมิเตอร์ (Multimeter)
4. วัตต์มิเตอร์ (Wattmeter)
5. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Supply)
6. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Power Supply)
7. ลักซ์มิเตอร์ (Luxmeter)
8. โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter)



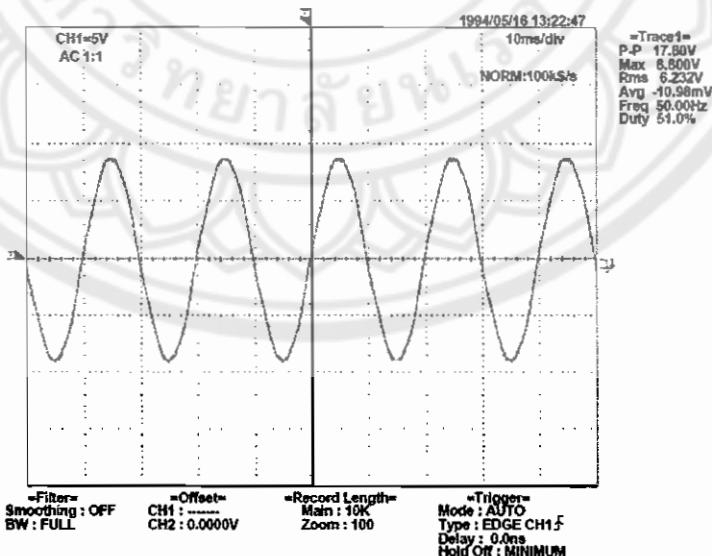
รูปที่ 5.1 แสดงรูปปัจจรที่ใช้ในการทดลอง



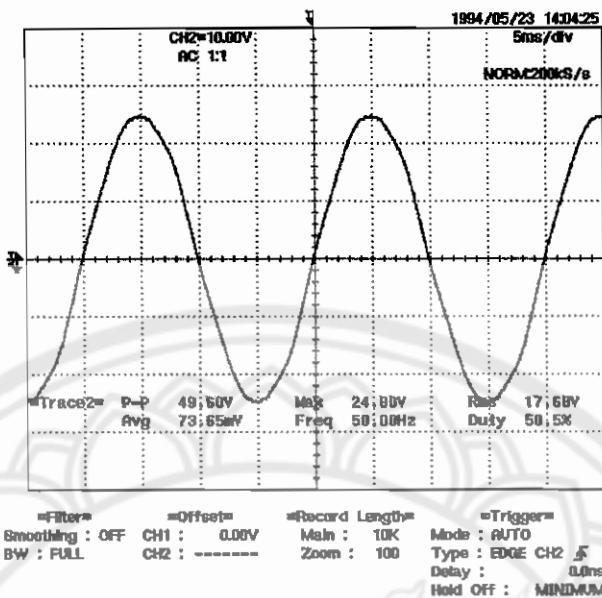
รูปที่ 5.2 แสดงการวัดปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆภายในวงจร

5.2 ผลการทดลองของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ห้าฟิลด์ไฟฟ้า

เมื่อเริ่มการทำงานของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ห้าฟิลด์สำหรับหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ขนาด 11 วัตต์ เมื่อจ่ายไฟ 220 โวลต์ความถี่ 50 เฮิรต ดังรูปที่ 5.3 แล้วแรงดันไฟผ่านวงจรกรองแรงดันเพื่อกรองสัญญาณรบกวนความถี่สูงออกจากแรงดันขาเข้าได้สัญญาณขาออกดังรูปที่ 5.4 จากนั้นสัญญาณจึงเข้าวงจรเรียงกระแสเพื่อแปลงผันแรงดันได้เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงดังรูปที่ 5.6 จากนั้นไฟกระแสตรงก็ผ่านไฟเลี้ยงตัวไอซีเบอร์ IR2153 เพื่อจะได้สร้างสัญญาณพัลล์ออกมานอกจากน้ำ ดังรูปที่ 5.7 และรูปที่ 5.8 เพื่อที่จะทริกมอสเฟตให้ทำงานลับกันจากนั้นแรงดันขาออกจากมอสเฟตก็ผ่านเข้าวงจรเรโซแนนซ์และสัญญาณที่ออกมานำเสนอที่วงจรเรโซแนนซ์เข้าที่หลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ต้องเป็นสัญญาณขยาย วงจรเรโซแนนซ์สามารถจุดคอมแพกต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ให้ดีได้

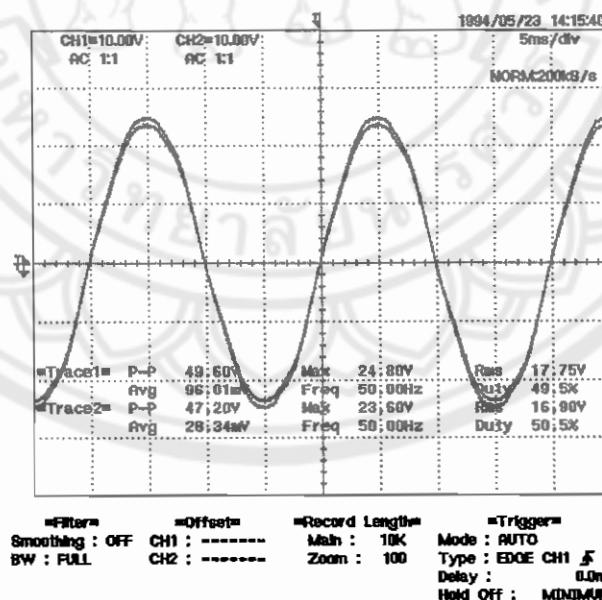


รูปที่ 5.3 แสดงแรงดันจากแหล่งจ่าย 220 โวลต์ โดยวัดผ่านหม้อแปลงพิกัด 220/6 V



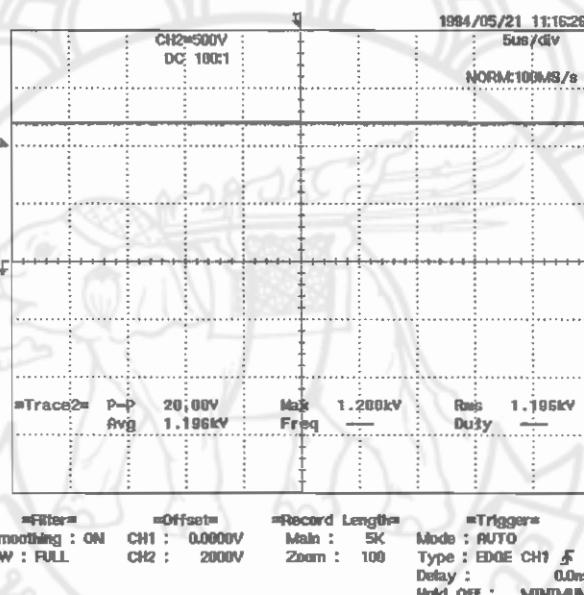
รูปที่ 5.4 แสดงแรงดันขาออกจากการกรองแรงดัน

จากรูปที่ 5.4 เมื่อจ่ายแรงดันกระแสลับให้วงจรบัลลาส์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟ ได้ทำการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ก่อนจะเข้าวงจรได้ประมาณ 220 โวลต์ เป็นกระแสลับ ที่ความถี่ 50 เฮิรต์ ได้รูปสัญญาณคล้ายๆกับสัญญาณชานំ



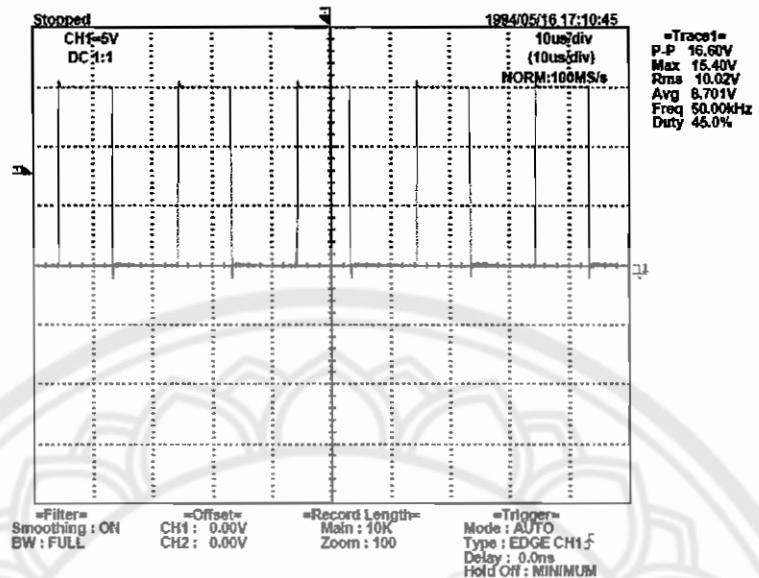
รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันขาเข้าและแรงดันขาออกจากการกรองแรงดัน

จากรูปที่ 5.5 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันขาเข้าและแรงดันขาออกของวงจรกรองแรงดัน โดยที่สัญญาณช่องที่ 1 เป็นการวัดสัญญาณขาออกของวงจรกรองแรงดัน และสัญญาณช่องที่ 2 เป็นการวัดสัญญาณขาเข้าของวงจรกรองแรงดัน โดยจะเห็นได้ว่าทั้งสัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออกของวงจรนี้มีลักษณะเป็นสัญญาณชายน์เหมือนกัน เนื่องจากวงจรกรองแรงดันนี้เป็นวงจรกรองแรงดันความถี่ต่ำ (Low Pass Filter) ซึ่งวงจรนี้จะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ต่ำผ่านไปได้เท่านั้น เพราะฉะนั้นสัญญาณที่มีความถี่สูงๆซึ่งในที่นี้คือสัญญาณรบกวนจะไม่สามารถผ่านวงจรกรองแรงดันความถี่ต่ำนี้ได้



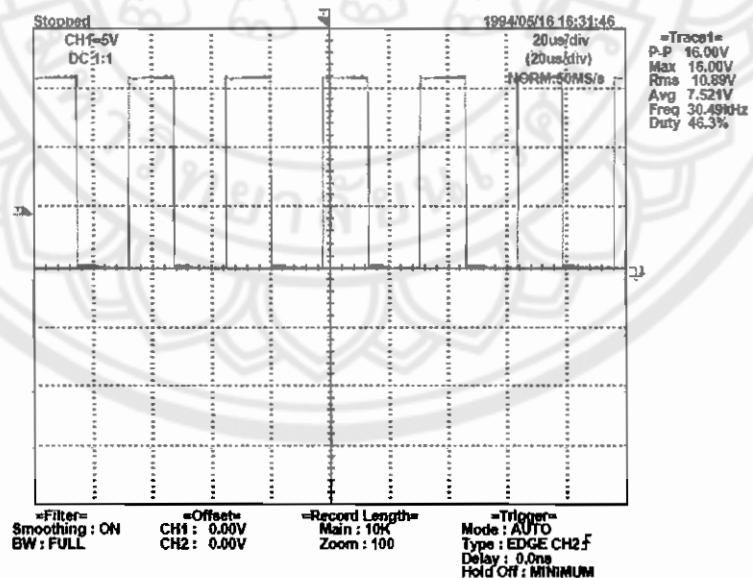
รูปที่ 5.6 แสดงสัญญาณเมื่อผ่านวงจรเรียงกระแสแบบบิดจ์

จากรูปที่ 5.6 เมื่อรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ แล้วผ่านวงจรกรองแรงดันเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่เป็นชายน์มากขึ้น และมาเข้าวงจรเรียงกระแสแบบบิดจ์เพื่อต้องการให้เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงและนำสัญญาณกระแสตรงไปขับไอดีเบอร์ IR2153 ต่อไป



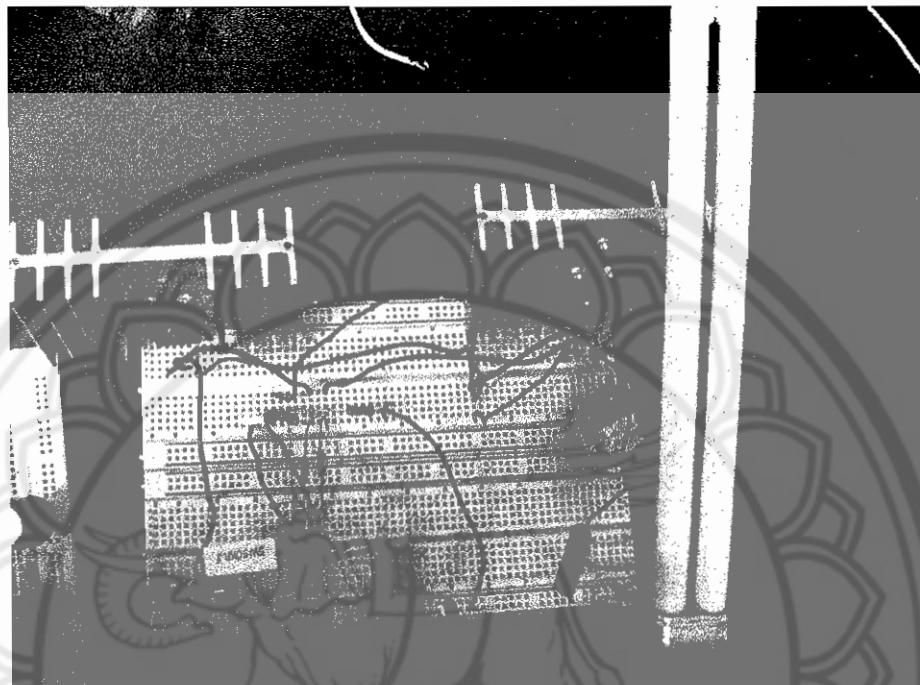
รูปที่ 5.7 แสดงตัวอย่างสัญญาณพัลล์ได้จากไอซีเบอร์ IR2153 ขา 7 ก่อนเข้ามอสเฟต G1

จากรูปที่ 5.7 เป็นสัญญาณพัลล์ที่ได้จากไอซีเบอร์ IR2153 ขา 7 เพื่อที่นำไปทริกกิมอสเฟต ตัวที่ 1 เพื่อเปรียบเสมือนว่ามอสเฟตเป็นสวิตช์ ก่อนที่จะย่างแรงดันให้กับวงจรขับหลอดคอกอมแพคต์ พลูออร์เซนเซอร์ที่ติด



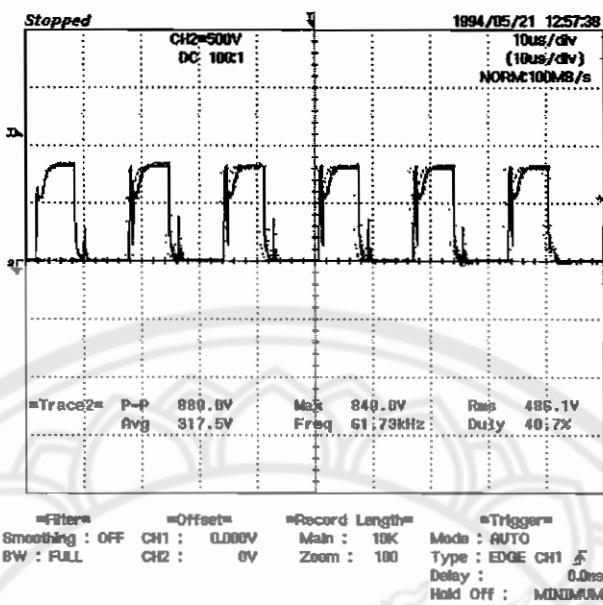
รูปที่ 5.8 แสดงตัวอย่างสัญญาณพัลล์ได้จากไอซีเบอร์ IR2153 ขา 15 ก่อนเข้ามอสเฟต G2

จากรูปที่ 5.8 เป็นสัญญาณพัลส์ได้จากไอซีเบอร์ IR2153 乍ร เพื่อที่นำไปทริกท์มอสเฟตตัวที่ 2 เพื่อว่ามอสเฟตทำหน้าที่เปรียบเสมือนสวิตช์ ก่อนที่จะจ่ายแรงดันให้กับวงจรต่อไป

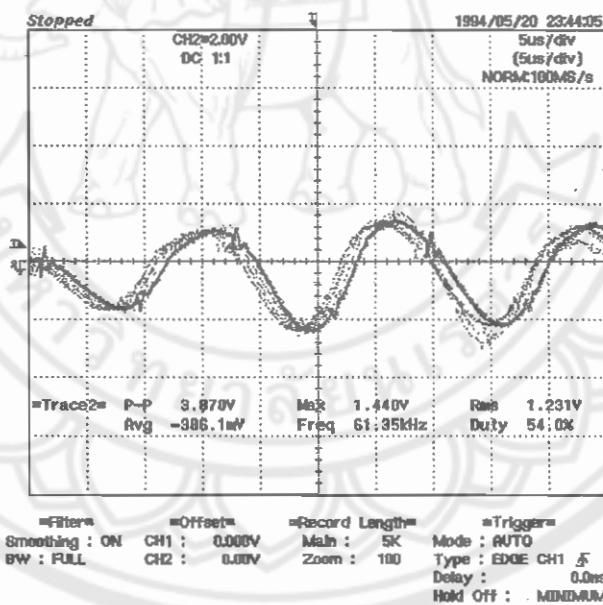


รูปที่ 5.9 แสดงวงจรบล็อกาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟ

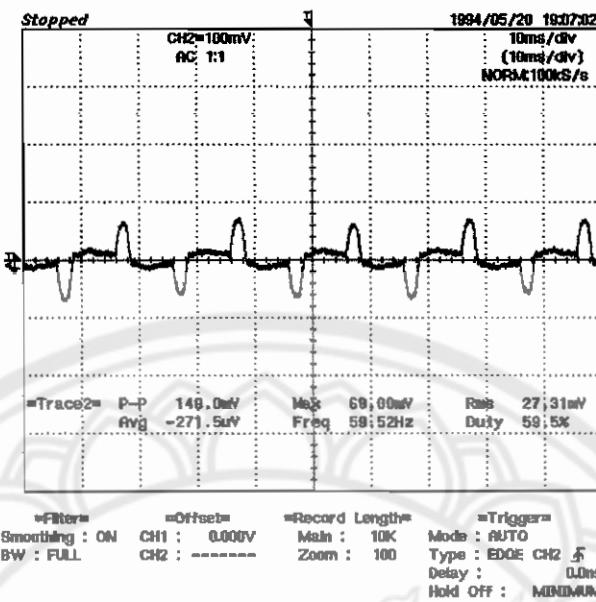
วงจรบล็อกาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟที่ออกแบบไว้และสร้างเป็นวงจรวงจรบล็อกาสต์ อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟได้ดังรูปที่ 5.9 ในวงจรบล็อกาสต์อิเล็กทรอนิกส์นี้จะประกอบด้วย วงจรกรอง วงจรเรียงกระแสแบบบิรค์ และวงจรเรโซแนนซ์แบบกึ่งบิรค์ ทั้งหมดรวมกันทำจุดหลักให้ติดได้แล้วก็สามารถหรี่ไฟได้



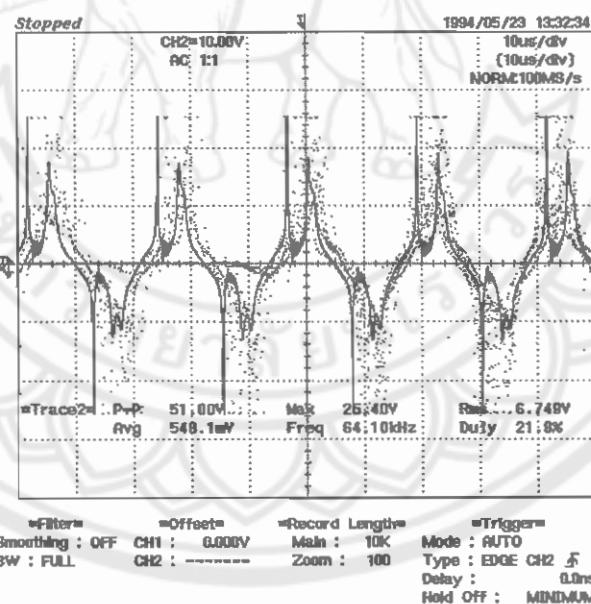
รูปที่ ก สัญญาณพัลล์ที่ออกจากไอซีเบอร์ IR2153 ที่ความถี่ 61 kHz



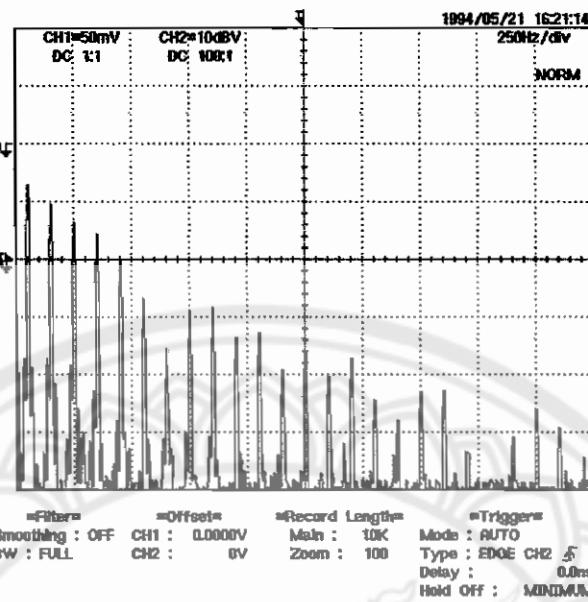
รูปที่ ข สัญญาณขาออกของวงจรโดยวัสดุร้อนโหลดวัสดุผ่านหม้อแปลงพิกัด 220/6 V ที่ 61 kHz
รูปที่ 5.10 เมื่อปรับความถี่สวิตช์ที่ 61 kHz



รูปที่ ก กระแสก่อนเข้าวงจรบลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟที่ความถี่ 61 kHz
โดยวัสดุผ่านหน้าจอเปล่งพิษคือ 220/6 V



รูปที่ ง กระแสที่โหลดผ่านหลอดไฟที่ความถี่ 61 kHz
รูปที่ 5.10 (ต่อ) เมื่อปรับความถี่สวิตชิ่งที่ 61 kHz



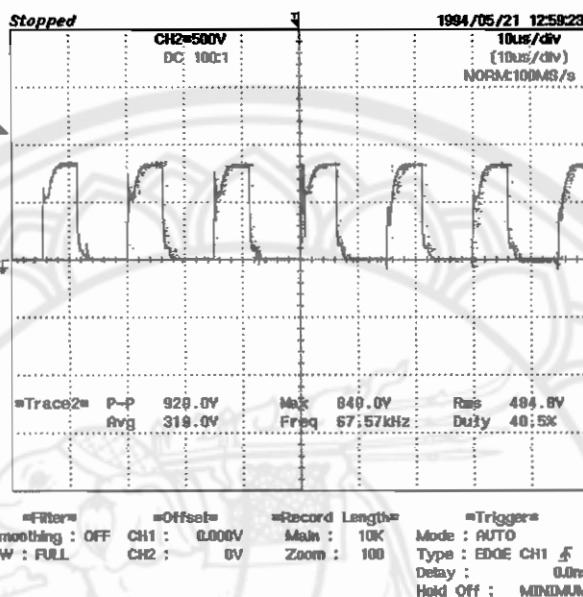
รูปที่ ๕ สัญญาณ FFT ของวงจรบลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟที่ความถี่ 61 kHz



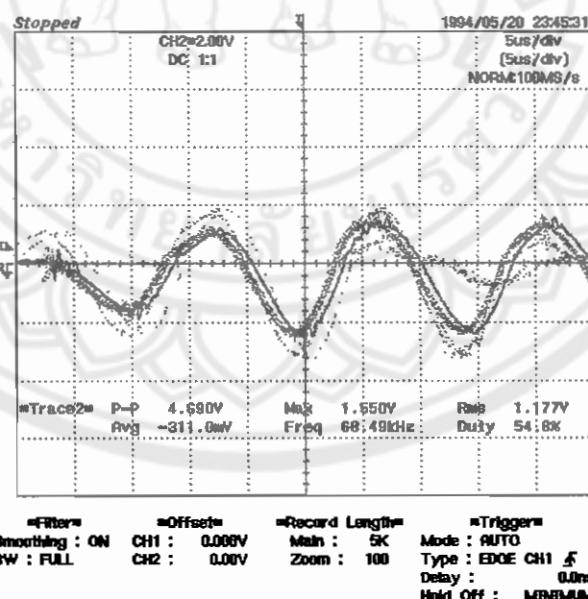
รูปที่ ๖ วัดความสว่างของหลอดไฟจากลักษณะเมื่อ
รูปที่ ๕.๑๐ (ต่อ) เมื่อปรับความถี่สวิตช์ที่ 61 kHz

เมื่อทำการปรับความถี่สวิตช์เท่ากับ 61 kHz ได้สัญญาณพัลส์ แรงดันขาออกของวงจรบลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟ กระแสขาเข้าทางซ้าย และความสว่างของหลอดไฟโดยวัดจากลักษณะเมื่อ ดัง

รูปที่ 5.10 จะเห็นได้ว่าที่ความถี่ 61 kHz หลอดมีความสว่างเท่ากับ 873 สักชั้ แรงดันขาออกประมาณ 60 โวลต์ แต่เมื่อสังผายสัญญาณของกระแสจะเห็นว่าไม่เป็นรูปปัจ yan พึงส่งผลให้ค่าตัวประกอบกำลังมีค่าประมาณ 0.89

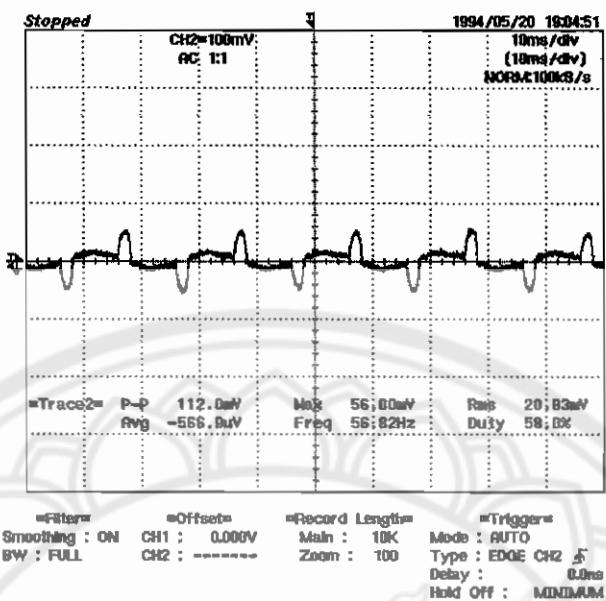


รูปที่ ก สัญญาณพัลล์ที่ออกจากไอซีเมอร์ IR2153 ที่ความถี่ 68 kHz

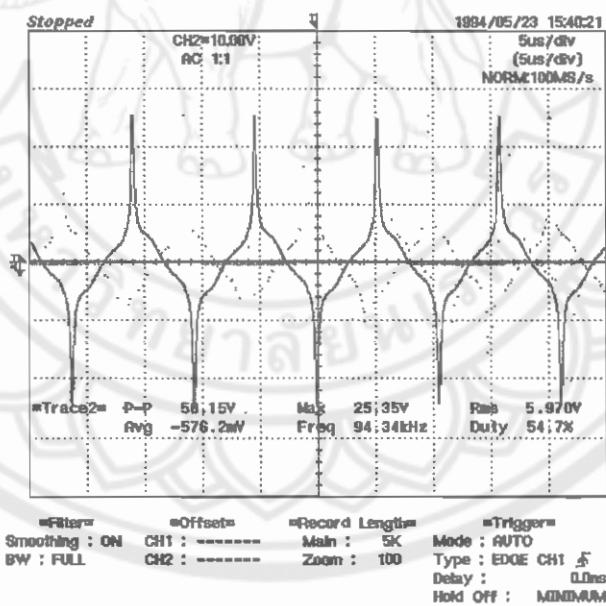


รูปที่ ข สัญญาณขาออกของวงจร โดยวัดคร่อม โหลดวัดผ่านหม้อแปลงพิกัด 220/6 V ที่ 68 kHz

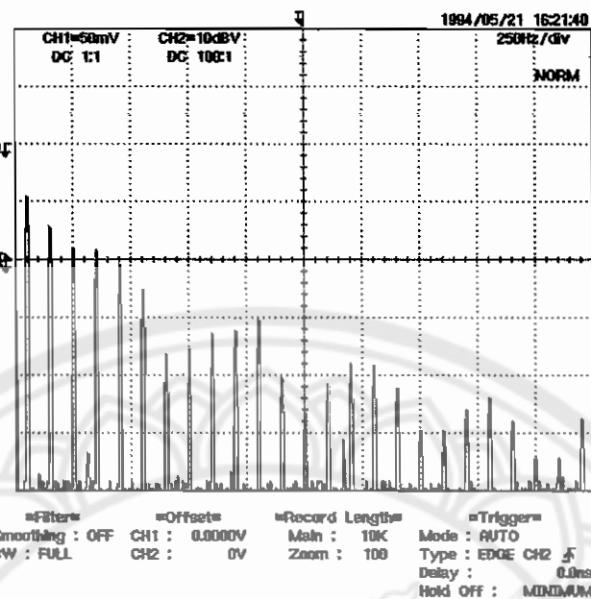
รูปที่ 5.11 เมื่อปรับความถี่สวิชชิ่งที่ความถี่ 68 kHz



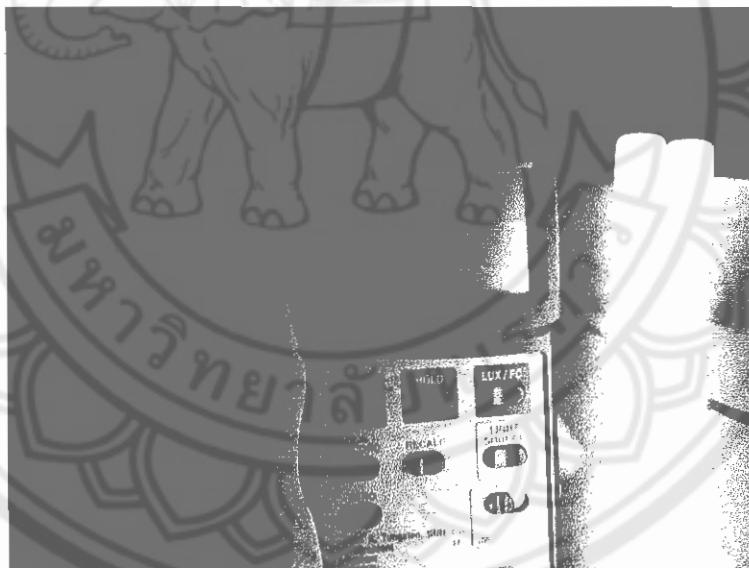
รูปที่ ๕ กระแสก่อนเข้าวงจรบลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟที่ความถี่ 68 kHz
โดยวัดผ่านหนึ่งแบลนพิกัล 220/6 V



รูปที่ ๖ กระแสที่ไนลผ่านหลอดไฟที่ความถี่ 68 kHz
รูปที่ 5.11 (ต่อ) เมื่อปรับความถี่สวิตชิ่งที่ความถี่ 68 kHz



รูปที่ ๗ สัญญาณ FFT ของวงจรบลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟที่ความถี่ 68 kHz

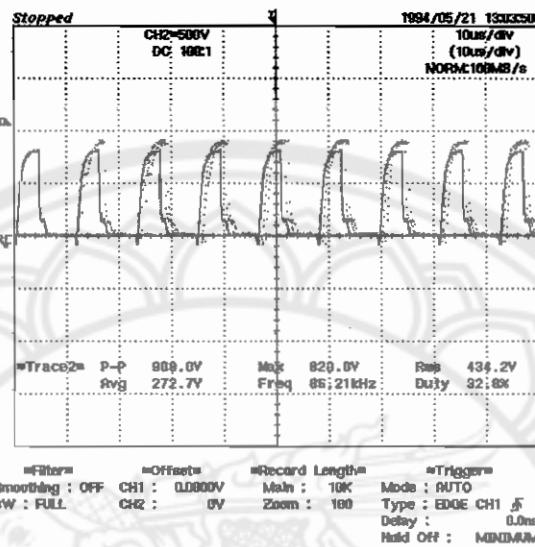


รูปที่ ๘ วัดความสว่างของหลอดไฟจากลักษณะดิจิทัล

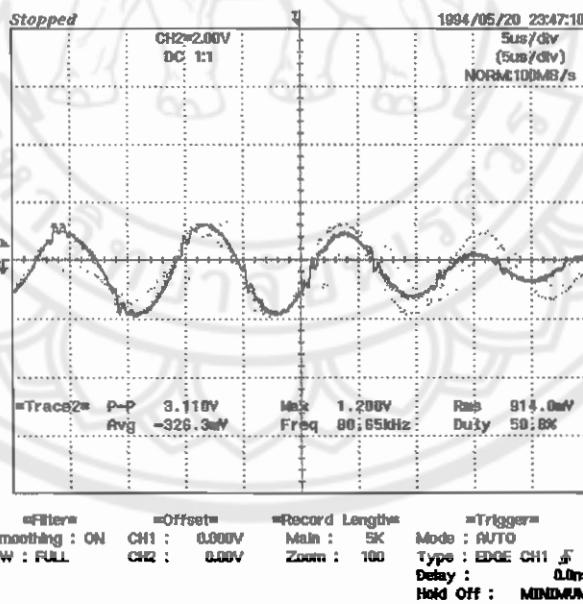
รูปที่ 5.11 (ต่อ) เมื่อปรับความถี่สวิตชิ่งที่ 68 kHz

จากรูปที่ 5.11 เป็นการวัดแรงดันขาออกของวงจร สัญญาณพัลส์ กระแสขาเข้าของ และการวัดความสว่างของหลอดโดยวัดจากลักษณะดิจิทัล ได้ความสว่าง 665 ลักซ์ แรงดันที่ขาออกประมาณ 57

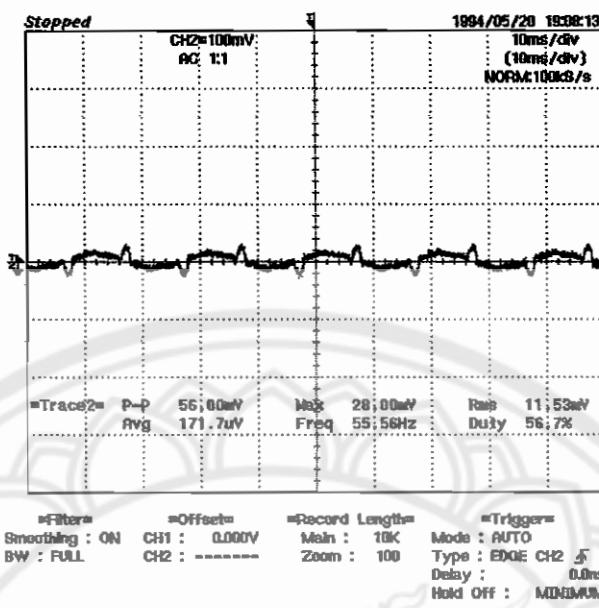
ໄວລຕໍ່ທີ່ຄວາມດື່ 68 kHz ແລະ ສັງເກດຂອງກຣະແກ່ອນເຫັນຈະບໍ່ໄປໆເປັນຮູບພາຍນີ້ເໜືອນກັນທີ່ຄວາມດື່ 61 kHz ດ້ວຍປະໂພນກຳລັງຂອງວົງຈານມີຄ່າປະມາດ 0.89



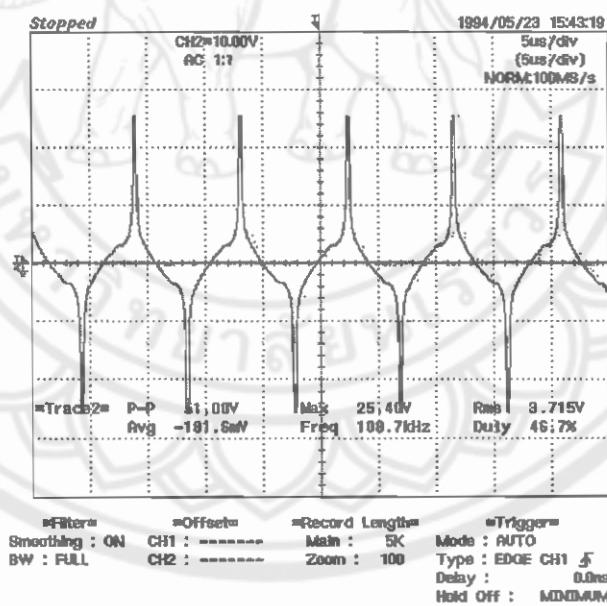
ຮູບທີ່ ກ ສັງເກດພັດລື່ທີ່ອອກຈາກໄອເຊີເບອ່ຣ IR2153 ທີ່ຄວາມດື່ 89 kHz



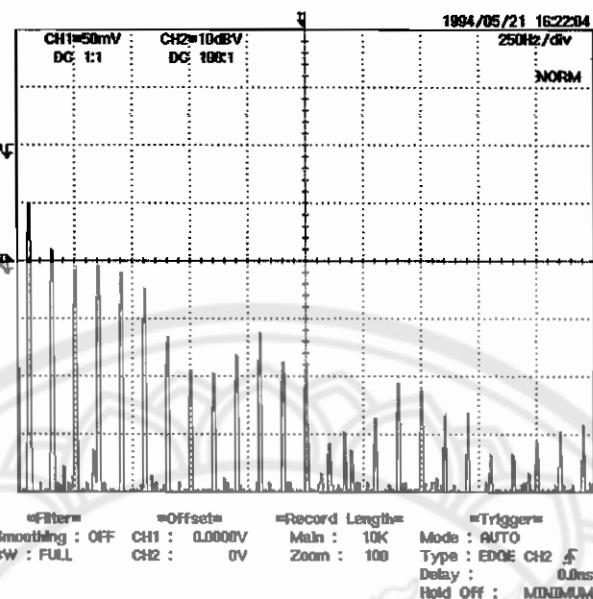
ຮູບທີ່ ຊ ສັງເກດຂາອອກຂອງວົງຈານ ໂຄຍວັດກ່ອນໄໂຫລວັດຜ່ານໜ້າແປ່ງພິກັດ 220/6 V ທີ່ 89 kHz
ຮູບທີ່ 5.12 ເມື່ອປັບຄວາມດື່ສົວົງຈຶ່ງທີ່ 89 kHz



รูปที่ ก กระแสก้อนเข้าวงจรบลัลลาส์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟที่ความถี่ 89 kHz
โดยวัดผ่านหนึ่งแบล็คพิกัด 220/6 V



รูปที่ ง กระแสที่ให้ผ่านหลอดไฟที่ความถี่ 89 kHz
รูปที่ 5.12 (ต่อ) เมื่อปรับความถี่สวิตช์ที่ 89 kHz



รูปที่ ๑ สัญญาณ FFT ของวงจรบลัลลาส์ที่อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟที่ความถี่ 89 kHz



รูปที่ ๒ วัดความสว่างของหลอดไฟจากลักษณะมิเตอร์

รูปที่ 5.12 (ต่อ) เมื่อปรับความถี่สวัสดิริ่งที่ 89 kHz

เมื่อทำการปรับความถี่ที่ทำให้หลอดมีความสว่างน้อยที่สุดจนเกือบจะดับทำให้ได้สัญญาณพัลส์แรงดันขาออกจากวงจร กระ世家เข้าวงจร และวัดความสว่างของหลอดจากลักษณะมิเตอร์ ดังรูปที่ 5.9 ได้ความสว่าง 98 ลักซ์ แต่ความถี่ประมาณที่ 89 kHz และแรงดันนีค่าประมาณ 44 ที่ได้ความถี่ 89

kHz ก็เพรราะว่าได้ปรับความถี่จากหลอดที่ดับเพื่อให้มีความสว่าง แต่มีค่าນ้อยที่สุด ซึ่งต่างจากการปรับความถี่จากหลอดที่สว่างมากที่สุดนาน้อยที่สุด ส่วนสัญญาณของกระแสขังคงถ้ายกันช่วงที่ปรับความถี่ 61 kHz และ 68 kHz คือไม่มีขยาย ทำให้ได้ค่าตัวประกอบกำลังประมาณ 0.89

5.3 ผลการวัดปริมาณทางไฟฟ้าตามจุดต่างๆ ของวงจร

ตารางที่ 5.1 ผลการวัดค่าต่างๆ ของวงจรบลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟ

	หลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์	หลอดสว่างที่ 100%	หลอดสว่างที่ 70%	หลอดสว่างที่ 10%
ความสว่าง(Lux)	900	873	665	98
แรงดันขาเข้า(V)	230	230	230	230
กระแสขาเข้า(A)	N/A	0.0615	0.0542	0.0549
แรงดันไฟฟ้าที่ หลอด(V)	N/A	160	160	160
กระแสไฟฟ้าที่ หลอด(A)	N/A	0.0675	0.0598	0.0371
แรงดันไฟฟ้า กระแสตรงขาเข้า (V)	N/A	310	310	310
กำลังไฟฟ้าขาเข้า (W)	N/A	12.589	11.094	7.41
กำลังไฟฟ้าขา ออก(W)	11	9.61	8.515	5.28
กำลังไฟฟ้าใน บลลาสต์(W)	N/A	2.979	2.579	1.86
ความต้านทาน ($k\Omega$)	N/A	4.37	4.03	2.56
ความถี่(kHz)	61	61	68	89
Power Factor	N/A	0.89	0.89	0.89

จากผลการทดลองว่าการทำให้ทราบว่าความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรนี้คือ 61 kHz เพราะว่าเมื่อทำการปรับความถี่ที่ 61 kHz ทำให้ความสว่างของหลอดมีค่ามากที่สุดที่ 873 ลัคซ์ เมื่อทำการเพิ่มความถี่ให้กับวงจรที่ความถี่ 68 kHz ทำให้ความสว่างของหลอดมีค่าลดลงที่ 665 ลัคซ์ ซึ่งต่างจากความสว่างมากที่สุดประมาณ 208 ลัคซ์ เมื่อปรับความถี่ให้มากจนอีกทำให้หลอดดับทันที แต่เมื่อปรับความถี่จากๆ ที่ทำให้หลอดดับแล้วลดความถี่ลงหลอดก็สว่างมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อช่วงที่หลอดเริ่มติดทำการวัดความสว่างได้ประมาณ 98 ลัคซ์ ที่ความถี่ 89 kHz เพราะว่าทำการปรับจากสภาวะต่างกันจึงไม่ตรงตามทฤษฎีของวงจรเรโซแนนซ์



บทที่ 6

สรุปผลการดำเนินงาน

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาและทดลองบล็อกลาดต่ำอิเล็กทรอนิกส์หรือไฟโดยใช้ไอซีเบอร์ IR2153 สามารถใช้ได้กับหลอดคอมเพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ขนาด 11 วัตต์ได้ โดยการลดและเพิ่มความถี่ให้กับวงจรถ้าต้องการหรือแสดงสว่างของหลอดคอมเพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ที่สามารถทำได้โดยการปรับความถี่สวิตช์ให้สูงขึ้นกว่าความถี่เรโซโนนซ์ซึ่งจะทำให้ความสว่างของหลอดคอมเพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ลดลง แต่เมื่อปรับความถี่สวิตช์ให้ใกล้เคียงกับความถี่เรโซโนนซ์จะทำให้หลอดสว่างมากที่สุด โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรต์ให้กับวงจร การหรือไฟสามารถลดการใช้พลังงานได้เนื่องจากเมื่อมีการหรือไฟกำลังไฟฟ้าออกจะมีค่าลดลง และเมื่อการใช้หลอดคอมเพกต์ ฟลูออเรสเซนต์แทนหลอดไส้ จึงถือว่าเป็นการประหยัดพลังงานอีกด้วยนั่นเอง

6.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

ตารางที่ 6.1 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข
1. การเลือกค่าของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต้องเหมาะสมกับวงจรเรโซโนนซ์เนื่องจากหลอดไฟแต่ละชนิดมีค่าความด้านทานต่างกัน ดังนั้นค่าของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุจึงมีผลต่อการติดของหลอดไฟ	1. สำหรับการเลือกค่าค่าของด้านเหนี่ยวนำควรเลือกค่าของตัวเหนี่ยวน้ำที่มีค่าสูงๆเพื่อป้องกันการลัดวงและช่วยในการจุดติดหลอด สำหรับค่าของตัวเก็บประจุ ควรเลือกให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ให้มากที่สุด
2. ค่าด้านประจุคงกำลังของวงจรต่ำกว่ามาตรฐานของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	2. ต่อวงจร 50% Valley Fill Passive PFC ซึ่งสามารถเพิ่มค่าด้านประจุคงกำลังให้เพิ่มเป็น 0.89
3. การวัดกราฟสัญญาณของวงจร ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากกราฟที่ได้มีขนาดใหญ่กว่าหน้าจอสีเตอร์ของอสซิลโลสโคป	3. ใช้หม้อแปลงพิกัด 220/6 V ต่อคร่อมโหลดที่ต้องการวัด เพื่อลดขนาดของสัญญาณที่ต้องการวัด
4. ช่วงความด้านทานที่ใช้ในการปรับความถี่สูงเกินไป	4. นำตัวด้านทานมาต่อขนานกับตัวด้านทานปรับค่าได้เพื่อลดค่าความด้านทานของตัว-

ตารางที่ 6.1 (ต่อ) ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข
	ด้านท่านปรับค่าไฟลง ทำให้ช่วงความ ด้านท่านที่ใช้ในการปรับความถี่กว้างขึ้น
5. การวัดกราฟสัญญาณจากอสซิลโลสโคป ทำได้ยาก เนื่องจากกราฟสัญญาณมีขนาดใหญ่ เกินกว่าที่จะวัดได้	5. การวัดกราฟต้องวัดผ่านหน้าจอแปลงลด แรงดัน ทำให้สัญญาณที่ต้องการวัดมีขนาดเล็ก ลง สามารถตัวจ่ายได้
6. บางครั้ง เมื่อวงจรไม่มีปัญหาอะไร แต่ไฟไม่ ติด หลังจากตรวจสอบวงจรแล้วอุปกรณ์ทุกตัว ไม่ได้เสียหายหรือชำรุด	6. ตรวจสอบว่าหลอดคอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์อยู่ในสภาพที่ดี เหมาะสมแก่การทำงาน หรือไม่ เพราะบางครั้งหลอดก็ชำรุด เช่น หลอดขาด หรือข้อหักตอนค่า เป็นต้น
7. มีสัญญาณรบกวน ทำให้หลอดไฟกระพริบ ส่องผลให้ข้อมูลการใช้งานของหลอดไฟลดลง	7. ต่อตัวเก็บประจุนานกับหลอดไฟ เพื่อทำ หน้าที่เป็นตัวกรองสัญญาณ

6.3 ข้อเสนอแนะ

บลลคสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากมีราคาสูงกว่าบลลคสต์แบบ
แกนเหล็กและแบบบดคลาด นอกจากนี้บลลคสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่ไฟยังสามารถประยุกต์ใช้ได้กับ
หลอดไฟชนิดอื่นๆ เช่น หลอดไอลูเมน หลอดโซเดียมความดันสูง หลอดโซเดียมความดันต่ำ
หลอดสั่งเคราะห์แสงตัน ไม่เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] รศ.ดร. วีระเชษฐ์ ขันเงิน, วุฒิพลด ชาราชีรเศรษฐ์. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ว.เจ. พรีนติ้ง. 2549
- [2] ชัยนรินทร์ อัคราโรม. เทมิคอนหักเหลวอิเล็กทรอนิกส์ฉบับที่ 297. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2550
- [3] ชายศักดิ์ อภินินพัฒน์. เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง. กรุงเทพ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542
- [4] ณัฐชัย ชาติสุวรรณ, พันธ์ศักดิ์ มากรกุล และพิลावรรณ อ่อนรั่ว. “ปัจจัยที่อิเล็กทรอนิกส์แบบ hariไฟได้” ปริญญาในพิธีกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหิดล 2550.
- [5] วัฒนา ถาวร. การส่องสว่าง (Illumination). กรุงเทพ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2549
- [6] William D. Kimmel and Daryl D. Gerke. **Electromagnetic compatibility in medical equipment : a guide for designers and installers.** Buffalo Grove : Interpharm Press, Inc., and IEEE Press , 2538



International **IR** Rectifier

Preliminary Data Sheet No. PD60062 revN

(NOTE: For new designs, we recommend
IR's new product IRS2153(D))

IR2153(D)(S)&(PbF)

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 R_T
- Internal 50nsec (typ.) bootstrap diode (IR2153D)
- Excellent latch immunity on all inputs and outputs
- ESD protection on all leads
- Also available LEAD-FREE

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 payed to maximizing the latch immunity of the device, and providing comprehensive ESD protection on all pins.

Product Summary

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

Packages

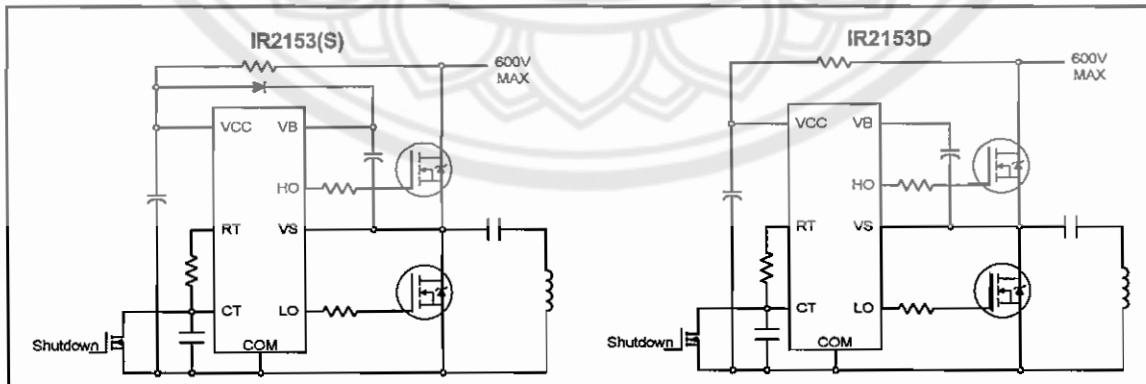


8 Lead PDIP



8 Lead SOIC

Typical Connections



IR2153(D)(S) & (PbF)

**NOTE: For new designs, we recommend
IR's new product IRS2153(D)**

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 @ $T_A \leq +25^\circ\text{C}$ (8 Lead DIP)	—	1.0	W
	(8 Lead SOIC)	—	0.625	
R_{thJA}	Thermal resistance, junction to ambient (8 Lead DIP)	—	125	$^\circ\text{C}/\text{W}$
	(8 Lead SOIC)	—	200	
T_J	Junction temperature	-55	150	$^\circ\text{C}$
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	$^\circ\text{C}$

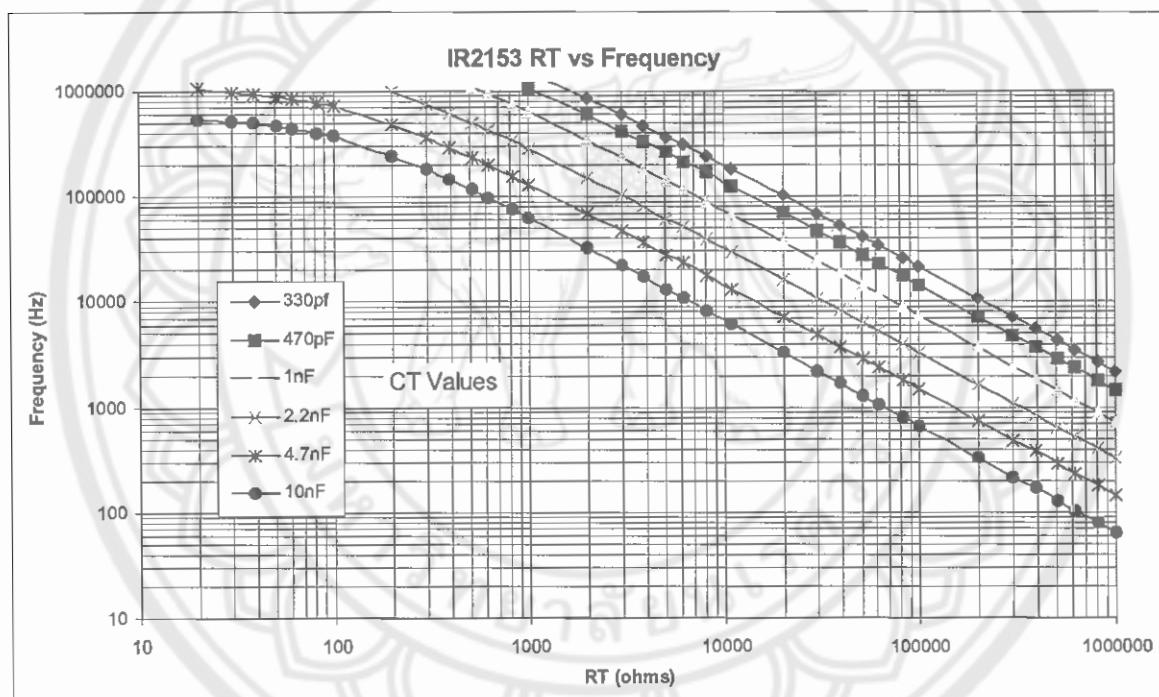
Note 1: This IC contains a zener clamp structure between the chip V_{CC} and COM which has a nominal breakdown voltage of 15.6V. Please note that this supply pin should not be driven by a DC, low impedance power source greater than the V_{CLAMP} specified in the Electrical Characteristics section.

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 IRS2153(D)**

International
IR Rectifier

Electrical Characteristics

V_{BIAS} (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	$V_{CC} \leq V_{CCUV-}$
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	$V_{CC} \leq V_{CCUV-}$
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	$IF = 250mA$

Oscillator I/O Characteristics

Symbol	Definition	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
f_{osc}	Oscillator frequency	19.4	20	20.6	kHz	$R_T = 36.9k\Omega$
		94	100	106		$R_T = 7.43k\Omega$
d	R_T pin duty cycle	48	50	52	%	$f_0 < 100kHz$
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	$I_{RT} = 100\mu A$
		—	100	300		$I_{RT} = 1mA$
V_{RT-}	Low-level R_T output voltage	—	10	50		$I_{RT} = 100\mu A$
		—	100	300		$I_{RT} = 1mA$
V_{RTUV}	UV-mode R_T output voltage	—	0	100		$V_{CC} \leq V_{CCUV-}$
V_{RTSD}	SD-Mode R_T output voltage, $V_{CC} - V_{RT}$	—	10	50		$I_{RT} = 100\mu A, V_{CT} = 0V$
		—	10	300		$I_{RT} = 1mA, V_{CT} = 0V$

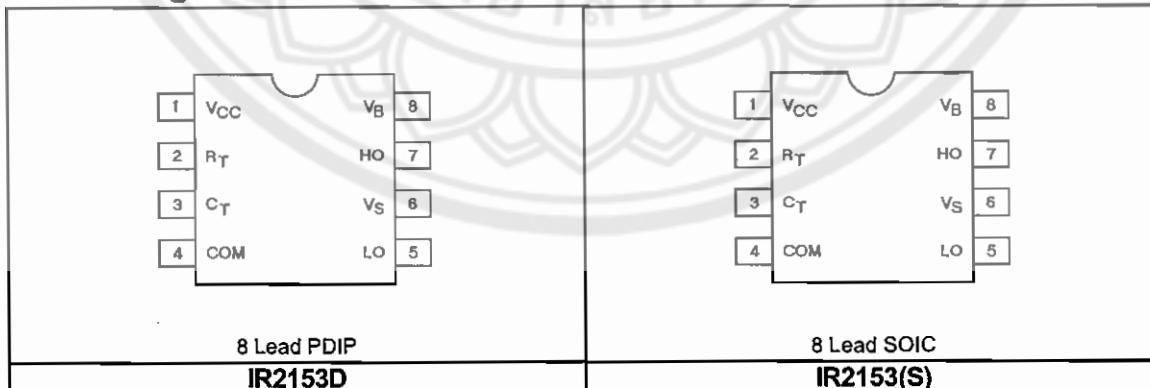
Electrical Characteristics (cont.)

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



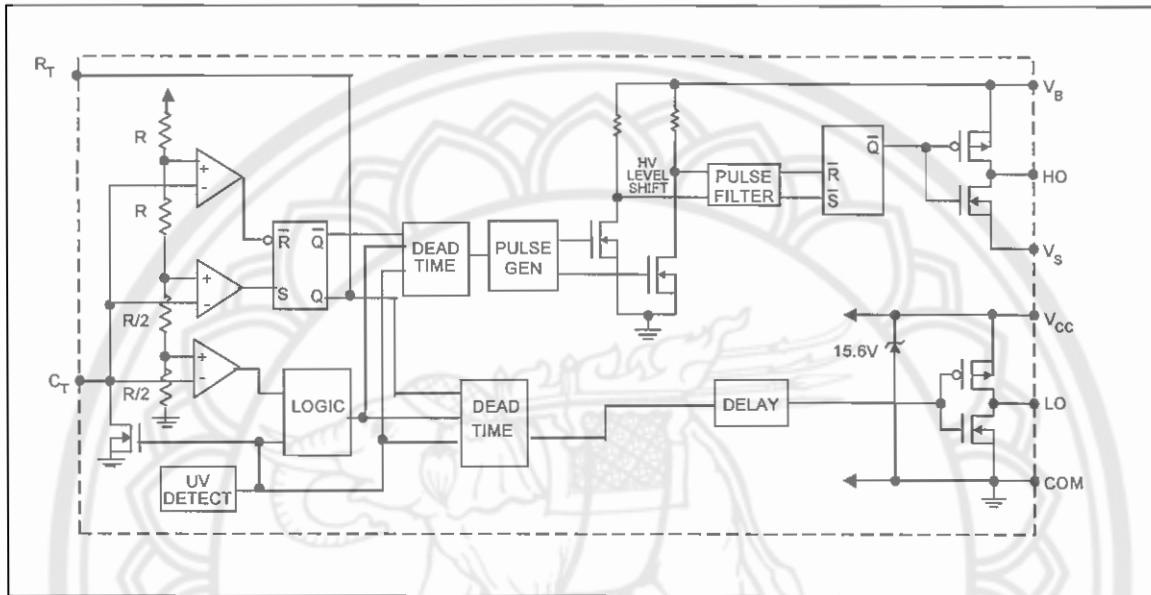
NOTE: The IR2153D is offered in 8 lead PDIP only.

IR2153(D)(S) & (PbF)

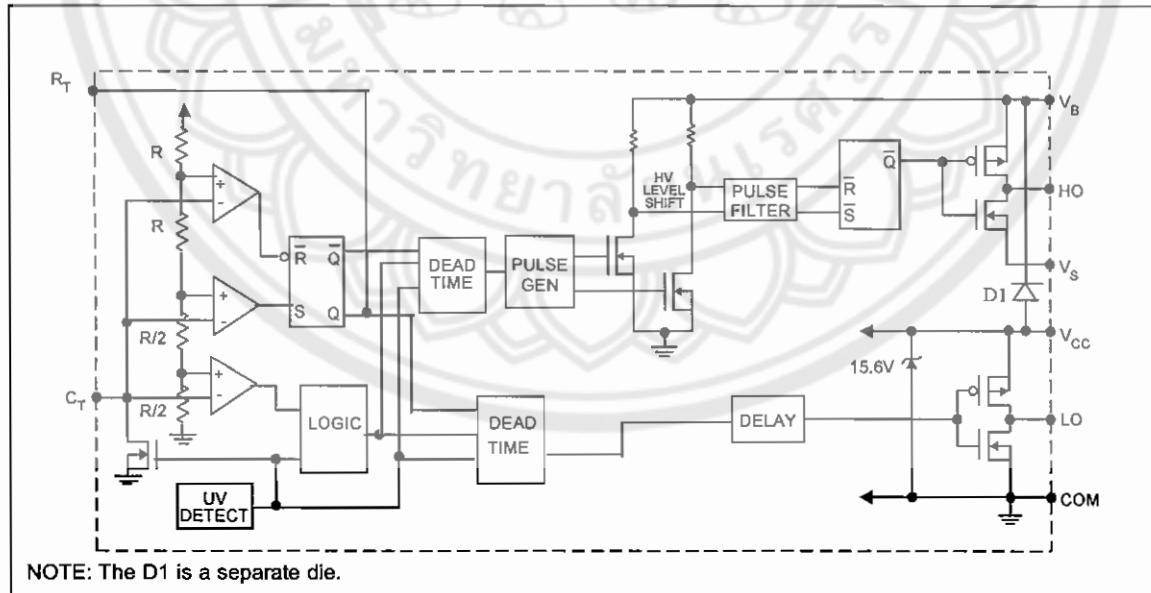
NOTE: For new designs, we recommend
IR's new product IRS2153(D)

International
IR Rectifier

Functional Block Diagram for IR2153(S)

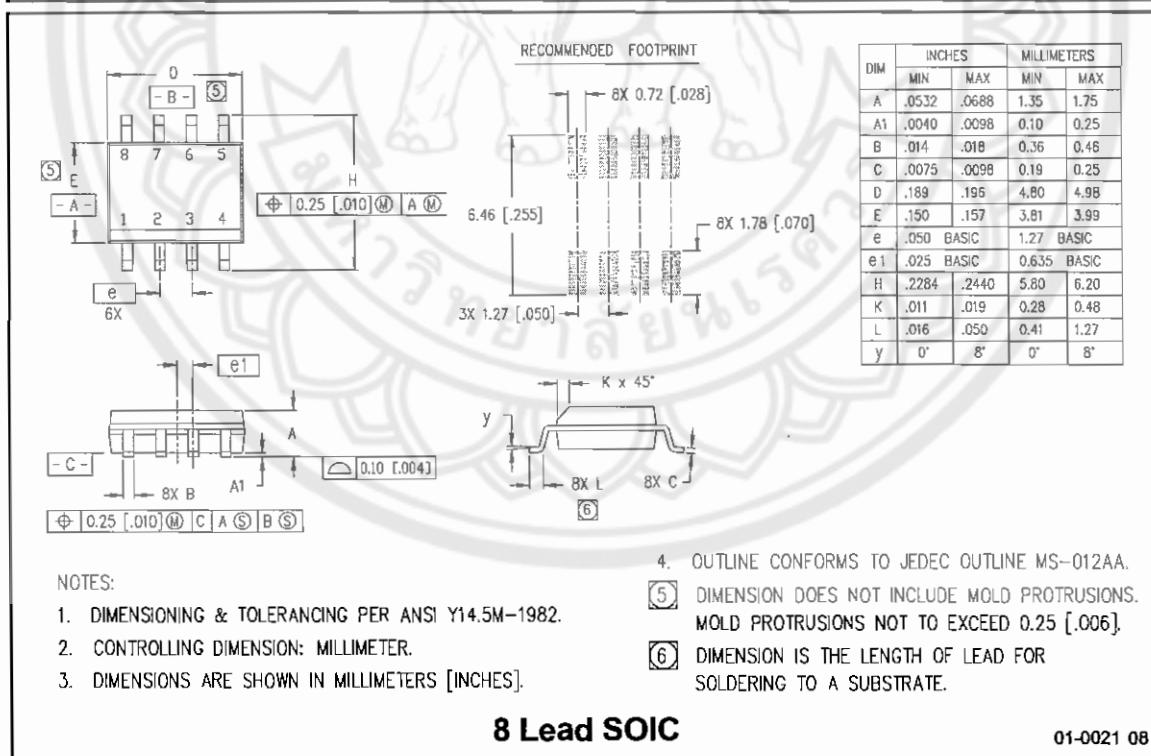
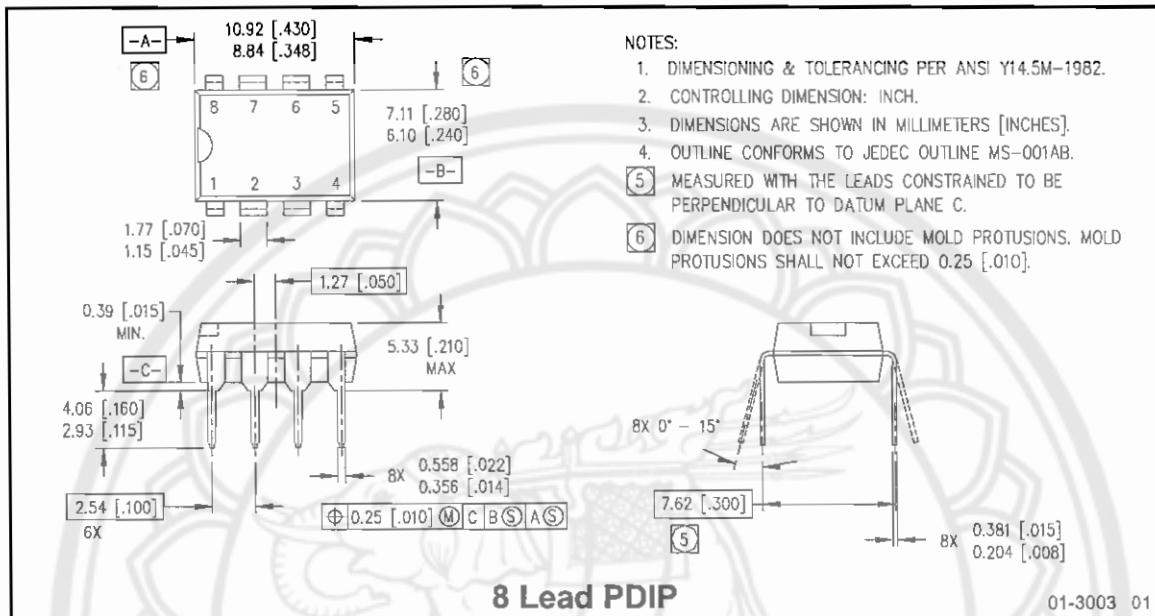


Functional Block Diagram for IR2153D



IR2153(D)(S) & (PbF)

NOTE: For new designs, we recommend
 IR's new product IRS2153(D)



IR2153(D)(S) & (PbF)

**NOTE: For new designs, we recommend
IR's new product IRS2153(D)**

International
IR Rectifier

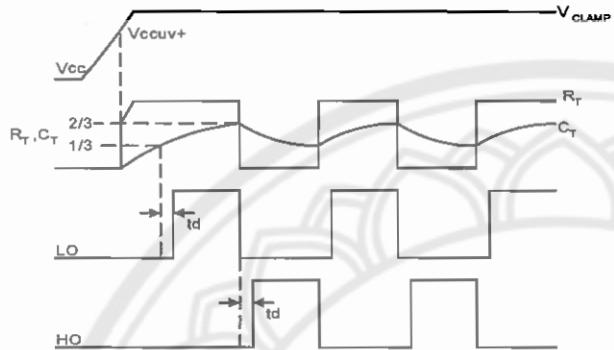


Figure 1. Input/Output Timing Diagram

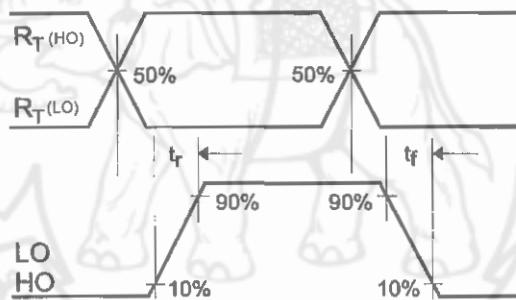


Figure 2. Switching Time Waveform Definitions

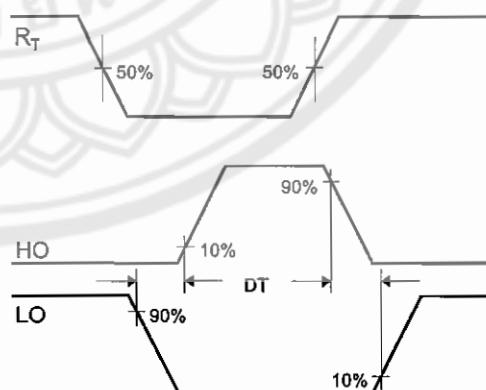
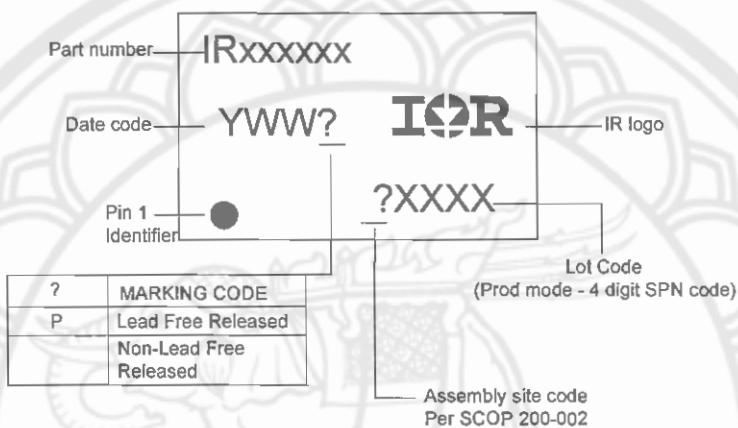


Figure 3. Deadtime Waveform Definitions

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

International
IR Rectifier

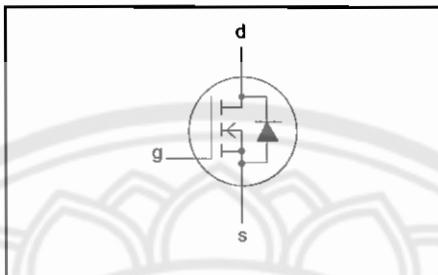
IR WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245 Tel: (310) 252-7105
This product has been qualified per industrial level
Data and specifications subject to change without notice. 11/16/2005

PowerMOS transistors Avalanche energy rated

IRFP460

FEATURES

- Repetitive Avalanche Rated
- Fast switching
- Stable off-state characteristics
- High thermal cycling performance
- Low thermal resistance

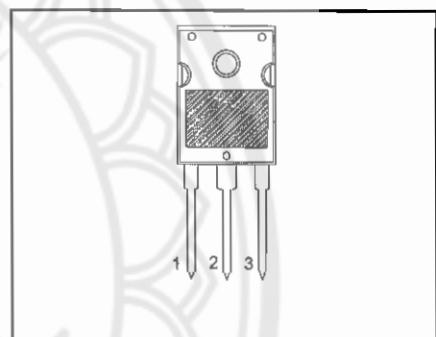
SYMBOL**QUICK REFERENCE DATA** $V_{DSS} = 500 \text{ V}$ $I_D = 20 \text{ A}$ $R_{DS(ON)} \leq 0.27 \Omega$ **GENERAL DESCRIPTION**

N-channel, enhancement mode field-effect power transistor, intended for use in off-line switched mode power supplies, T.V. and computer monitor power supplies, d.c. to d.c. converters, motor control circuits and general purpose switching applications.

The IRFP460 is supplied in the SOT429 (TO247) conventional leaded package.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	gate
2	drain
3	source
tab	drain

SOT429 (TO247)**LIMITING VALUES**

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DSS}	Drain-source voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}$ to 150°C	-	500	V
V_{DGR}	Drain-gate voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}$ to 150°C ; $R_{GS} = 20 \text{ k}\Omega$	-	500	V
V_{GS}	Gate-source voltage		-	± 30	V
I_D	Continuous drain current	$T_{mb} = 25^\circ\text{C}$; $V_{GS} = 10 \text{ V}$	-	20	A
I_{DM}	Pulsed drain current	$T_{mb} = 100^\circ\text{C}$; $V_{GS} = 10 \text{ V}$	-	12.4	A
P_D	Total dissipation	$T_{mb} = 25^\circ\text{C}$	-	80	A
T_j, T_{stg}	Operating junction and storage temperature range	$T_{mb} = 25^\circ\text{C}$	-55	250	W
				150	$^\circ\text{C}$

AVALANCHE ENERGY LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
E_{AS}	Non-repetitive avalanche energy	Unclamped inductive load, $I_{AS} = 20 \text{ A}$; $t_p = 0.2 \text{ ms}$; T_j prior to avalanche = 25°C ; $V_{DD} \leq 50 \text{ V}$; $R_{GS} = 50 \Omega$; $V_{GS} = 10 \text{ V}$	-	1300	mJ
E_{AR}	Repetitive avalanche energy ¹	$I_{AR} = 20 \text{ A}$; $t_p = 2.5 \mu\text{s}$; T_j prior to avalanche = 25°C ; $R_{GS} = 50 \Omega$; $V_{GS} = 10 \text{ V}$	-	32	mJ
I_{AS}, I_{AR}	Repetitive and non-repetitive avalanche current		-	20	A

¹ pulse width and repetition rate limited by T_j max.

PowerMOS transistors
Avalanche energy rated
IRFP460**THERMAL RESISTANCES**

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{th\ j-mb}$	Thermal resistance junction to mounting base		-	-	0.5	K/W
$R_{th\ j-a}$	Thermal resistance junction to ambient	SOT429 package, in free air	-	45	-	K/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS $T_j = 25^\circ C$ unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source breakdown voltage	$V_{GS} = 0 V; I_D = 0.25 \text{ mA}$	500	-	-	V
$\Delta V_{(BR)DSS} / \Delta T_j$	Drain-source breakdown voltage temperature coefficient	$V_{DS} = V_{GS}; I_D = 0.25 \text{ mA}$	-	0.1	-	%/K
$R_{DS(on)}$	Drain-source on resistance	$V_{GS} = 10 V; I_D = 10 A$	-	0.2	0.27	Ω
$V_{GS(TO)}$	Gate threshold voltage	$V_{DS} = V_{GS}; I_D = 0.25 \text{ mA}$	2.0	3.0	4.0	V
g_{fs}	Forward transconductance	$V_{DS} = 30 V; I_D = 10 A$	13	18	-	S
I_{DSS}	Drain-source leakage current	$V_{DS} = 500 V; V_{GS} = 0 V$	-	2	50	μA
I_{GSS}	Gate-source leakage current	$V_{DS} = 400 V; V_{GS} = 0 V; T_j = 125^\circ C$	-	100	1000	μA
$I_{GS} = \pm 30 V; V_{DS} = 0 V$			-	10	200	nA
$Q_{g(\text{tot})}$	Total gate charge	$I_D = 20 A; V_{DD} = 400 V; V_{GS} = 10 V$	-	147	190	nC
Q_{gs}	Gate-source charge		-	12	18	nC
Q_{gd}	Gate-drain (Miller) charge		-	78	100	nC
$t_{d(on)}$	Turn-on delay time	$V_{DD} = 250 V; R_D = 12 \Omega; R_G = 3.9 \Omega$	-	23	-	ns
t_r	Turn-on rise time		-	72	-	ns
$t_{d(off)}$	Turn-off delay time		-	150	-	ns
t_f	Turn-off fall time		-	75	-	ns
L_d	Internal drain inductance	Measured from tab to centre of die	-	3.5	-	nH
L_d	Internal drain inductance	Measured from drain lead to centre of die	-	4.5	-	nH
L_s	Internal source inductance	Measured from source lead to source bond pad	-	7.5	-	nH
C_{iss}	Input capacitance	$V_{GS} = 0 V; V_{DS} = 25 V; f = 1 \text{ MHz}$	-	3000	-	pF
C_{oss}	Output capacitance		-	480	-	pF
C_{rss}	Feedback capacitance		-	270	-	pF

SOURCE-DRAIN DIODE RATINGS AND CHARACTERISTICS $T_j = 25^\circ C$ unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_s	Continuous source current (body diode)	$T_{mb} = 25^\circ C$	-	-	20	A
I_{SM}	Pulsed source current (body diode)	$T_{mb} = 25^\circ C$	-	-	80	A
V_{SD}	Diode forward voltage	$I_s = 20 A; V_{GS} = 0 V$	-	-	1.5	V
t_{rr}	Reverse recovery time	$I_s = 20 A; V_{GS} = 0 V; dI/dt = 100 A/\mu\text{s}$	-	900	-	ns
Q_{rr}	Reverse recovery charge		-	15	-	μC

PowerMOS transistors

Avalanche energy rated

IRFP460

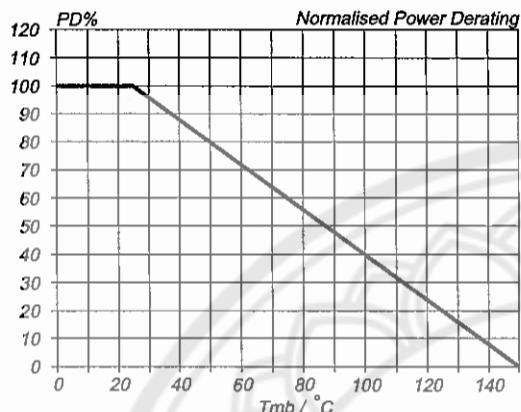


Fig.1. Normalised power dissipation.
 $PD\% = 100 \cdot P_D / P_{D\ 25\ ^\circ C} = f(T_{mb})$

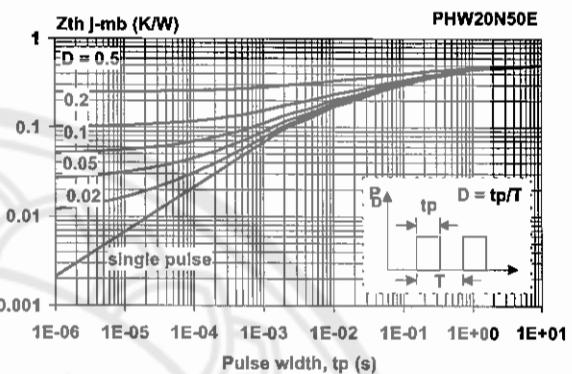


Fig.4. Transient thermal impedance.
 $Z_{th\ j-mb} = f(t_p); \text{parameter } D = t_p/T$

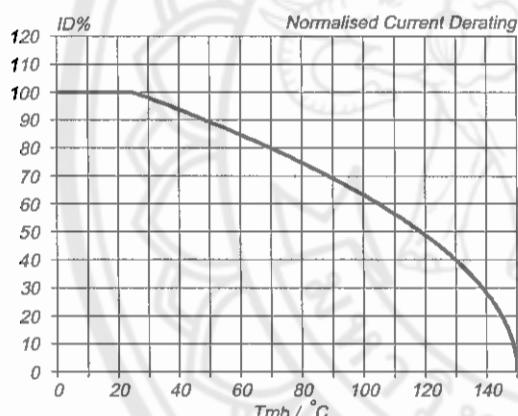


Fig.2. Normalised continuous drain current.
 $ID\% = 100 \cdot I_D / I_{D\ 25\ ^\circ C} = f(T_{mb}); \text{conditions: } V_{GS} \geq 10\ V$

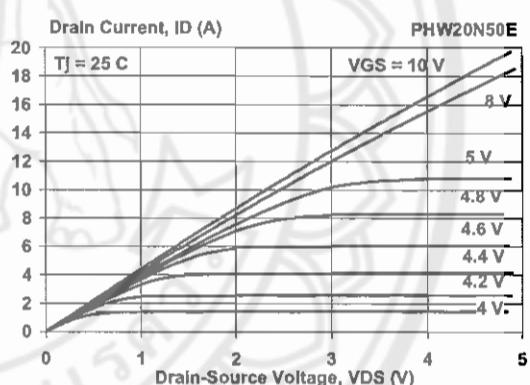


Fig.5. Typical output characteristics.
 $I_D = f(V_{DS}); \text{parameter } V_{GS}$

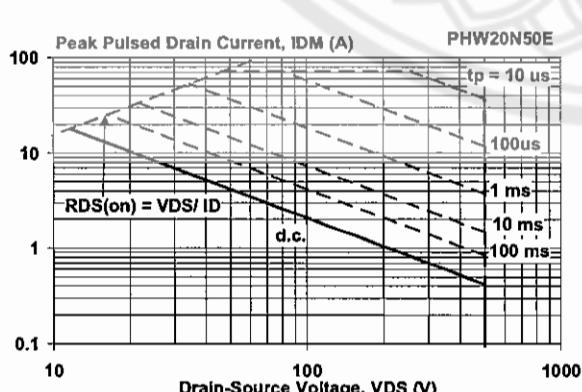


Fig.3. Safe operating area. $T_{mb} = 25\ ^\circ C$
 $I_D \& I_{DM} = f(V_{DS}); I_{DM} \text{ single pulse}; \text{parameter } t_p$

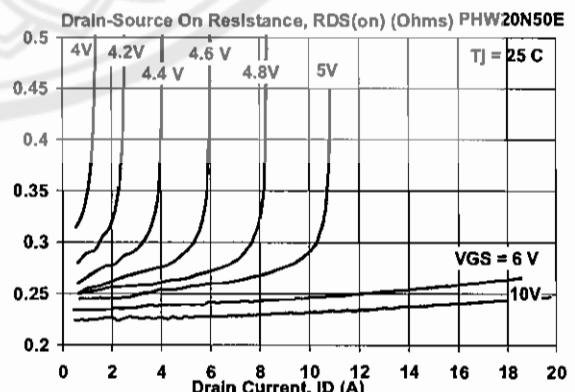


Fig.6. Typical on-state resistance.
 $R_{DS(ON)} = f(I_D); \text{parameter } V_{GS}$

PowerMOS transistors Avalanche energy rated

IRFP460

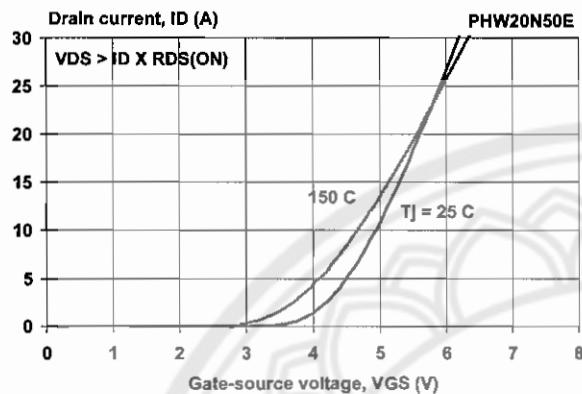


Fig.7. Typical transfer characteristics.
 $I_D = f(V_{GS})$; parameter T_j

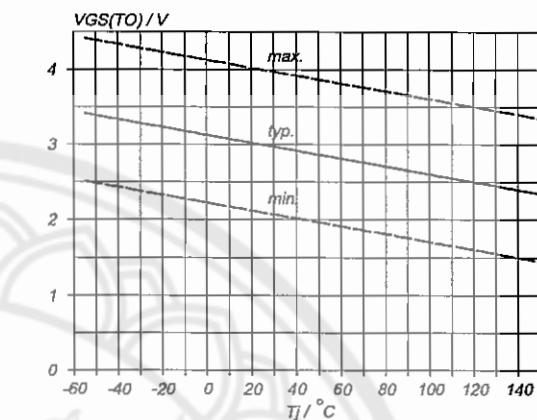


Fig.10. Gate threshold voltage.
 $V_{GS(TO)} = f(T_j)$; conditions: $I_D = 0.25 \text{ mA}$; $V_{DS} = V_{GS}$

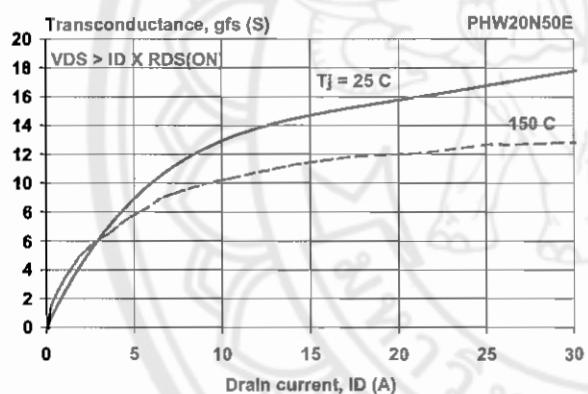


Fig.8. Typical transconductance.
 $g_{fs} = f(I_D)$; parameter T_j

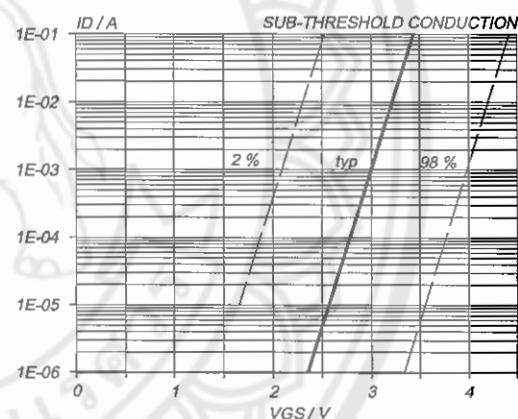


Fig.11. Sub-threshold drain current.
 $I_D = f(V_{GS})$; conditions: $T_j = 25^\circ\text{C}$; $V_{DS} = V_{GS}$

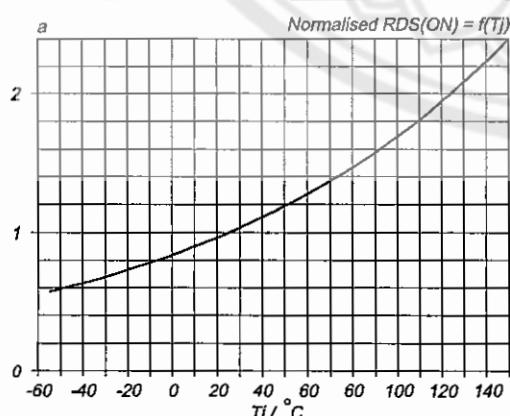


Fig.9. Normalised drain-source on-state resistance.
 $a = R_{DS(ON)}/R_{DS(ON)25^\circ\text{C}} = f(T_j)$; $I_D = 10 \text{ A}$; $V_{GS} = 10 \text{ V}$

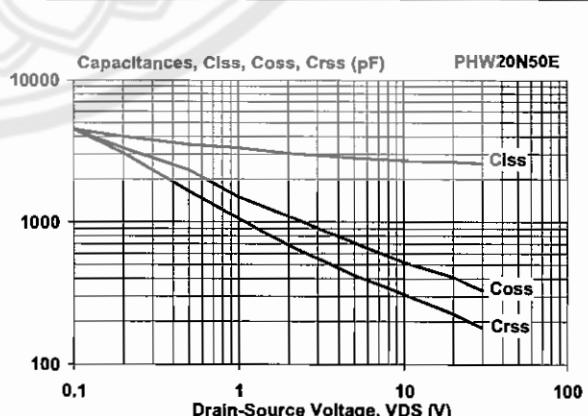


Fig.12. Typical capacitances, C_{iss} , C_{oss} , C_{rss} .
 $C = f(V_{DS})$; conditions: $V_{GS} = 0 \text{ V}$; $f = 1 \text{ MHz}$

PowerMOS transistors Avalanche energy rated

IRFP460

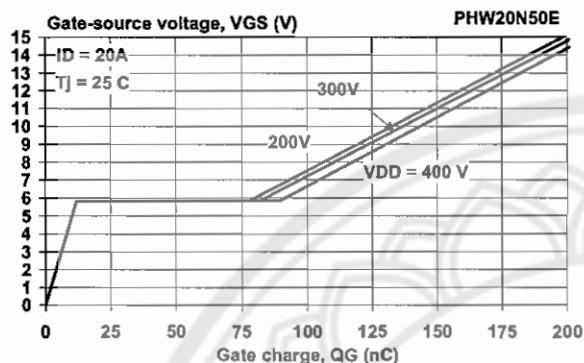


Fig.13. Typical turn-on gate-charge characteristics.
 $V_{GS} = f(Q_G)$; parameter V_{DS}

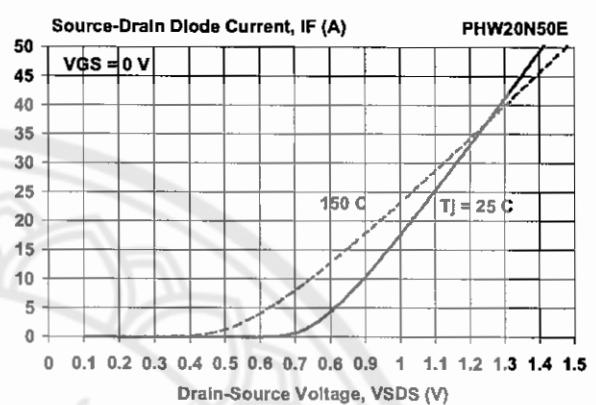


Fig.16. Source-Drain diode characteristic.
 $I_F = f(V_{SDS})$; parameter T_j

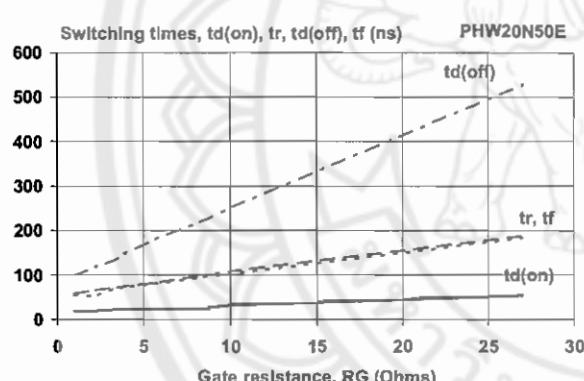


Fig.14. Typical switching times; $t_{d(on)}, t_r, t_{d(off)}, t_f = f(R_G)$

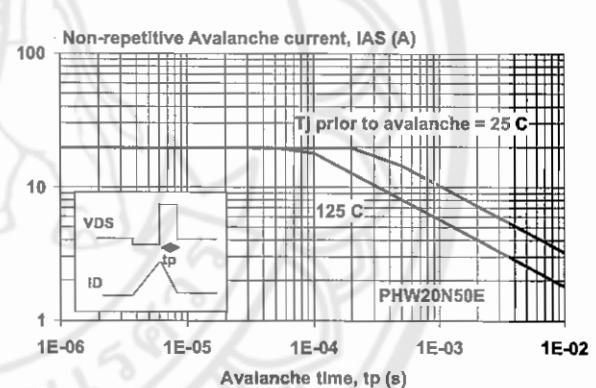


Fig.17. Maximum permissible non-repetitive avalanche current (I_{AS}) versus avalanche time (t_p); unclamped inductive load

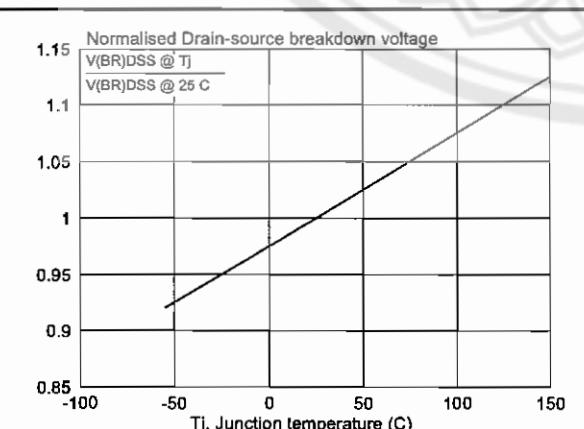


Fig.15. Normalised drain-source breakdown voltage;
 $V_{(BR)DSS} / V_{(BR)DSS \ 25^\circ\text{C}} = f(T_j)$

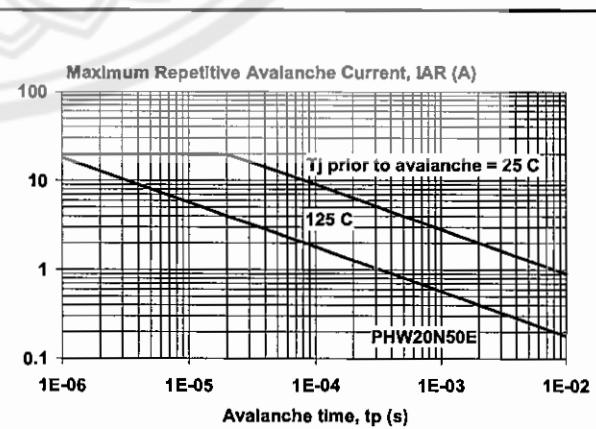


Fig.18. Maximum permissible repetitive avalanche current (I_{AR}) versus avalanche time (t_p)

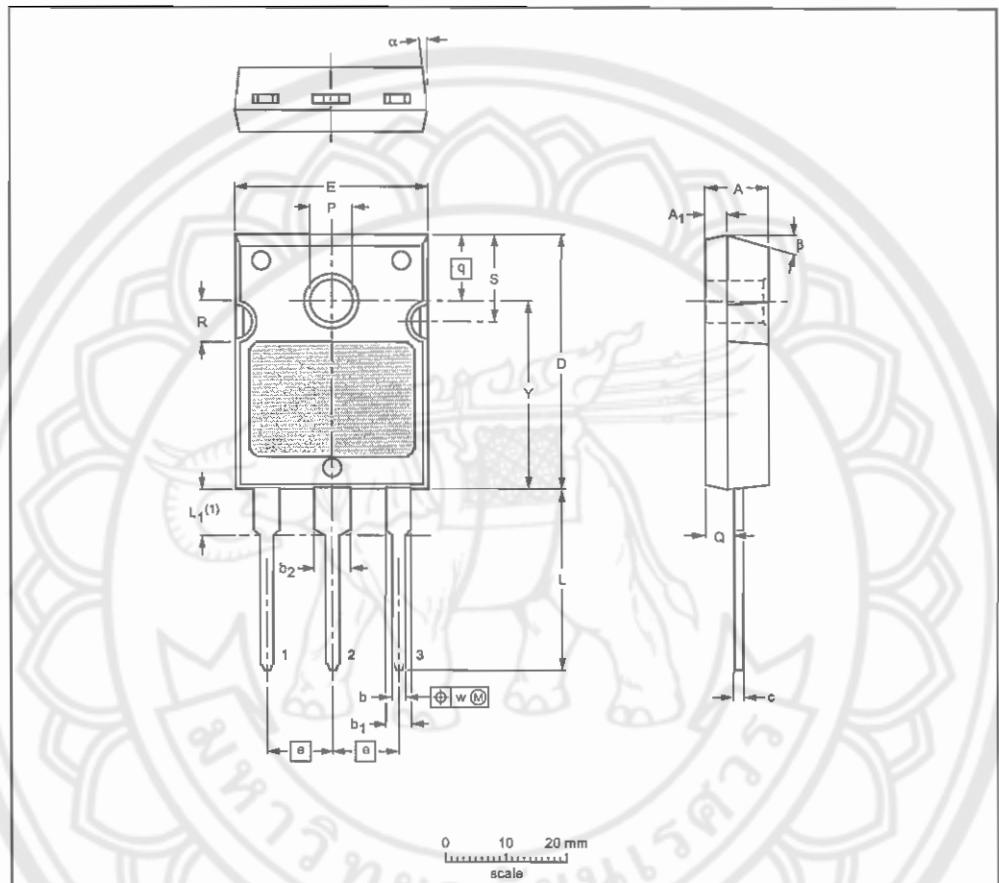
PowerMOS transistors

Avalanche energy rated

IRFP460

MECHANICAL DATA

Plastic single-ended through-hole package; heatsink mounted; 1 mounting hole; 3-lead TO-247 SOT429



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	A ₁	b	b ₁	b ₂	c	D	E	e	L	L ₁ ⁽¹⁾	P	Q	q	R	S	w	Y	α	β
mm	5.3	1.9	1.2	2.2	3.2	0.9	21	18	5.45	16	4.0	3.7	5.3	3.5	7.5	0.4	15.7	6°	17°	
	4.7	1.7	0.9	1.8	2.8	0.6	20	15		15	3.6	3.3	3.3	3.3	7.1		15.3	4°	13°	

Note

1. Timing of terminals are uncontrolled within zone L₁.

OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ		
SOT429		TO-247			98-04-07 99-08-04

Fig.19. SOT429; pin 2 connected to mounting base

Notes

- Observe the general handling precautions for electrostatic-discharge sensitive devices (ESDs) to prevent damage to MOS gate oxide.
- Refer to mounting instructions for SOT429 envelope.
- Epoxy meets UL94 V0 at 1/8".

**PowerMOS transistors
Avalanche energy rated****IRFP460****DEFINITIONS**

Data sheet status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values are given in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of this specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	
© Philips Electronics N.V. 1999	
All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.	
The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, it is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent or other industrial or intellectual property rights.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices or systems where malfunction of these products can be reasonably expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.