

การประหยัดพลังงาน

ENERGY SAVING



นาย สัญญา ตั้งเทวนนท์ รหัส 39012073

นาย สุกิจ อิศระพิชัยเชษฐ์ รหัส 39012074

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์

การประหยัดพลังงาน

ENERGY SAVING

โดย

นาย สัญญา ตั้งเทวานนท์ รหัส 39012073

นาย สุกิจ อิศระพิชัยเชษฐ์ รหัส 39012074

ภาควิชา

เทคนิคอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ เรืองศักดิ์ เจริญผ่อง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

()

.....กรรมการ

()

.....กรรมการ

()

.....กรรมการ

()

.....กรรมการ

()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประหยัดพลังงาน (Energy saving)

นักศึกษา นาย สัญญา ตั้งเทวนนท์ 39012073

นาย สุกิจ อิศระพิชัยเชษฐ 39012074

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ เรืองศักดิ์ เจริญผ่อง

บทคัดย่อ

จากวิกฤตการณ์พลังงานที่ผ่านมาได้ส่งผลกระทบต่อความเจริญก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก จนทำให้โรงงานอุตสาหกรรมและธุรกิจต่างๆจำเป็นต้องหามาตรการประหยัดพลังงานมาใช้ เพื่อลดการใช้พลังงานที่มีจำกัดและมีแนวโน้มที่จะมีราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ ประเทศไทยเป็นประเทศที่ประสบปัญหาโดยตรงเนื่องจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ต้องใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงซึ่งส่วนใหญ่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ดังนั้นในการทำวิทยานิพนธ์ประกอบการทำโปรเจกต์ Energy saving จึงได้อธิบายหลักการการทำ Energy saving

Abstract

The problem of energy crisis has affected industrial development very much. This makes industrial plants and several kinds of business have to look for energy saving method to reduce energy utilization. Now the energy is limited and tends to have higher and higher price. Thailand is the country that encounter this problem directly. Due to electrical energy production have to use oil to be fuel and most oil must be imported from foreign country therefore this thesis compose of project Energy saving which explain principle of Energy saving

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จขึ้นได้ด้วยความร่วมมือจากหลายๆ ฝ่าย ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณ
อ.เรืองศักดิ์ เจริญผ่อง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำรวมทั้งข้อมูลต่างๆ เป็นอย่างดี หาย
สุดนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้คำแนะนำจนทำให้ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จ
ล่วงไปได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	
บทที่ 1 (บทนำ)	
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 วิธีการดำเนินงาน	1
1.4 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 (ทฤษฎีระบบการส่องสว่าง)	
2.1 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	2
2.2 ส่วนประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์	3
2.3 สตาร์ทเตอร์	9
2.4 บัลลาสต์	10
2.5 หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน	14
บทที่ 3 (ทฤษฎีวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์)	
3.1 วงจรเรกติไฟเออร์	18
3.2 RFI อินพุตฟิลเตอร์	28
3.3 วงจรสแน็บเบอร์	35
3.4 หม้อแปลงความถี่สูง	37
3.5 วงจรขับด้วยมอสเฟต	48
บทที่ 4 (การทดลอง)	
4.1 การเปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 W และ 36 W	64
4.2 การเปรียบเทียบบัลลาสต์แมกเนติกและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	68
บทที่ 5 (สรุปผลการทดลอง)	
5.1 เกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกใช้บัลลาสต์	74
5.2 ข้อดีข้อเสียของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์และบัลลาสต์แมกเนติก	77
5.3 สรุปผล	81
กิตติประกาศ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

- หลอดไฟฟ้า
- กราฟจุดคุ้มทุน
- คำนวณของ IC เบอร์ IR 2155
- คำนวณของไดโอดฟาส-รีคัพเวอร์รี่ เบอร์ 11DF
- คำนวณของมอสเฟต เบอร์ IRF720



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1	วงจรการต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดพรีอิติ	3
รูปที่ 2.2	ส่วนประกอบภายในของหลอดฟลูออเรสเซนต์	5
รูปที่ 2.3	แสดงการต่อวงจรของหลอดชนิดอินสแตนสตาร์ท	7
รูปที่ 2.4	แสดงหลอดชนิดอินสแตนสตาร์ท	7
รูปที่ 2.5	แสดงหลอดชนิดแรพิดสตาร์ท	8
รูปที่ 2.6	แสดงการต่อวงจรหลอดชนิดแรพิดสตาร์ท	8
รูปที่ 2.7	ลักษณะโครงสร้างของอินดักเตอร์บัลลาสต์	11
รูปที่ 2.8	การพบความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับอายุการใช้งาน	12
รูปที่ 2.9	แสดงรูปร่างของบัลลาสต์เพาเวอร์เฟดเตอร์ต่ำ	13
รูปที่ 2.10	แสดงรูปร่างของบัลลาสต์เพาเวอร์เฟดเตอร์สูง	13
รูปที่ 2.11	ความสัมพันธ์สารฟอสเฟอร์ต่อหนึ่งหน่วยความยาวกับฟลักซ์การสว่าง	14
รูปที่ 2.12	ปริมาณสารฟอสเฟอร์และดัชนีการให้ฟลักซ์	15
รูปที่ 2.13	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดและดัชนีการให้ฟลักซ์	15
รูปที่ 2.14	หลอดฟลูออเรสเซนต์สำเร็จรูป	16
รูปที่ 3.1	ส่วนประกอบภายในของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	17
รูปที่ 3.2	วงจรเรกติไฟเออร์และฟิลเตอร์	18
รูปที่ 3.3	แสดงค่าแรงดันไฟตรงเฉลี่ยเอาต์พุตของวงจรเรกติไฟเออร์ ที่ได้ที่โหลดและตัวต้านทานจำกัดกระแส Rs ค่าต่างๆ	19
รูปที่ 3.4	แสดงการชาร์จประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุ ฟิลเตอร์ในวงจรเรกติไฟเออร์	20
รูปที่ 3.5(ก)	แสดงค่ากระแส RMS ที่ผ่านเรกติไฟเออร์เมื่อเปรียบเทียบกับ ค่าประสิทธิผล I_e ต่อกำลังงานที่เรกติไฟเออร์ต้องจ่ายออกไป ให้อินเวอร์เตอร์ (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโหลดสูงสุด) ที่ค่า R_{sf} ต่างๆ กัน (ที่มา: Billings)	21
รูปที่ 3.5(ข)	แสดงค่ากระแสระลอก(RMS) ที่ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์เมื่อเปรียบเทียบกับ กับค่าของกระแสประสิทธิผล I_e ต่อกำลังที่เรกติไฟเออร์ต้องจ่ายออกไปให้ อินเวอร์เตอร์ (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่ากระแสโหลดสูงสุด) ที่ค่า R_{sf} ต่างๆ กัน (ที่มา : Billings)	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5(ค) แสดงค่ากระแสสูงสุดที่ผ่านตัวเก็บประจุฟิลเตอร์เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของกระแสประสิทธิผล I_e ต่อกำลังที่เรกติไฟเออร์ต้องจ่ายออกไปให้ อินเวอร์เตอร์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่ากระแสไหลสูงสุด) ที่ค่า R_{sf} ต่างๆกัน(ที่มา : Billings)	22
รูปที่ 3.6 แสดงการประมาณค่าเวลาในการคายประจุของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ให้มีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าคายเวลาของแรงดันไฟสลับเพื่อสะดวกในการคำนวณ	25
รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างการต่อวงจร LC ฟิลเตอร์เพื่อลดสัญญาณรบกวน RFI	28
รูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งการต่อตัวเก็บประจุชนิด "x" และตัวเก็บประจุชนิด "y" ในการใช้งาน	30
รูปที่ 3.9 ลักษณะรูปร่างและการจัดขาของ IR2155	31
รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมภายในของ IR2155	31
รูปที่ 3.11 พื้นฐานวงจรประยุกต์ใช้งานเบื้องต้น	34
รูปที่ 3.12(ก) ไทมิ่งไดอะแกรมของอินพุตและเอาต์พุต	35
รูปที่ 3.12(ข) ไทมิ่งไดอะแกรมของเวลาในการสวิตชิง	35
รูปที่ 3.12(ค) ไทมิ่งไดอะแกรมของเวลา $deadtime$	35
รูปที่ 3.13 การเปลี่ยนแปลงแรงดันตกคร่อมขาเดรน-ซอร์สอย่างรวดเร็ว จะทำให้เกิดแรงดันทรานเซียนต์ที่เกิด-ซอร์สด้วย	36
รูปที่ 3.14 ลักษณะแรงดันทรานเซียนต์เกินในช่วงสวิตต์ off ถูกแคลมป์โดยวงจรสแน็บเบออร์ที่ประกอบด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ	37
รูปที่ 3.15 เส้นแรงแม่เหล็กที่สร้างขึ้นในขดลวดแกนอากาศ เนื่องมาจากกระแสไหลผ่าน	37
รูปที่ 3.16 อิลเตอเรทีฟส์ลูปของแกนเหล็กซึ่งไม่มีช่องอากาศ	38
รูปที่ 3.17 รูปแสดงความเป็นแม่เหล็กในช่วงที่เป็นเส้นตรงและช่วงอิมตัว	39
รูปที่ 3.18 แสดงหม้อแปลงมีขดลวด 2 ชุด	40
รูปที่ 3.19 แสดงการเปรียบเทียบการโคปสวารกึ่งตัวนำระหว่าง (ก) ฟาส-รีคัพเวอร์ไดโอดชนิดเอปิตาเซียล (ข) ไดโอดชนิดดับเบิล-ดีฟฟิวส์	44
รูปที่ 3.20 ขั้นตอนการสร้างฟาส-รีคัพเวอร์ไดโอดชนิดเอปิตาเซียล	45
รูปที่ 3.21 การเปรียบเทียบวิธีขับทรานซิสเตอร์และมอสเฟต	46
รูปที่ 3.22 คุณสมบัติการสกดกันกระแสเดรนและซอร์ส	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.23: การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเอาต์พุตของมอสเฟตกำลังและ ไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์	48
รูปที่ 3.24 คุณสมบัติการส่งผ่าน(transfer) ของมอสเฟตเบอร์ IRF130	49
รูปที่ 3.25 การสวิตช์ของมอสเฟต (ก) วงจรทดสอบเวลาในการสวิตช์ (ข) รูปคลื่นของการสวิตช์ตามทฤษฎี (ค) รูปคลื่นจริงของการสวิตช์	51
รูปที่ 3.26 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสวิตช์และแรงดันเกต(IRF330)	52
รูปที่ 3.27 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการสวิตช์และความต้านทาน ของวงจรเกต(IRF330)	53
รูปที่ 3.28 วงจรเพิ่มความเร็วของเกต	53
รูปที่ 3.29 ค่าของอุปกรณ์ในวงจรเกตที่เปลี่ยนไปจะมีผลต่อเวลาการสวิตช์(IRF330)	54
รูปที่ 3.30 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการสวิตช์และกระแสดรณทั้งที่มี และไม่มีวงจรเพิ่มความเร็วที่เกต(IRF330)	54
รูปที่ 3.31 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันตกคร่อมเดรนและซอร์สและ ความจุภายในระหว่างเดรนและซอร์ส(IRF330)	55
รูปที่ 3.32 วงจรที่มีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำและมีไดโอดเคลมปี	56
รูปที่ 3.33 รูปคลื่นการสวิตช์ในอุดมคติที่มีไดโอดเคลมปีโหลดที่เป็นตัวเหนี่ยวนำ	56
รูปที่ 3.34 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการสวิตช์และกระแสเดรนในวงจรโหลดที่ เป็นตัวเหนี่ยวนำและมีวงจรเพิ่มความเร็วที่เกต	57
รูปที่ 3.35 แสดงประสิทธิภาพของการสวิตช์(IRF330)	58
รูปที่ 3.36 ขอบเขตสูงสุดของพื้นที่การทำงานที่ปลอดภัย(IRF330/333)	59
รูปที่ 3.38 วงจรสมบรูณ์ของบัลลาสต์อิเล็คทรอนิกส์	61
รูปที่ 3.39 วิธีการพินหม้อแปลง T1,T2	62
รูปที่ 3.40 รูปร่างของบอบบิน EI-28 และวิธีการทำช่องอากาศ	62
รูปที่ 4.1 เพาเวอร์ไทรแองเกิ้ลเมื่อโหลดเป็นแบบอินดักทีฟและคาปาซิทีฟ	65
รูปที่ 4.2 เวกเตอร์ของกำลังไฟฟ้า	65
รูปที่ 4.3 วงจรทดสอบโหลดฟลูออเรสเซนต์	66
รูปที่ 4.4 แสดงวงจรการต่อวัตต์มิเตอร์	68
รูปที่ 4.5 แสดงกราฟจุดคุ้มทุน	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	แสดงสารฟอสเฟอริที่ใช้	6
ตารางที่ 3.1	แสดงอัตราทนกระแสระลอกสูงสุดของตัวเก็บประจุ ชนิดอิเล็กทรอไลต์ที่ค่าความจุและอัตราทนแรงดันขนาดต่างๆ	24
ตารางที่ 3.2	แสดงรายละเอียดแกนเฟอร์ไรต์ของบริษัทต่างๆ	42
ตารางที่ 3.3	แสดงรายละเอียดของขดลวดที่ใช้พันหม้อแปลง	42
ตารางที่ 3.4	แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของฟาส-รีคัพเวอร์ไดโอด	45
ตารางที่ 3.5	คุณสมบัติของมอสเฟตเบอร์ต่างๆ	
ตารางที่ 4.1	ผลทดลองของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 w และ 36 w	66
ตารางที่ 4.2	เปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 w และ 36 w	66
ตารางที่ 4.3	แสดงการวัด วัตต์, กระแสและแรงดัน	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

(บทนำ)

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันนี้ประเทศต่างๆทั่วโลกกำลังให้ความสนใจในเรื่องการประหยัดพลังงาน พร้อมทั้งพัฒนาอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นเรื่อยๆ การประหยัดพลังงานนั้นมิได้หมายถึงการที่จะต้องลดมาตรฐานความเป็นอยู่ในชีวิตประจำวันลงไปแต่อย่างใดหรือการหยุดใช้พลังงานนั้นเลย แต่ถ้าหากเราพูดถึงคุณสมบัติต่างๆของอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่างๆแล้วก็จะทราบว่าเราจะได้ว่าประสิทธิภาพต่างๆของอุปกรณ์ไฟฟ้าเท่าเดิมแต่จะสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลงไปได้ สำหรับปริญญาโทเล่มนี้จะกล่าวถึงการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว โดยในระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าให้ได้มีประสิทธิภาพที่ดีนั้นต้องเริ่มตั้งแต่การออกแบบที่ดี การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า ประหยัดพลังงาน วิธีการใช้งาน วิธีการบำรุงรักษาที่ดี เป็นต้น โดยปริญญาโทนี้จะได้นั้นศึกษาไปที่อุปกรณ์ไฟฟ้าประหยัดพลังงานเพื่อที่จะเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าธรรมดาเป็นสำคัญ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้น

1.3 วิธีการดำเนินงาน

โดยการศึกษาถึงประเภทของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างต่างๆทั้งแบบธรรมดาและแบบประหยัดพลังงาน โดยทำการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพต่างๆที่เกิดขึ้นของบัลลาสต์ (Ballast) ทั้งแบบธรรมดาหรือแบบแมกเนติก (Magnetic) กับแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic) โดยที่วิธีการดำเนินงานคือทำสร้างตัวบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ขึ้นมาเพื่อทำการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เกิดขึ้นเช่น ค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power factor) ค่าความเข้มของแสง (LUX) ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (lm/w) เป็นต้น

1.4 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ศึกษาถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น หลอดไฟชนิดต่างๆ บัลลาสต์ รวมถึงสตาร์ทเตอร์ (Starter) ด้วย

1.4.2 ได้รู้ถึงค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้น ทำให้สามารถเปรียบเทียบได้ว่าควรจะใช้ อุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทใดดีกว่ากัน

บทที่ 2

(ทฤษฎีระบบไฟฟ้าแสงสว่าง)

2.1 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ในการประกอบกิจการใดๆก็ตามแสงสว่างเป็นสิ่งจำเป็นในการประกอบกิจการนั้นๆ ดังนั้นการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างจึงถือเป็นค่าใช้จ่ายอย่างหนึ่งที่เราสามารถลดภาระในสิ่งนี้ได้ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้แสงสว่างอย่างไม่มีประสิทธิภาพจะก่อให้เกิดความสูญเสียทางด้านพลังงานโดยเปล่าประโยชน์

สำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุดคงจะเป็นหลอดไฟฟ้า โดยหลอดไฟฟ้าที่ผลิตออกจำหน่ายเพื่อใช้ในการให้แสงสว่างทั่วไปในปัจจุบันมีอยู่ทั้งหมด 8 ชนิดคือ

1. หลอดอินแคนเดสเซนต์หรือหลอดไส้ (Incandescent)
2. หลอดไอปรอทความดันสูงหรือหลอดแสงจันทร์ (High pressure mercury)
3. หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal halide)
4. หลอดโซเดียมความดันสูง (High pressure sodium)
5. หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent)
6. หลอดโซเดียมความดันต่ำ
7. หลอดแสงผสม (Blended light)
8. หลอดทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten halogen)

(คุณสมบัติต่างๆของหลอดทั้ง 8 ชนิดอยู่ที่ภาคผนวก)

ถ้าจะพิจารณาถึงด้านการประหยัดพลังงานเพียงอย่างเดียวจะพบว่าหลอดโซเดียมความดันต่ำจะเหมาะสมที่สุดเพราะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด แต่อย่างไรก็ตามหลอดโซเดียมความดันต่ำไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งานทั่วไปเนื่องจากทำให้สีของวัตถุต่างๆผิดเพี้ยนไปหมด เพราะเป็นหลอดที่ให้แสงที่มีความยาวคลื่นเพียงคลื่นเดียวคือที่ 589 และ 589.6 นาโนเมตร ซึ่งเป็นแสงสีเหลืองจึงเหมาะที่จะใช้งานทางด้านความปลอดภัย เช่น ไฟตามทางหลวง เป็นต้น

สำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่จะกล่าวถึงจะขอกล่าวถึงเฉพาะระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามที่อยู่อาศัยเป็นหลัก ซึ่งหลอดไฟฟ้าที่นิยมใช้มากที่สุดคงจะเป็น หลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดอินแคนเดสเซนต์ แต่ว่าหลอดที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดคือหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังนั้นเราจะขอกล่าวถึงองค์ประกอบของหลอดชนิดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ส่วนประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์

วงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์รวม 3 อย่างคือ

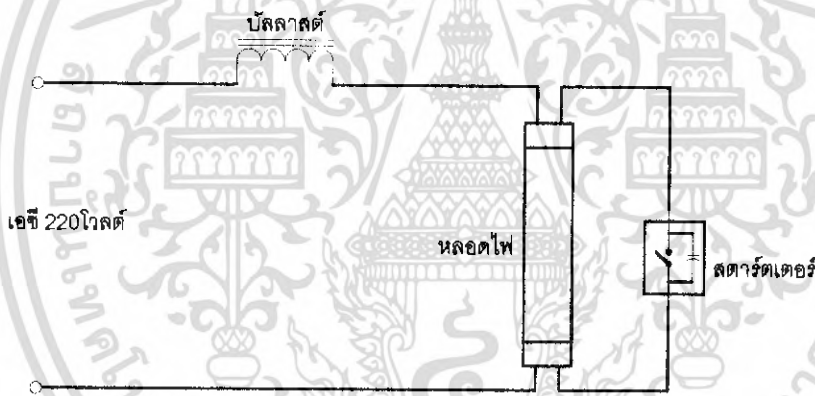
1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent lamp)
2. สตาร์ทเตอร์ (Starter)
3. บัลลาสต์ (Ballast)

1. หลอดฟลูออเรสเซนต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์สามารถแบ่งออกได้หลายชนิด ดังนี้

1.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดพรีฮีต (Preheat)

หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้เป็นหลอดที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน โดยหลอดชนิดนี้จะจุดติดได้ต่อเมื่อได้รับการเผาไส้หลอดให้ร้อนเสียก่อนจึงจำเป็นต้องมีสตาร์ทเตอร์ นอกจากนี้ยังต้องมีบัลลาสต์ทำหน้าที่สร้างไฟแรงสูงและจำกัดกำลังงานไฟ โดยการต่อวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดพรีฮีตแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วงจรการต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดพรีฮีต

จากรูปที่ 2.1 เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่าน ช่วงแรกกระแสไฟฟ้าจะไม่สามารถไหลผ่านระหว่างขั้วหัวและขั้วท้ายของอีเล็กโทรดได้ เนื่องจากความต้านทานภายในหลอดยังสูงอยู่ในขณะเดียวกันกระแสไฟฟ้าก็จะไหลผ่านสตาร์ทเตอร์ที่บรรจุด้วยก๊าซนีออน ทำให้ก๊าซนีออนในสตาร์ทเตอร์แตกตัวออกเป็นไอออนเปล่งออกเป็นแสง พร้อมทั้งเกิดความร้อนทำให้แผ่นโลหะที่ต่างชนิดกัน 2 แผ่น (Bimetallic) โค้งตัวไปชนกับหน้าสัมผัสที่อยู่กับที่วงจรไส้หลอดจึงถูกต่อให้ครบวงจรไฟฟ้า การเผาไส้หลอดให้ร้อนก็จะเกิดขึ้น ความต้านทานของหลอดก็จะลดลง ในขณะเดียวกัน สตาร์ทเตอร์เมื่อเย็นตัวลงจะปลดแยกวงจรไฟฟ้าเผาไส้หลอดออก การปลดวงจรไฟฟ้านี้ทำให้สนามแม่เหล็กที่บัลลาสต์เกิดการยุบตัวเกิดแรงดันไฟฟ้าแรงสูงขึ้นจากการเหนี่ยวนำในตัวเองดันให้กระแสไฟฟ้าวิ่งผ่านระหว่างขั้วอีเล็กโทรดทั้งสองข้าง อีเล็กโทรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระถูกกระแทกให้หลุดออกมาทำให้ไอปรอทที่บรรจุอยู่ในหลอดแตกตัวเป็นไอออนกระตุ้น สารเรืองแสงให้เปล่งแสงออกมา

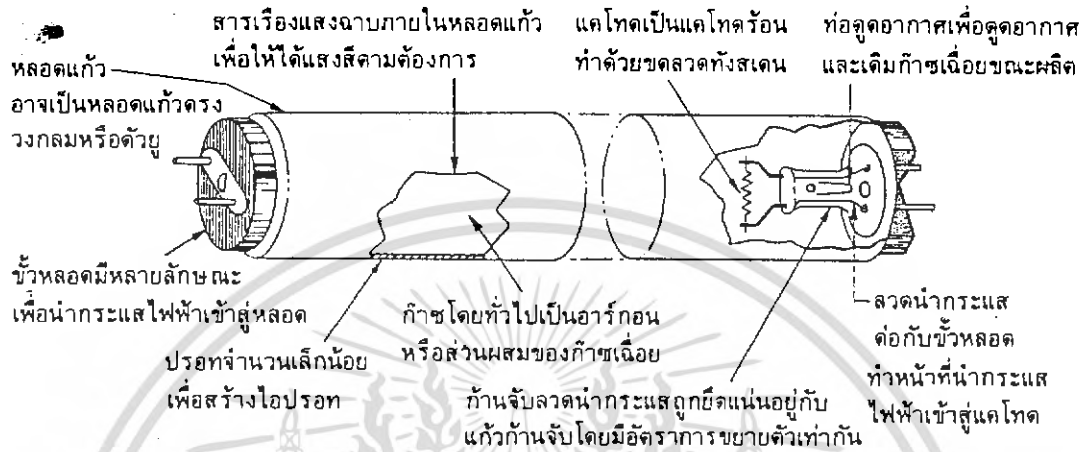
การทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะอาศัยพลังงานจากแสงอัลตราไวโอเล็ตซึ่งเกิดขึ้นจากไอปรอทที่บรรจุในก๊าซเฉื่อย เช่น พวงก๊าซอาร์กอน คริปตอน หรือนีออน ที่ความดันต่ำๆ ไอปรอทจะได้รับพลังงานจากแหล่งปลดปล่อยพลังงาน (Discharge source) หรือกระตุ้นให้ไอปรอทปลดปล่อยพลังงานออกมา ซึ่งแสงอัลตราไวโอเล็ตที่เปล่งออกมาจากไอปรอทนี้จะกระทบเข้ากับผิวในของหลอดแก้วซึ่งฉาบไว้ด้วยสารเรืองแสงที่เรียกว่า ฟอสเฟอร์ (Phosphor) หรือ Fluorescent materia ตัวสารเรืองแสงนี้ก็จะทำหน้าที่เปลี่ยนแสงอัลตราไวโอเล็ตซึ่งไม่สามารถมองเห็นให้กลายเป็นแสงสว่างที่ปรากฏแก่สายตาของมนุษย์ได้

ตัวหลอดไฟฟ้านั้น จริงๆ แล้วก็คือหลอดแก้วที่ภายในฉาบไว้ด้วยสารเรืองแสง จากนั้นก็จะถูกนำไปดูดเอาอากาศออกและไอปรอทจำนวนเล็กน้อยและก๊าซเฉื่อยไว้ภายใน ที่ปลายทั้งสองข้างของหลอดแก้วจะมีขั้วไฟฟ้าที่เรียกว่า อิเล็กโทรด (Electrode) เมื่อเปิดสวิตซ์ให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทางเดินของกระแสไฟฟ้าผ่านขั้วอิเล็กโทรดจะทำให้ขั้วอิเล็กโทรดร้อนและปล่อยอิเล็กตรอนออกมา ซึ่งอิเล็กตรอนนี้จะออกมาจากสารปล่อยอิเล็กตรอน (Emissive material) ซึ่งเคลือบไว้บนไส้หลอด นอกเหนือจากอิเล็กตรอนที่ปล่อยออกมาโดยความร้อนก็ยังมีอิเล็กตรอนที่ถูกปล่อยออกมาเนื่องจากความแตกต่างของค่าแรงดันระหว่างขั้วอิเล็กโทรดทั้งสอง อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงจากขั้วอิเล็กโทรดขั้วหนึ่งไปยังขั้วอิเล็กโทรดอีกขั้วหนึ่ง ก่อให้เกิดลำอิเล็กตรอนหรืออาร์คซึ่งเคลื่อนที่ผ่านไอของปรอททำให้ไอปรอทได้รับพลังงานจากอิเล็กตรอนและทำให้หลอดได้รับความร้อนและเพิ่มค่าแรงดันของไอปรอทจนถึงจุดที่หลอดจะมีประสิทธิภาพสูงสุด

สภาวะที่เกิดขึ้นภายในหลอดแก้วนี้จะมีคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับค่าความดันของก๊าซที่อยู่ภายในและค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดทั้งสอง คุณสมบัติที่สำคัญก็คือ การก่อกำเนิดแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และแสงอัลตราไวโอเล็ตเมื่ออิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่เข้าชนกับอะตอมของไอปรอทและทำให้อิเล็กตรอนของไอปรอทกระเด็นออกจากวงโคจรของมัน อิเล็กตรอนที่หลุดกระเด็นออกมาเหล่านี้จะพยายามที่จะกลับคืนเข้าสู่วงโคจรของเดิม ดังนั้นมันจะปล่อยพลังงานที่ได้รับออกมาก่อนที่จะกลับเข้าสู่สถานะเดิม พลังงานที่มันปล่อยออกมาในส่วนใหญ่แล้วจะเป็นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร แสงอัลตราไวโอเล็ตนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นแสงที่ตาสามารถมองเห็นได้ โดยสารเรืองแสงซึ่งจะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตเอาไว้และปล่อยแสงซึ่งมีความยาวคลื่นมากกว่าซึ่งตามนุษย์สามารถมองเห็นได้

โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดพรีซีต

โครงสร้างพื้นฐานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดพรีซีต แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบภายในของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดพรีซีต

ตัวหลอด ขนาดและรูปร่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดพรีซีตจะได้รับการกำหนดโดยรหัสที่ประกอบด้วยตัว T (หมายความว่า หลอดกลม T มาจากคำว่า Tubular) จากนั้นจะตามด้วยเลขซึ่งแสดงด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอด สำหรับขนาดความยาวโดยทั่วไปจะแตกต่างกันโดยมีตั้งแต่ 6-96 นิ้ว

สารเคลือบแสง สีของแสงที่เปล่งออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทางเคมีของสารเรืองแสงที่ใช้ฉาบภายในของหลอดแก้ว โดยการใช้ส่วนผสมที่แตกต่างกันไปจะทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์มีสีสีนต่างกันได้ สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์สีสีนต่าง ๆ กันนี้เมื่อยังไม่ได้เปิดสวิตช์จะยังคงมีสีขาวอยู่ ยกเว้นหลอดชนิดสีน้ำเงินเข้ม, สีทอง, สีแดง ซึ่งหลอดเหล่านี้จะฉาบเม็ดสีไว้ภายในหลอดแก้วโดยจะเคลือบสารเรืองแสงทับลงไป ส่วนหลอดชนิดสีที่ให้สีน้ำเงินออกไปทางดำ (Black light blue) เป็นหลอดชนิดพิเศษที่จะกรองเอาแสงที่มองได้ด้วยตาออกไป โดยการใช้สารเคลือบแสงชนิดต่าง ๆ กันเราจะได้สีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1

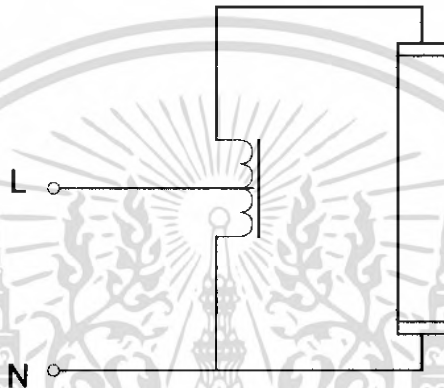
สารฟอสเฟอไรต์ที่ใช้	สีที่ได้
1 แคลเซียมบอแรก	ชมพู
2 แคลเซียมฮาโลฟอสเฟต	ขาว
3 แคลเซียมซิลิเกต	ส้ม
4 แคลเซียมทั้งสเตรจ	น้ำเงิน
5 แมกนีเซียมทั้งสเตรจ	ขาว-น้ำเงิน
6 แมกนีเซียมเกอมาเนท	แดง
7 สตรอนเดียมฮาโลฟอสเฟต	เขียวอ่อน
8 ซิงค์ซิลิเกต	เขียว

ข้อจำกัด ข้อเสียคือหลอดที่ตอนปลายของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะเป็นหลอดทังสเตนที่นำมาขัดข้ออื่นๆกันและอาจได้ด้วยสารชนิดที่จะปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมา ซึ่งอาจได้แก่แบเรียม, แคลเซียมออกไซด์ สารที่กล่าวมานี้จะปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมาเมื่อได้รับความร้อนถึงจุดทำงานของมันที่จะตกประมาณ 950 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมินี้อิเล็กตรอนจะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างอิสระโดยมีจำนวนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่สูญเสียไปที่คาโอด การปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมานี้เรียกว่า Thermionic emission เนื่องจากความร้อนเป็นตัวที่ทำให้ก่อให้เกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอนมากกว่าแรงดันไฟฟ้า คาโอดชนิดนี้เรียกว่า คาโอดร้อน (Hot cathode) ซึ่งต้องการแรงดันไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดลำอิเล็กตรอนภายในหลอดไม่มากนัก

ข้อหลอด ข้อของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดฟริสต์และแรพิดสตาร์ทจะต้องการชั่วโมง 2 ชั่วโมงที่แต่ละข้างของหลอด ส่วนชนิดสลิมไลนนั้นจะต้องการเพียง 2 ชั่วโมงเท่านั้นโดยที่ปลายของแต่ละข้างจะมีเพียงชั่วโมงเดียว

1.2 ชนิดอินสแตนต์สตาร์ท (Instant start) หรือ สลิมไลน์ (Slim line)

หลอดชนิดนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้สตาร์ทได้เร็วโดยไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ หลอดชนิดนี้ใช้บัลลาสต์ในการสตาร์ทซึ่งทำหน้าที่สร้างแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าสูงพอที่จะเกิดอิเล็กทรอนิกส์ขึ้นในทันทีซึ่งจะทำให้เกิดไหลผ่านขั้วหลอดทั้งสองได้ เนื่องหลอดชนิดนี้ไม่ต้องอุ่นไส้หลอดจึงมีขาที่ขั้วหลอดเพียงขาเดียว (Single pin base) อยู่ที่ปลายขั้วหลอด ข้อเสียของหลอดชนิดนี้คือ อายุการใช้งานของหลอดจะสั้นกว่าชนิดฟลูออโร



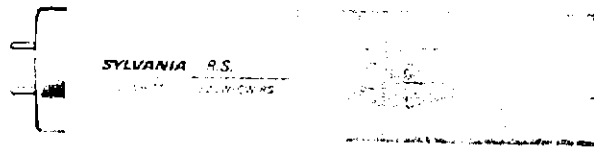
รูปที่ 2.3 แสดงการต่อวงจรของหลอดชนิดอินสแตนต์สตาร์ท



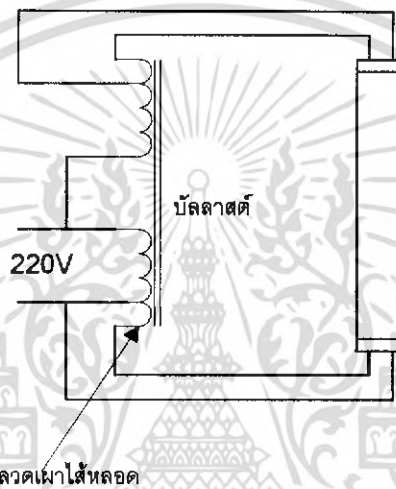
รูปที่ 2.4 แสดงหลอดชนิดอินสแตนต์สตาร์ท จะมีเพียงขั้วเดียว

1.3 หลอดชนิดแรพิดสตาร์ท (Rapid start)

เป็นหลอดที่สามารถจุดติดได้รวดเร็วและไม่มีการกระพริบ ไม่ต้องมีสตาร์ทเตอร์แต่จะต้องใช้บัลลาสต์ที่มีประสิทธิภาพสูงซึ่งเป็นบัลลาสต์ชนิดพิเศษ หลักการทำงานของหลอดก็คือใช้ขดลวดที่มีอยู่ในบัลลาสต์อุ่นไส้หลอดเอาไว้ตลอดเวลาเพื่อช่วยลดค่าแรงดันในการจุดหลอดติดให้น้อยกว่าหลอดสลิมไลน์ ขั้วหลอดชนิดนี้จะเป็นแบบพินคู่ ข้อเสียของหลอดชนิดนี้คือ หลอดและบัลลาสต์จะมีราคาแพงกว่าชนิดฟลูออโรมาก ทำให้ไม่ค่อยได้รับความนิยม



รูปที่ 2.5 แสดงหลอดชนิดแรพิดสตาร์ท



รูปที่ 2.6 แสดงการต่อวงจรหลอดชนิดแรพิดสตาร์ท

นอกจากนี้หลอดแรพิดสตาร์ทยังได้ถูกออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อให้ได้แสงสว่างมากๆ อีก 2 ประเภทคือ

-ประเภทให้แสงมาก (High output:HO) หลอดฟลูออเรสเซนต์ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ทั้ง 3 ชนิด ไม่ว่าจะเป็นฟรีซีต, สลิมไลน์, แรพิดสตาร์ท โดยถ้าเป็นหลอดขนาด T-12 จะให้พลังงานตกประมาณ 10 วัตต์/ฟุต และใช้กระแสประมาณ 430 มิลลิแอมป์ แต่หลอดชนิดนี้ สำหรับการใช้งานในที่ร่มจะใช้กระแสประมาณ 800 มิลลิแอมป์ซึ่งตกประมาณ 14 วัตต์/ฟุต แต่สำหรับการใช้งานภายนอกอาคารจะใช้กระแสประมาณ 1,000 มิลลิแอมป์ เพื่อให้แสงสว่างออกมามาก

-ประเภทให้แสงมากกว่า (Very high output:VHO) หลอด VHO นี้จะใช้กระแสประมาณ 1,500 มิลลิแอมป์ หลอดชนิดนี้ให้แสงสว่างสูงกว่าหลอดธรรมดาแต่ที่แตกต่างจากหลอด HO ก็คือเมื่อกระแสของหลอดสูงเกินกว่า 1 แอมแปร์แล้วค่าวัตต์ต่อความยาวฟุตของหลอดจะสูงมากจนก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความร้อนซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของไอปรอทสูงเกินไปและทำ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ค่าความดันไอปรอทสูงขึ้น ซึ่งจะเป็นการลดประสิทธิภาพของหลอด เพราะไอของปรอทจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดเมื่อความดันของไออยู่ระหว่าง 6-10 ไมครอน ซึ่งคิดเป็นอุณหภูมิของไอปรอทที่จะตกประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส

2. สตาร์ทเตอร์ (Starter)

ตัวสตาร์ทเตอร์มีหน้าที่ช่วยทำให้คาโอดเกิดความร้อนขึ้นหรือช่วยในการอุ่นไส้หลอด การที่หลอดฟลูออเรสเซนต์จะสว่างได้นั้นจะต้องทำให้คาโอดร้อนเพื่อให้ขั้วคาโอดปล่อยอิเล็กตรอน ตัวสตาร์ทเตอร์จะออกแบบมาเป็นสวิตช์อัตโนมัติ ซึ่งจะปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านคาโอดของหลอดช่วงระยะเวลาหนึ่งและหลังจากนั้นจะเปิดวงจรไม่ปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ขณะเปิดวงจรจะทำให้เกิดความต่างศักย์ของแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วคาโอดทั้งสองอย่างเต็มที่ สำหรับตัวสตาร์ทเตอร์ที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดพรีฮีตนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นชนิดต่างๆได้ 3 ชนิด คือ

2.1 แบบโกลว์สวิตช์ (Glow switch)

เป็นตัวสตาร์ทเตอร์ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป โดยสตาร์ทเตอร์แบบนี้ประกอบด้วย ขั้วโลหะไบเมทัลล (Bimetal) สองอันทั้งชนิดอยู่กับที่ (Movable contact) และชนิดเคลื่อนที่ได้ (Fixed contact) อยู่ภายในกระเปาะแก้ว ตามปกติขั้วโลหะทั้งสองจะไม่แตะกันภายใน สตาร์ทเตอร์บรรจุก๊าซนีออนและอาร์กอน เราต่อสตาร์ทเตอร์อนุกรมกับไส้หลอดการทำงานเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าให้แก่หลอดแรงดันไฟฟ้านี้จะตกคร่อมขั้วโลหะไบเมทัลลทั้งสองของ สตาร์ทเตอร์แรงดันไฟฟ้านี้สูงพอที่จะทำให้กระแสไฟฟ้าจำนวนเล็กน้อยวิ่งผ่านก๊าซอาร์กอนทำให้เกิดการอาร์คหรือดิสชาร์จขึ้น (Glow discharge) ระหว่างขั้วโลหะไบเมทัลลทั้งสองทำให้ขั้วโลหะร้อนเกิดการขยายตัวและแตะกันทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ กระแสจำนวนนี้จะวิ่งผ่านไส้หลอดทำให้ไส้หลอดร้อน สามารถปล่อยอิเล็กตรอนออกมาได้จากข้างหนึ่งไปสู่อีกข้างหนึ่งของไส้หลอดทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสตาร์ทเตอร์ลดลง แผ่นโลหะไบเมทัลลจะเย็นตัวลงและหดตัวแยกออกจากกัน

2.2 แบบอาศัยแรงดึงดูดแม่เหล็ก (Magnetic vibrator type)

สตาร์ทเตอร์แบบนี้ เปิดเปิดวงจรโดยอาศัยแรงแม่เหล็ก ในขณะที่คาโอดร้อน สตาร์ทเตอร์จะปิดวงจรกระแสไหลผ่านสตาร์ทเตอร์และขั้วหลอด เมื่อขั้วหลอดมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้น และเกิดอาร์คระหว่างขั้วหลอด (คาโอด) ทำให้ไม่มีกระแสไหลผ่านสตาร์ทเตอร์ สตาร์ทเตอร์ สตาร์ทเตอร์จะปิดวงจร

2.3 แบบอาศัยผลของความร้อน (Thermal starter)

แบบนี้ ขณะสตาร์ทเตอร์มีกระแสไหลผ่านตัวสตาร์ทเตอร์และขั้วหลอด สตาร์ทเตอร์ทำด้วยแผ่นไบเมทัลลอล ลักษณะเป็นแผ่นโลหะที่มีสารสองอย่าง ซึ่งมีการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนต่างกัน เมื่อมีกระแสไหลผ่านจะทำให้เกิดความร้อนขึ้น จนถึงอุณหภูมิค่าหนึ่ง จะทำให้แผ่นไบเมทัลลอลขยายตัว แยกออกจากกันเป็นการเปิดวงจร

3 บัลลัสต์ (Ballast)

บัลลัสต์ หมายถึง เครื่องประกอบซึ่งอยู่ระหว่างตัวจ่าย (Supply) กับหลอดชนิดปล่อยประจุ (Discharge lamp) ด้วยการใช้ความเหนี่ยวนำ (Inductance) ความจุไฟฟ้า (Capacity) หรือความต้านทานอย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันก็ได้ โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อควบคุมกระแสผ่านหลอดให้มีค่าเป็นไปตามที่ต้องการ

ชนิดของบัลลัสต์

หลอดที่อาศัยหลักการทำงานโดยการปล่อยประจุ (Gas discharge lamp) รวมทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์จำเป็นต้องทำงานร่วมกับบัลลัสต์ ซึ่งหน้าที่หลักของบัลลัสต์ก็คือสร้างแรงดันสูงขณะเริ่มทำงานเพื่อจุดหลอดและควบคุมกระแสผ่านหลอดเมื่อหลอดทำงานปกติ ดังนั้นบัลลัสต์ที่ใช้ควรจะมีคุณภาพเพราะจะมีผลต่อปริมาณแสงและอายุการใช้งานของหลอด ชนิดของบัลลัสต์สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1 รีซิสเตอร์บัลลัสต์ (Resistor ballast)

เป็นบัลลัสต์ที่ใช้ความต้านทาน (Resistor) เบียดจำกัดกระแสแต่การใช้ค่าความต้านทานจะทำให้การจุดติดของหลอดค่อนข้างช้าและเกิดกำลังไฟสูญเสียมาก จึงทำให้บัลลัสต์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพต่ำ

2 อินดักเตอร์บัลลัสต์ (Inductor ballast)

เป็นบัลลัสต์ที่นิยมใช้กันทั่วไป แต่การออกแบบจะต้องออกแบบให้สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าหรือกระแสให้เหมาะสมกับหลอดที่ใช้เพราะจะมีผลต่ออายุการใช้งานของหลอด บัลลัสต์ชนิดนี้จะช่วยสร้างแรงดันสูงขณะจุดไส้หลอดจึงทำให้หลอดติดสว่างได้เร็วขึ้น

3 ซีรี่ส์คัปคาซิเตอร์บัลลัสต์ (Series choke capacity ballast)

การนำคาปาซิเตอร์มาต่ออนุกรมกับขดลวดสามารถนำไปใช้กับหลอดที่มีความยาวมากๆ ได้ซึ่งปกติไม่สามารถทำงานได้ที่แรงดันปกติโดยใช้อินดักเตอร์บัลลัสต์เพียงอย่างเดียวได้ บัลลัสต์ชนิดนี้จะให้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ประมาณ 0.9 Leading

4 ลีคเกจ รีแอกแตนซ์ ทรานส์ฟอร์มเมอร์บัลลัสต์ (Leakage reactance transformer ballast)

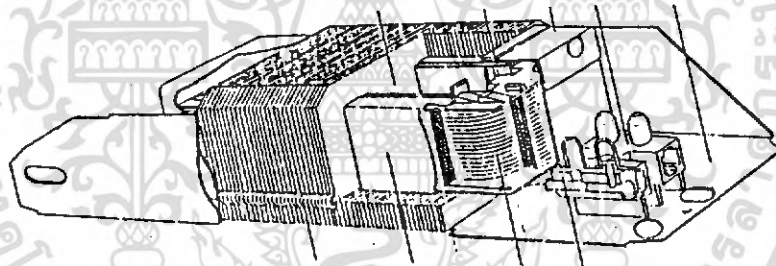
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดบางประเภทไม่สามารถจุดติดสว่างได้ที่แรงดันปรกติ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้หม้อแปลงเพื่อเพิ่มแรงดันด้าน Secondary ซึ่งขนาดของแรงดันจะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของหลอด

สำหรับบัลลาสต์ที่ใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ อินดักเตอร์บัลลาสต์ ดังนั้นจะขอกกล่าวถึงบัลลาสต์ชนิดนี้เพียงอย่างเดียว

1. อินดักเตอร์บัลลาสต์

โครงสร้างและส่วนประกอบของอินดักเตอร์บัลลาสต์มีลักษณะดังรูปที่ 2 ส่วนประกอบหลักของบัลลาสต์ประกอบด้วยแกนเหล็กบาง (Laminated iron) ลวดทองแดงอาบน้ำยา (Enamelled Copperwire) และการฉนวน (Insulation) ซึ่งส่วนประกอบดังกล่าวทั้งหมดจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพและสมรรถนะของบัลลาสต์โดยตรง บัลลาสต์ที่ออกแบบซึ่งแรกทีควรคำนึงถึงคือ ควรมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียไป ค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นจะเกิดจากความต้านทานของขดลวดที่ใช้พันซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้งานของตัวบัลลาสต์จะยังเกิดจากค่าฮีสเทอรีซิส (Hysteresis) และกระแสไหลวนในแกนเหล็ก (Eddy Current)



รูปที่ 2.7 ลักษณะโครงสร้างของอินดักเตอร์บัลลาสต์

บัลลาสต์ชนิดนี้ประกอบด้วยลวดทองแดงชนิดที่เคลือบด้วยสารที่ทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้าพันบนแกนเหล็กชนิดที่มีค่าความซึมซาบของสนามแม่เหล็ก (Permeability) สูงซึ่งส่วนใหญ่หรือทั้งหมดจะทำจากซิลิกอน แล้วรีดให้เป็นแผ่นบาง (Laminated silicon iron) การที่ใช้เหล็กซิลิกอนนั้นเพราะว่าค่าสูญเสียเมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิตอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม เหล็กซิลิกอนแต่ละแผ่นจะฉาบหรือคั่นด้วยฉนวนไฟฟ้าเพื่อเป็นการลดค่าสูญเสียเนื่องมาจากกระแสไหลวน นอกจากนั้นจำเป็นต้องมีช่องอากาศ (Airgap) เพื่อป้องกันการอิ่มตัวของเส้นแรงแม่เหล็ก (Flux saturation) และอาจจำเป็นต้องฉาบด้วยวานิช (Varnish) น้ำยาคอมพาวด์ (Compound) หรือเรซิน (Resin) เพื่อเป็นการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจจะเกิดขึ้นได้

ลักษณะการพันของขดลวดอาจเป็นแบบเชลล์ (Shell type) หรือแบบคอร์ (Core type) ส่วนการพันตามแนวยาวหรือแนวขวางขึ้นอยู่กับลักษณะของบัลลาสต์ที่ออกแบบขดลวดจะพันอยู่กับบอบบี้ (Bobbins) ที่ทำด้วยพลาสติกจนวนที่เคลือบลวดทองแดงจะถูกกำหนดให้ใช้งานที่อุณหภูมิค่าหนึ่ง (Operating temperature) ซึ่งค่านี้จะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของบัลลาสต์เพราะอายุการใช้งานของบัลลาสต์จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ขดลวดสามารถรับได้หากเลือกขดลวดที่สามารถรับอุณหภูมิได้สูงก็จะทำให้อายุการใช้งานนานขึ้น ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับอายุการใช้งานจะมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$L = ke^{D/T}$$

เมื่อ

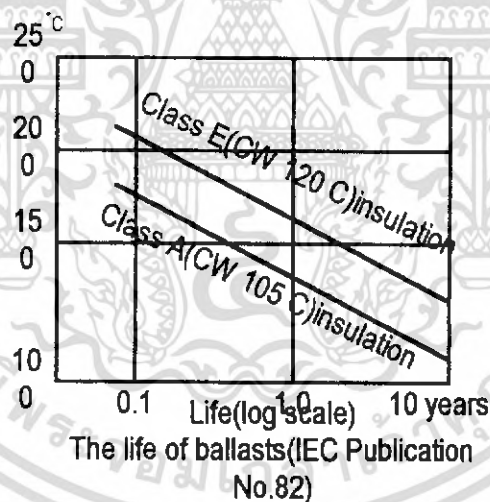
L = อายุการใช้งานของฉนวน

T = ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ของฉนวน

D = เป็นค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้

K = เป็นค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับหน่วยที่เลือกใช้ของวัสดุ

หากพล็อตค่า 1/T ตามค่า Log scale ของอายุการใช้งานของการฉนวนจะได้ดังรูปที่ 2.8



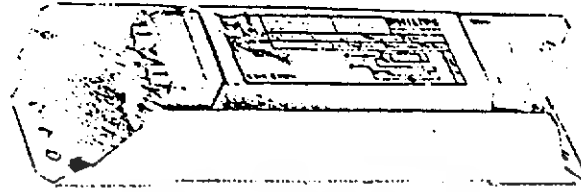
รูปที่ 2.8 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับอายุการใช้งาน

ประเภทของอินดักเตอร์บัลลาสต์

1. บัลลาสต์เพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำ (Low power factor ballast)

โครงสร้างโดยทั่วไปประกอบด้วยขดลวด (Choke) พันบนแกนเหล็กซึ่งออกแบบมาสำหรับการทำบัลลาสต์โดยเฉพาะ บัลลาสต์ประเภทนี้จะต้องใช้ร่วมกับสตาร์ทเตอร์ ในการจุดไส้หลอดจึงทำให้หลอดสว่างได้ และเนื่องจากเป็นบัลลาสต์เพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำซึ่งปกติจะมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ประมาณ 0.35-0.55 จึงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียค่อนข้างมาก บัลลาสต์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทนี้เหมาะสำหรับใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดฟรีซีต นิยมใช้ในอาคารบ้านเรือนและสำนักงานทั่วไปเนื่องจากมีราคาไม่แพงนัก ขนาดของบัลลาสต์จะแบ่งตามขนาดของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้มีขนาดตั้งแต่5-40 วัตต์



รูปที่2.9 แสดงรูปร่างของบัลลาสต์เพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำ

-บัลลาสต์เพาเวอร์แฟคเตอร์สูง (High power factor ballast)

เป็นบัลลาสต์ที่ได้รับการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้สูงขึ้นโดยการต่อค่าคาปาซิเตอร์ร่วมกับขดลวด ซึ่งการต่อค่าคาปาซิเตอร์นั้นมีทั้งต่อแบบอนุกรมและแบบขนานโดยเมื่อมีการปรับปรุงแล้วจะมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ประมาณ 0.6-0.9



รูปที่2.10 แสดงรูปร่างของบัลลาสต์เพาเวอร์แฟคเตอร์สูง

บัลลาสต์เพาเวอร์แฟคเตอร์สูงยังแบ่งตามชนิดของหลอดที่ใช้กันได้ 3 ชนิดคือ

1. ชนิดที่ใช้กับหลอดคาโทดเย็น (Rapid start)

บัลลาสต์ที่ใช้กับหลอดชนิดนี้ไม่ต้องอาศัยสตาร์ทเตอร์ในการจุดไส้หลอด เนื่องจากภายในตัวบัลลาสต์จะมีขดลวดชุดหนึ่งสำหรับจ่ายแรงดันต่ำประมาณ 3 โวลต์เข้าที่ขั้วหลอดเพื่ออุ่นไส้หลอดพร้อมที่สว่างต่อไป

2. ชนิดที่ใช้กับหลอดฮิสเตนัทสตาร์ท

บัลลาสต์ชนิดนี้จะอาศัยการสร้างแรงดันสูงจ่ายที่ขั้วหลอดทั้งสองข้างเพื่อทำให้เกิดการ break down ของก๊าซภายในกระเปาะแก้วและทำให้เกิดขบวนการแสงสว่างขึ้น

3. ชนิดที่ใช้กับหลอดความดันสูง (High intensity discharge:HID)

โครงสร้างส่วนใหญ่จะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

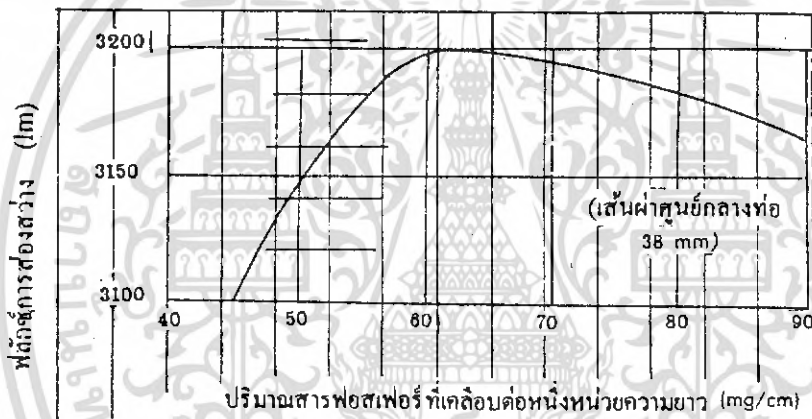
2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน (Cost saving lamp)

2.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบธรรมดาชนิดประหยัดพลังงาน

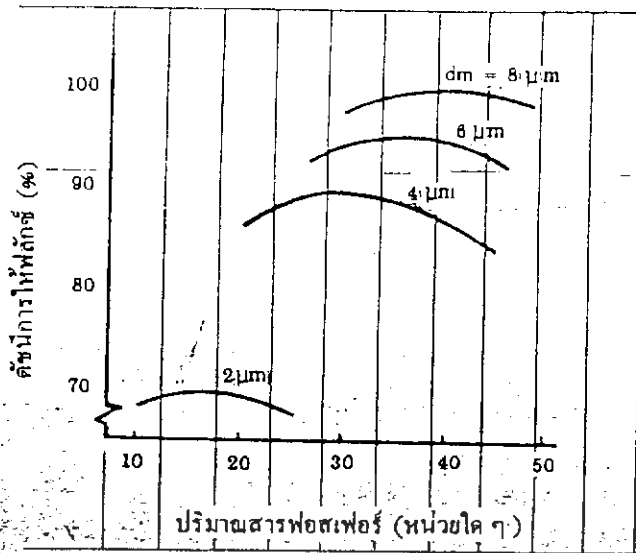
หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้มีรูปร่างและโครงสร้างของหลอดจะมีลักษณะเหมือนกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา เพียงแต่จะได้มีการปรับปรุงค่าต่างๆไปเพื่อที่จะให้ได้คุณสมบัติการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยได้ทำการปรับปรุงค่าต่างๆดังนี้

- ปรับความหนาแน่นของสารฟอสเฟอร์ที่เหมาะสม
- ปรับปรุงก๊าซที่บรรจุ
- ปรับปรุงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดให้เหมาะสม

2.1.1 การปรับปรุงความหนาแน่นของสารฟอสเฟอร์ให้เหมาะสม ความหนาแน่นของสารฟอสเฟอร์ที่خابไว้ที่ผิวของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีผลต่อฟลักซ์การส่องสว่างตามที่แสดงดังรูปที่ 2.11



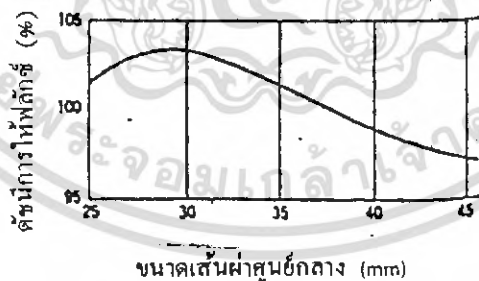
รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ของปริมาณสารฟอสเฟอร์ต่อหนึ่งหน่วยความยาวกับฟลักซ์การส่องสว่าง ปัจจุบันนี้ได้มีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของสารฟอสเฟอร์และฟลักซ์การส่องสว่าง ซึ่งได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดดังแสดงดังรูปที่ 2- และขนาดของสารฟอสเฟอร์ที่เหมาะสมที่สุดเป็น 8 ไมครอน สารฟอสเฟอร์ที่เคลือบผิวของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงานนี้ได้ใช้สารที่เรียกว่า “สารไตรโครม-ฟอสเฟอร์” ซึ่งเป็นสารเคมีชนิดใหม่ซึ่งจะทำให้ฟลักซ์แสงสว่างที่ได้จากหลอดประหยัดพลังงานมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา



รูปที่ 2.12 ปริมาณสารฟอสเฟออร์และดัชนีการให้ฟอสฟอรัส

2.1.2 การปรับปรุงก๊าซที่บรรจุ เท่าที่ผ่านมาก๊าซที่ทำให้บรรจุในหลอดฟลูออเรสเซนต์ส่วนใหญ่จะใช้ไอปรอทและก๊าซอาร์กอนซึ่งเป็นการเฉื่อย แต่เมื่อเติมคลิปลัตนลงไปจะทำให้แรงดันของหลอดต่ำลงซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้น ดังนั้นปัจจุบันจึงใช้ก๊าซผสมระหว่าง นีออน อาร์กอน คลิปลัตน บรรจุลงในหลอดฟลูออเรสเซนต์ประหยัดพลังงาน

2.1.3 การปรับปรุงเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอด โดยทั่วไปขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดและประสิทธิภาพการส่องสว่างจะมีความสัมพันธ์กันดังนี้ ถ้าขนาดของหลอดเล็กลงการสูญเสียอิเล็กตรอน (ion) ที่ผนังของหลอดจะมีมากทำให้ประสิทธิภาพการส่องสว่างลดลง และถ้าขนาดของหลอดใหญ่เกินไปจะทำให้การดูดกลืนของไอปรอท (ทำให้แสงอุลตราไวโอเลตสูงขึ้น) ทำให้ประสิทธิภาพการส่องสว่างลดลง เพราะฉะนั้นจะมีค่าขนาดที่เหมาะสมและขนาดที่เหมาะสมนี้จะเปลี่ยนไปตามขนาดกำลังของหลอด รูปที่ 2.13 แสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว

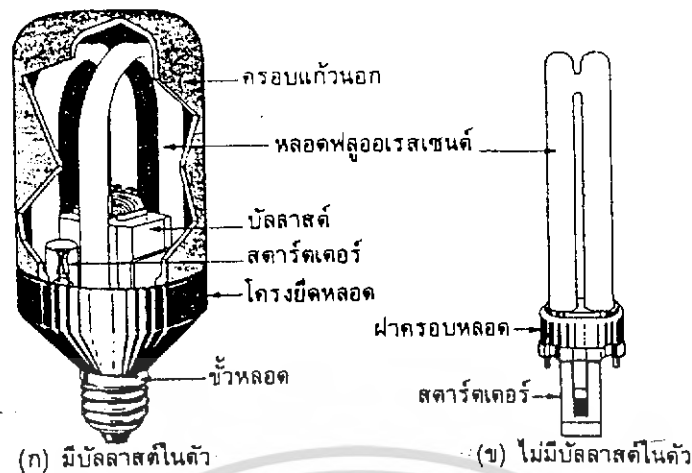


รูปที่ 2.13 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดและดัชนีการให้ฟอสฟอรัส

2.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็กสำเร็จรูป (Compact fluorescent lamp)

หลอดชนิดนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้แทนหลอดอินแคนเดสเซนต์และเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน หลอดชนิดนี้มีทั้งแบบที่มีบัลลาสต์ในตัวเป็นชุดสำเร็จรูปและแบบที่แยกบัลลาสต์ออกมาต่างหากดังรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็กสำเร็จรูป

หลอดชนิดนี้ได้รวมเอาคุณสมบัติที่ดีของหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดอินแคนเดสเซนต์เข้าด้วยกัน กล่าวคือ หลอดอินแคนเดสเซนต์มีข้อดีดังนี้คือ ขนาดกระทัดรัด เปิดติดทันที และใช้งานสะดวก ส่วนหลอดฟลูออเรสเซนต์มีข้อดีคือ อายุการใช้งานยาว ประสิทธิภาพทางส่องสว่างสูง หลอดชนิดนี้มี 2 ชนิดที่พบเห็นกันมากคือ

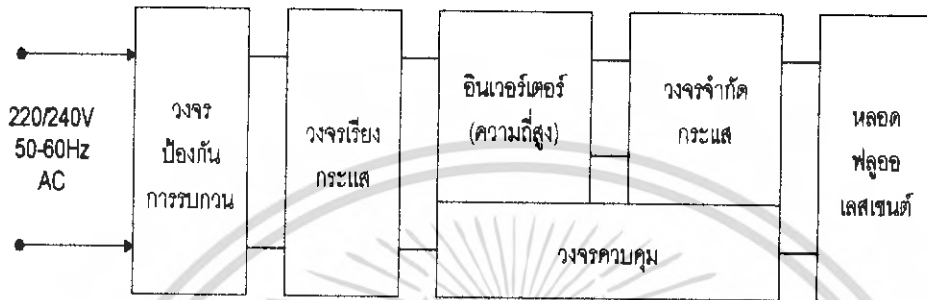
2.2.1 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ที่นำไปใช้แทนหลอดไส้โดยตรง เนื่องจากขั้วหลอดเป็นแบบเดียวกัน หลอดชนิดนี้มีบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์อยู่ในตัวความร้อนที่เกิดขึ้นจากหลอดมาน้อยมากสำหรับชื่อทางการค้าของหลอดชนิดนี้ของบริษัท ฟิลิปส์ คือ เอสแอล (SL)

2.2.2 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กับบัลลาสต์ภายนอก หลอดชนิดนี้จะมีทั้งแบบสตาร์ทเตอร์ในตัวหลอดและอยู่ภายนอกหลอด เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 12 มิลลิเมตร สำหรับชื่อทางการค้าของบริษัทฟิลิปส์ คือ หลอด พีแอล (PL)

บทที่ 3

(ทฤษฎีวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์)

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ก็เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชิ้นหนึ่ง ที่มีวงจรภายในได้หลายแบบ แต่โดยหลักๆ แล้วจะประกอบด้วย วงจรภายในส่วนต่างดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบภายในของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตจากยุโรป มีราคาแพงมาก ส่วนบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตจากไต้หวัน ,ฮ่องกง ,สิงคโปร์ หรือไทย จะมียุโรปถูกกว่า 50% แต่นอกเหนือจากราคาที่ต่างกันแล้ว คุณภาพก็ต่างกันมากด้วย ในยุโรปบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จัดเป็นอุปกรณ์ที่ต้องมีการควบคุมคุณภาพ ให้ได้ตามมาตรฐาน ให้เกิดความปลอดภัยและไม่เกิดฮาร์มอนิกส์เกินปริมาณที่กำหนด แต่ในอีกหลายประเทศยังไม่มีมาตรฐานควบคุมคุณภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งรวมถึงประเทศไทยด้วย จึงทำให้เกิดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ราคาถูกที่มักจะขาดส่วน วงจรป้องกันการรบกวน (Interference Suppressor) ที่เป็นส่วนใช้จำกัดแรงดันรบกวนและลดฮาร์มอนิกส์ วงจรส่วนนี้มีความสำคัญมากสำหรับความปลอดภัยในการใช้งานในระบบไฟฟ้า ดังนั้นหากท่านจะใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ควรคำนึงถึงคุณภาพ มาตรฐาน และความปลอดภัยในการใช้งานด้วย

วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 6 ส่วน

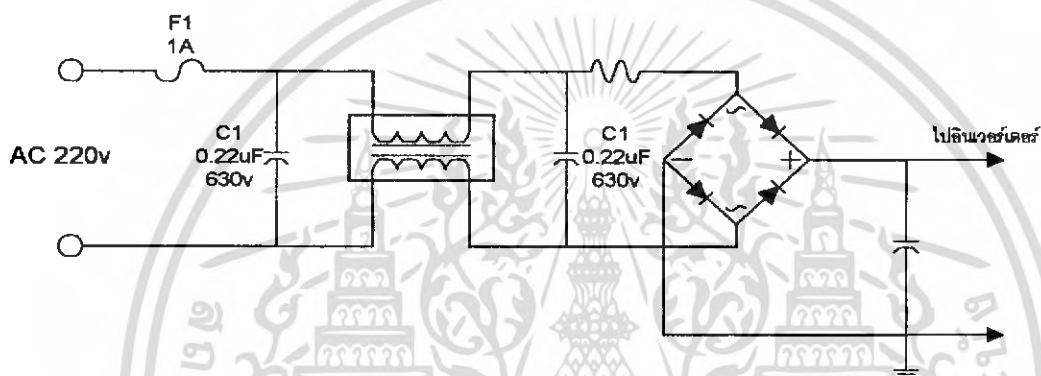
- 3.1 เรกตีไฟเออร์(Rectifier) และฟิลเตอร์(Filer)
- 3.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา
- 3.3 วงจรสแน็บเบอร์(Snubber)
- 3.4 หม้อแปลงความถี่สูง
- 3.5 ฟาสต์-รีคัฟเวอรีไดโอด(Fast Recovery Diode)
- 3.6 วงจรขับด้วยมอสเฟต(Mosfet)

3.1 เรกติไฟเออร์(Rectifier) และอินพุท ฟิลเตอร์(Input Filter)

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์โดยส่วนใหญ่จะถูกออกแบบมาใช้กับระบบแรงดันไฟสลับ 110 โวลต์ หรือ 220 โวลต์ แรงดันจะถูกแปลงให้เป็นไฟตรงเสียก่อนด้วยวงจรในส่วนอินพุทของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อส่งต่อไปยังภาคอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงให้เป็นไฟสลับ การจัดวงจรที่อินพุทของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 โดยส่วนอินพุทแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

3.1.1 เรกติไฟเออร์(Rectifier)

3.1.2 RFI ฟิลเตอร์(RFI Inter Filter)



รูปที่ 3.2 วงจรเรกติไฟเออร์และฟिलเตอร์

3.1.1 เรกติไฟเออร์ (Rectifier)

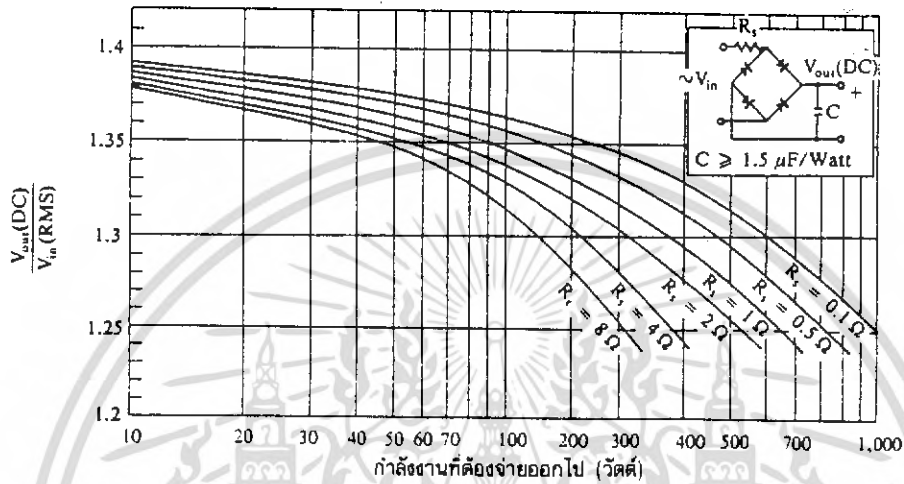
เรกติไฟเออร์นับเป็นส่วนสำคัญที่สุดของวงจรในส่วนอินพุทของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ และจะเป็นตัวกำหนดค่าอัตราทนกระแสของฟิวส์และ RFI ฟิลเตอร์ เรกติไฟเออร์จะประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญ 3 ตัวคือ ตัวต้านทานจำกัดกระแส R_s ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ C และไดโอดเรกติไฟเออร์ มีหน้าที่หลักคือ เปลี่ยนแรงดันไฟสลับให้เป็นไฟตรงเพื่อเป็นแรงดันอินพุทให้กับคอนเวอร์เตอร์ต่อไป

3.1.1.1 ตัวต้านทานจำกัดกระแส R_s

ตัวต้านทานจำกัดกระแส R_s จะมีประโยชน์มากในวงจรเรกติไฟเออร์ R_s จะเป็นตัวจำกัดกระแสกระชากที่เกิดขึ้นในวงจร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาเริ่มเปิดเครื่องให้ทำงาน ตัวเก็บประจุขณะชาร์จจะเหมือนมีการลัดวงจรขึ้น ถ้าค่าของตัวเก็บประจุสูงก็จะทำให้เกิดกระแสกระชากขณะเปิดเครื่องสูงด้วย การกำหนดค่าความต้านทานจำกัดกระแส R_s ไว้ในวงจรจะทำให้การไหลของกระแสขณะเปิดเครื่องเป็นไปอย่างช้าๆ และลดกระแสกระชาก ตัวต้านทาน R_s ในวงจรเรกติไฟเออร์จำเป็นต้องมีการกำหนดค่าอย่างเหมาะสม เนื่องจากในวงจรเรกติไฟเออร์ที่มีตัวเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บประจุฟิลเตอร์นั้น ค่าของแรงดันที่ได้ของวงจรจะขึ้นกับค่าของ R_s และกำลังงานที่ต้องจ่ายออกไป ดังแสดงในรูปที่ 3.3

การต่อตัวต้านทานจำกัดกระแส R_s จะทำให้ประสิทธิภาพของบัสลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ลดลง เนื่องจากการเกิดการสูญเสียในตัวต้านทาน R_s การกำหนดค่าของ R_s จึงต้องพิจารณาจากความเหมาะสมระหว่างการลดกระแสกระชาก และประสิทธิภาพการทำงานของบัสลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ด้วย



รูปที่ 3.3 แสดงค่าแรงดันไฟตรงเฉลี่ยเอาต์พุตของวงจรเรกติไฟเออร์ที่ได้ ที่โหลดและตัวต้านทานจำกัดกระแส R_s ค่าต่างๆ

3.1.1.2 ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ C

ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ C จะเป็นตัวกรองแรงดันไฟตรงที่ได้จากการเรียงกระแสของไดโอด $D_1 - D_4$ ให้มีค่าเรียบมากขึ้น และช่วยให้กระแสที่ได้มีค่าเพียงพอตามที่อินเวอร์เตอร์ต้องการ การทำงานของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ C ในวงจรเรกติไฟเออร์ จะเป็นในลักษณะของการการชาร์จประจุและคายประจุ ดังรูปที่ 3.4

ค่ากระแสขณะชาร์จประจุและคายประจุจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับค่าความจุของตัวเก็บประจุ C และภาวะของโหลดที่เอาต์พุตของเรกติไฟเออร์ รูปที่ 3.5(ก) และ 3.5(ข) จะแสดงค่าของกระแส RMS อินพุต และค่ากระแส RMS ของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ C ต่อค่ากระแสประสิทธิผล

I_e ที่อินพุตของวงจรเรกติไฟเออร์ โดยที่

$$I_e = \frac{P_{IN}}{V_{IN_{rms}}} \quad \dots\dots (3.1)$$

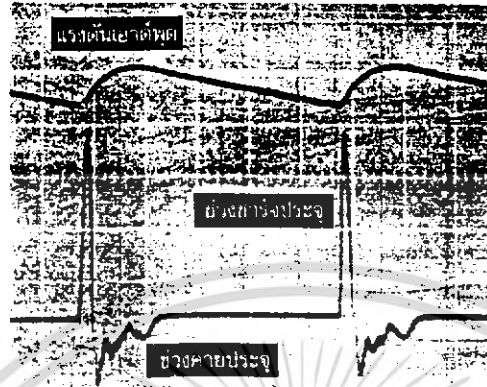
เมื่อ I_e คือ ค่ากระแสประสิทธิผลที่อินพุต เป็นอาร์เอ็มเอสแอมป์

P_{IN} คือ กำลังที่จ่ายเข้าทางด้านอินพุต เป็นวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$V_{IN_{rms}}$ คือ ค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสที่อินพุท เป็นอาร์เอ็มเอสโวลต์
 ส่วน R_{sf} คือค่าแฟกเตอร์ของตัวต้านทาน R_s หาได้จาก

$$R_{sf} = R_s P_{IN} \dots\dots (3.2)$$



รูปที่ 3.4 แสดงการชาร์จประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ในวงจรเรกติไฟเออร์

การพิจารณาเลือกตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ C สำหรับวงจรเรกติไฟเออร์

หากพิจารณาจากรูปที่ 3.3 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรฟลู-บริดจ์เรกติไฟเออร์ที่ค่ากำลังงานต่างๆ ของวงจร ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ในวงจรจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 1.5 ไมโครฟารัดต่อวัตต์ อย่างไรก็ตาม ในการใช้งานจริงแล้วการกำหนดตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ด้วยเงื่อนไขเพียงเท่านั้นยังไม่เพียงพอเมื่อวงจรเรกติไฟเออร์นั้นใช้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ การพิจารณาเลือกค่าตัวเก็บประจุฟิลเตอร์จำเป็นจะต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ดังต่อไปนี้ด้วยคือ

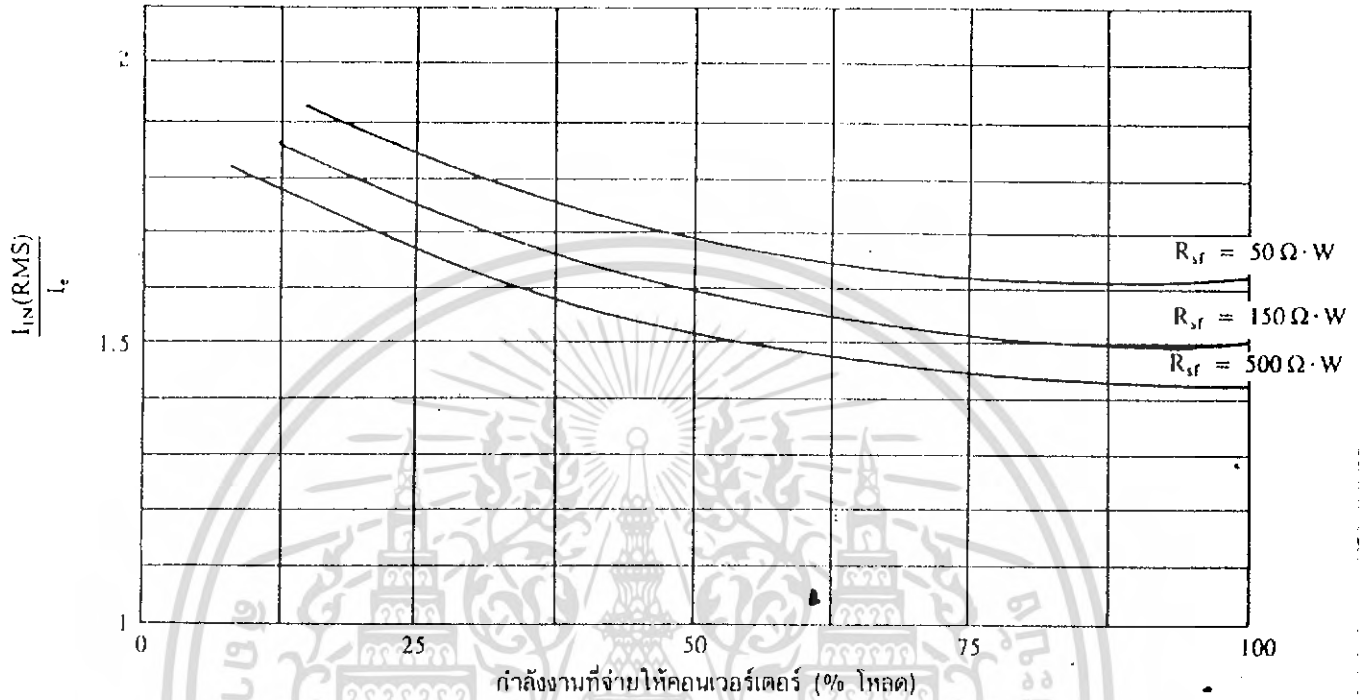
1. อัตราทนกระแสระลอกของตัวเก็บประจุ (RMS Ripple Current Rating)
2. ค่าแรงดันกระเพื่อมที่เอาต์พุตของวงจรเรกติไฟเออร์ (Ripple Voltage)
3. ช่วงเวลาโฮลด์อัพที่ต้องการ (Holdup Time)
4. อัตราทนแรงดันของตัวเก็บประจุ
5. ขนาดและราคา

1. อัตราทนกระแสระลอก

อัตรากระแสระลอกในตัวเก็บประจุฟิลเตอร์เกิดจากการชาร์จและคายประจุของตัวเก็บประจุเองดังรูปที่ 3.4 ค่ากระแสระลอกของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์อาจหาได้จากค่ากระแสประสิทธิผล I_r ของวงจรเรกติไฟเออร์และกราฟในรูปที่ 3.5(ข)

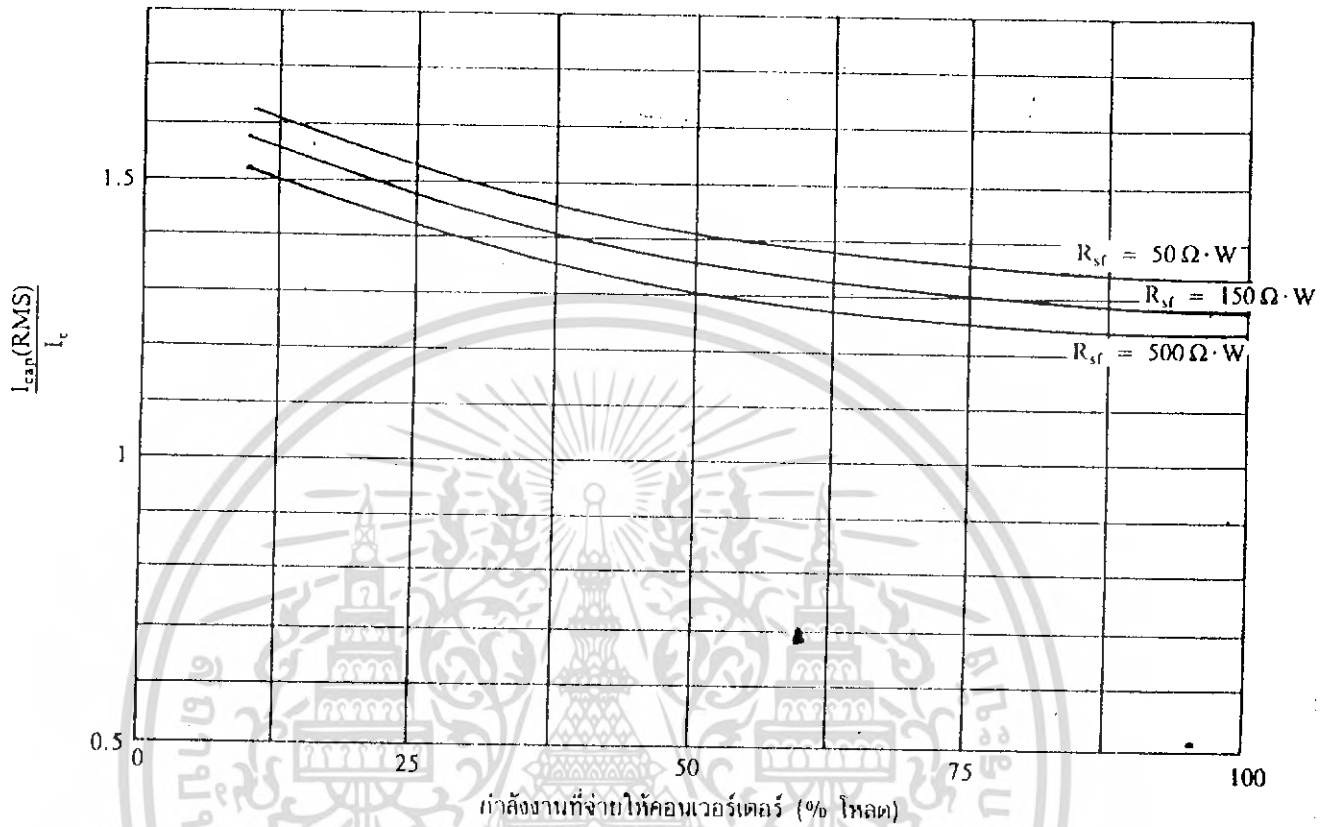
กระแสระลอกในตัวเก็บประจุจะทำให้ตัวเก็บประจุร้อนและลดอายุการใช้งานของตัวเก็บประจุลงได้ ปกติผู้ผลิตจะระบุอัตราทนกระแสระลอกของตัวเก็บประจุมาในดาต้าชีต ตัวอย่างค่าอัตราทนกระแสระลอกของตัวเก็บประจุแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



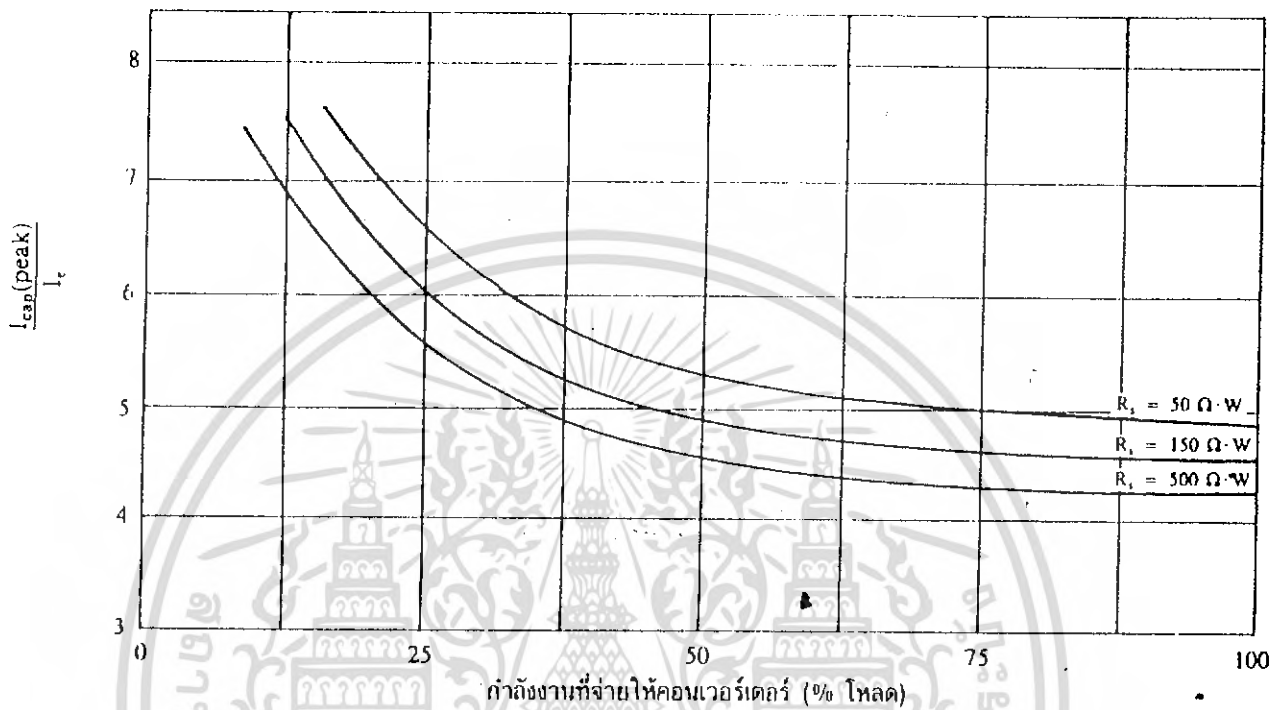
รูปที่ 3.5(n) แสดงค่ากระแส RMS ที่ผ่านเรกติไฟเออร์เมื่อเปรียบเทียบกับค่าประสิทธิผล I_e ต่อกำลังงานที่เรกติไฟเออร์ต้องจ่ายออกไปให้อินเวอร์เตอร์ (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโหลดสูงสุด) ที่ค่า R_{sf} ต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5(ข) แสดงค่ากระแสระลอก(RMS) ที่ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของกระแสประสิทธิผล I_e ต่อกำลังที่เรกติไฟเออร์ต้องจ่ายออกไปให้อินเวอร์เตอร์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่ากระแสไหลสูงสุด) ที่ค่า R_{sf} ต่างๆกัน(ที่มา : Billings)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5(ค) แสดงค่ากระแสสูงสุดที่ผ่านตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของกระแสประสิทธิผล I_c ต่อกำลังที่เรกติไฟเออร์ต้องจ่ายออกไปให้ อินเวอร์เตอร์ (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่ากระแสโหลดสูงสุด) ที่ค่า R_{sf} ต่างๆกัน (ที่มา : Billings)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VDC UF	63	80	100	160	200	250	315	350	400	450
0.1										
0.22										
0.33										
0.47			9							
0.68			13							
1.0			17		20		23	24	26	29
1.5			22							
2.2			27		30	32	38	38	43	48
3.3			44	45	47	47	53	57	65	71
4.7	35		50	55	55	55	61	71	80	88
6.8	48		75	72	70	78	77	88	105	121
10	60		100	89	90	100	107	124	153	175
15	90	120	135	132	125	145	143	161	196	220
22	120		170	175	175	180	200	225	262	288
33	155	160	210	220	220	235	265	296	315	
47	210	220	320	295	300	330	343	357		
68	275	290	400	400	380	440				
100	340	360	470	505	520	550				

ตาราง 3.1 ตัวอย่างอัตราทนกระแสแรงดันสูงสุดของตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์ ที่ค่าความจุและอัตราทนแรงดันขนาดต่าง ๆ

การเลือกใช้ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ C จะต้องให้มีค่าอัตราทนกระแสแรงดัน มากกว่ากระแสแรงดันที่คำนวณได้ เพื่อไม่ให้ตัวเก็บประจุร้อนขณะทำงาน ในกรณีที่กระแสแรงดันมีค่าสูง การใช้ตัวเก็บประจุขนานกันหลายตัวจะช่วยเพิ่มอัตราทนกระแสแรงดันให้กับตัวเก็บประจุได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แรงดันกระเพื่อมที่เอาต์พุตของเรกติไฟเออร์

การกระเพื่อมที่แรงดันเอาต์พุตของเรกติไฟเออร์จะมีผลโดยตรงต่อการทำงานของอินเวอร์เตอร์ในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ การกระเพื่อมที่แรงดันที่เอาต์พุตทำให้แรงดันที่อินพุตของอินเวอร์เตอร์มีค่าไม่คงที่ หากยอมให้แรงดันกระเพื่อมที่เอาต์พุตของเรกติไฟเออร์มีค่ามากก็จะลดความสามารถในการคงค่าแรงดันที่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ลงไป และทำให้ช่วงแรงดันไฟสลับอินพุตของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แคบลง ปกติการออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะยอมให้เรกติไฟเออร์มีค่าแรงดันกระเพื่อมได้ไม่เกิน 10% ของค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากรูปที่ 3.3

ค่าของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ C เพื่อให้ค่าแรงดันกระเพื่อมไม่เกินกำหนด อาจคำนวณได้จาก

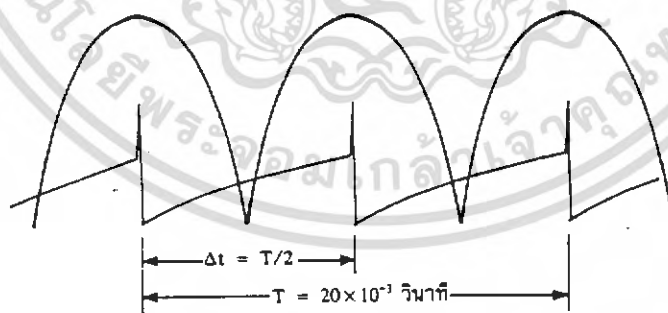
$$C = \frac{I_e \cdot \Delta t}{\Delta V_{ripple}} \quad \dots\dots(3.3)$$

เมื่อ I_e คือ ค่ากระแสประสิทธิผลของวงจรเรกติไฟเออร์

Δt คือ ช่วงเวลาที่ C คายประจุ

ΔV_{ripple} คือ ค่ายอดถึงยอดของแรงดันกระเพื่อมที่เอาต์พุตของเรกติไฟเออร์

หมายเหตุ เพื่อให้ง่ายในการคำนวณค่าของ C ช่วงเวลาที่คายประจุ Δt อาจจะถูกกำหนดจากช่วงยอดสูงสุดของคลื่นลูกหนึ่งไปยังอีกลูกหนึ่งของแรงดันที่ได้จากไดโอดเรกติไฟเออร์ ดังในรูปที่ 3.6 ดังนั้นค่าเวลา Δt จะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของคาบเวลาของแรงดันไฟสลับนั่นเอง (10×10^{-3} วินาทีที่ความถี่ไฟสลับ 50 เฮิร์ตซ์)



รูปที่ 3.6 แสดงการประมาณค่าเวลาในการคายประจุของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ ให้มีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของคาบเวลาของแรงดันไฟสลับเพื่อสะดวกในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ช่วงเวลาไฮลด์อัฟ

ช่วงเวลาไฮลด์อัฟ เป็นช่วงเวลาที่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ยังสามารถคงค่าแรงดันที่เอาต์พุตได้ตามปกติที่โหลดสูงสุดเมื่อมีการหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับหรือค่าแรงดันไฟสลับต่ำกว่ากำหนด และเพื่อให้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าเวลาไฮลด์อัฟ ตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์จะต้องมีค่ามากพอเพื่อจ่ายกระแสให้กับอินเวอร์เตอร์เมื่อมีการหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับ ค่าของ C เพื่อให้เกิดช่วงเวลาไฮลด์อัฟอาจหาได้จาก

$$C = \frac{2P_o t_H}{\eta(V_s^2 - V_f^2)} \dots\dots(3.4)$$

เมื่อ P_o คือ ค่ากำลังงานสูงสุดที่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์

η คือ ค่าประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์

V_s คือ ค่าแรงดันที่ตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์ก่อนหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับ

V_f คือ ค่าแรงดันที่ตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์หลังหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับ

t_H คือ ค่าช่วงเวลาไฮลด์อัฟที่ต้องการ(โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 20×10^{-3}

วินาที ถึง 50×10^{-3} วินาที)

4. อัตราทนแรงดัน

ตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์ต้องทนแรงดันได้อย่างต่ำที่ค่าแรงดันไฟตรงเอาต์พุตของเรกติไฟเออร์แต่เพื่อความปลอดภัยควรเผื่อค่าอัตราทนแรงดันของตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์ไว้อย่างน้อยที่ค่าแรงดันไฟตรงสูงสุดที่เป็นไปได้ของอินเวอร์เตอร์ เช่น บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีแรงดันไฟสลับอินพุต 187-264 โวลต์ ตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์ควรมีอัตราทนแรงดันอย่างต่ำที่ 385 โวลต์ หรือ 400 โวลต์ เป็นต้น

5. ขนาดและราคา

ตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์ปกติจะเป็นชนิดอิเล็กโทรไลต์ ที่อัตราทนแรงดันสูงๆ ตัวเก็บประจุอิเล็กโทรไลต์จะมีขนาดใหญ่และมีราคาแพง การเลือกตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์ที่มีอัตราทนแรงดันและค่าความจุสูงเกินไป จะเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเกินความจำเป็น กินเนื้อที่และเพิ่มขนาดของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ขนาดและราคาจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องพิจารณาก่อนเลือกตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์ด้วยเช่นกัน

3.1.1.3 ไดโอดเรกติไฟเออร์

การเลือกใช้ไดโอดเรกติไฟเออร์มีข้อควรพิจารณาดังต่อไปนี้

1. ค่ากระแสกระชาก I_{FSM} (Maximum Surge Current)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสระชากรสูงสุดที่ผ่านไดโอดเรกติไฟเออร์จะเกิดขึ้นขณะเปิดเครื่องเมื่อตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ยังไม่มีประจุสมอยู่ ค่ากระแสระชากรสูงสุดอาจคำนวณได้จาก

$$I_{FSM} = \frac{V_{peak}}{(R_s + ESR)} \quad \dots\dots(3.5)$$

- เมื่อ V_{peak} คือ แรงดันยอดสูงสุดของไฟสลัปอินพุต
- ESR คือ ค่าความต้านทานแฝงในตัวเก็บประจุค่าต่ำสุด
- R_s คือ ค่าของตัวต้านทานจำกัดกระแส

โดยทั่วไปแล้วไดโอดเรกติไฟเออร์จะมีค่าทวนอัตราทวนกระแสระชากร I_{FSM} ประมาณ 20-30 เท่าของอัตราทวนกระแสเฉลี่ยขณะถูกไบอัสตรงของมัน ไดโอดเรกติไฟเออร์ที่ใช้จะต้องมีอัตราทวนกระแสระชากรมากกว่าที่คำนวณได้จากสมการที่ (3.5) ค่ากระแสระชากร I_{FSM} อาจลดลงโดยการเพิ่มค่าของ R_s แต่ประสิทธิภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะลดลงเนื่องจากกำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานจำกัดกระแส R_s

2. ค่ากระแสสูงสุดเมื่อถูกไบอัสตรง I_{FRM}
(Maximum Forward current)

ค่ากระแสสูงสุดที่เกิดขึ้นในวงจรเรกติไฟเออร์ จะเกิดขึ้นในจังหวะที่ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์มีการเก็บประจุอีกครั้งหลังจากคายประจุออกไปให้ไหลด ค่ากระแสสูงสุดเมื่อถูกไบอัสตรงของไดโอดเรกติไฟเออร์ I_{FRM} จึงหาได้จากค่ากระแสสูงสุดของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์จากกราฟในรูปที่ 3.5(ค) นั้นเอง

3. ค่ากระแสเฉลี่ยเมื่อถูกไบอัสตรง I_{FM}
(Maximum Average Forward Current)

เป็นค่ากระแสเฉลี่ยสูงสุดที่ไดโอดเรกติไฟเออร์จะได้รับขณะทำงาน การพิจารณาว่า I_{FM} อาจทำได้โดยใช้กราฟในรูปที่ 3.5(ก) ในการปฏิบัติควรเมื่อค่ากระแสเฉลี่ยสูงสุด I_{FM} ของไดโอดไว้ที่ประมาณ 1.5-2 เท่า จากที่คำนวณได้ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและยืดอายุการใช้งาน

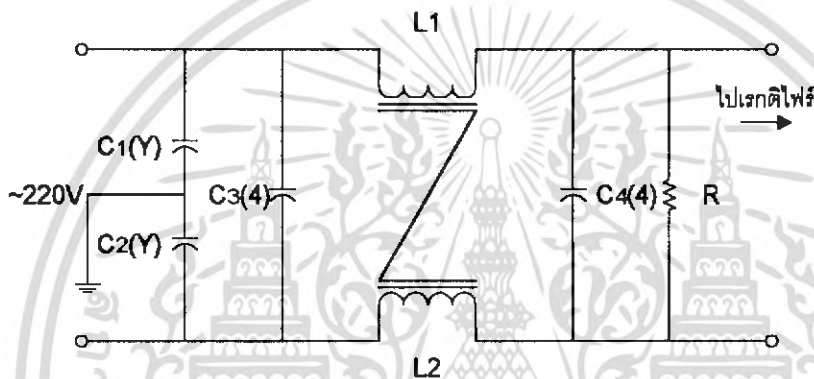
4. อัตราทวนแรงดันไบอัสกลับสูงสุด V_{RRM}

ในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ปกติเรกติไฟเออร์ต้องต่อเข้ากับแรงดันไฟสลัป 220 โวลต์ ดังนั้นอัตราทวนแรงดันไบอัสกลับสูงสุดของไดโอด V_{RRM} จึงต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าค้ายอดสูงสุดของแรงดันไฟสลัป อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาเมื่อค่าแรงดันไบอัสกลับ ให้มากกว่าแรงดันยอดสูงสุดของแรงดันไฟสลัปเอาไว้ด้วย สำหรับกรณีที่เกิดทรานเซียนต์ขึ้นได้ในสายไฟสลัป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 RFI อินพุตฟิลเตอร์

การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เป็นการทำงานในลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกระแสอย่างฉับพลันที่ค่ากระแสสูงๆ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน RFI ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องมีวงจรฟิลเตอร์เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่จะออกไปภายนอก ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ วิธีการลดสัญญาณรบกวน RFI ที่จะออกไปภายนอกที่ใช้กันโดยทั่วไปสำหรับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ก็คือ การต่อ LC ฟิลเตอร์คั่นที่อินพุตกับระบบแรงดันไฟสลับเพื่อลดสัญญาณ RFI ทั้งที่สัญญาณโหมดความแตกต่าง (differential mode) และที่สัญญาณโหมดร่วม(common mode) การต่อวงจร LC ฟิลเตอร์อาจทำได้ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างการต่อวงจร LC ฟิลเตอร์เพื่อลดสัญญาณรบกวน RFI

วงจร RFI ฟิลเตอร์ในรูปที่ 3.7 ควรกำหนดค่าของตัวเก็บประจุและค่าของตัวเหนี่ยวนำให้มีค่าดังต่อไปนี้

$C_3, C_4 = 0.1$ ถึง $2 \mu\text{F}$ และเป็นตัวเก็บประจุชนิด "x"

$C_1, C_2 = 2200\text{pF}$ ถึง $0.033 \mu\text{F}$ และเป็นตัวเก็บประจุชนิด "Y"

$L_1, L_2 = 1.8\text{mH}$ ที่ 25mA ถึง 47mA ที่ 0.3A

การกำหนดค่าอุปกรณ์ต้องให้แน่ใจว่า ความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรต้องมีค่าน้อยกว่าค่าความถี่การทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ตัวต้านทาน R ที่ต่ออยู่ในวงจรเพื่อให้ตัวเก็บประจุชนิด "x" คายประจุทิ้งไปได้ ตามมาตรฐานความปลอดภัยที่ไปกำหนดว่า ถ้าค่าตัวเก็บประจุชนิด "x" มีค่าตั้งแต่ $0.1 \mu\text{F}$ ขึ้นไป ตัวต้านทาน R จะต้องมีค่าเท่ากับ

$$R = \frac{t}{2.21 \times C} \quad \dots\dots(3.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกำหนดให้ t มีค่าเท่ากับ 1 วินาที และ C คือ ผลรวมของค่าตัวเก็บประจุชนิด "x" ในวงจรฟิลเตอร์เป็นฟารัด

ประสิทธิภาพในการลดสัญญาณรบกวนของวงจร LC ฟิลเตอร์จะขึ้นอยู่กับค่าความแตกต่างอิมพีแดนซ์ระหว่างอินพุตของฟิลเตอร์กับแหล่งจ่ายไฟสลับ และค่าความแตกต่างอิมพีแดนซ์ระหว่างเอาต์พุตของฟิลเตอร์กับอินพุตของอินเวอร์เตอร์ โดยค่าความแตกต่างของอิมพีแดนซ์มีค่ามาก อัตราลดทอนสัญญาณรบกวน RFI จะเป็นไปได้มากด้วย

ปกติอินเวอร์เตอร์จะมีอิมพีแดนซ์ต่ำ ส่วนแหล่งจ่ายแรงดันไฟสลับมักมีค่าอิมพีแดนซ์สูง ดังนั้นค่าอิมพีแดนซ์ของวงจร RFI ฟิลเตอร์ที่อินพุตต้องมีอิมพีแดนซ์ต่ำๆ และเอาต์พุตของวงจร RFI ฟิลเตอร์ต้องมีอิมพีแดนซ์สูงๆ เพื่อให้อัตราลดทอนสัญญาณรบกวนมีค่าสูง การต่อ $C_1(Y)$ และ $C_2(X)$ ที่ด้านอินพุตของวงจรจะทำให้อินพุตของวงจรฟิลเตอร์มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ L1 และ L2 จะทำให้อิมพีแดนซ์ที่เอาต์พุตของวงจรฟิลเตอร์มีค่าสูง $C(X)$ ที่อยู่ในวงจรจะมีผลในการลดทอนเขียนต์ โดย $C_1(X)$ จะลดทอนเขียนต์ที่เกิดในสายไฟสลับไม่ให้ผ่านเข้าหาอินเวอร์เตอร์ ส่วน $C_2(X)$ จะลดทอนเขียนต์ที่เกิดจากอินเวอร์เตอร์ไม่ให้ผ่านไปยังสายไฟสลับได้

3.2.1 ตัวเก็บประจุชนิด "X" และตัวเก็บประจุชนิด "Y"

ตัวเก็บประจุชนิด "X" และตัวเก็บประจุชนิด "Y" เป็นตัวเก็บประจุสำหรับการลดทอนสัญญาณรบกวน ใช้กับแรงดันไฟสลับ 110 โวลต์ หรือ 220 โวลต์ การต่อตัวเก็บประจุเพื่อลดสัญญาณรบกวนตามมาตรฐานความปลอดภัยของ IEC ได้กำหนดให้ต่อใช้งานแยกประเภทตามตำแหน่งการใช้งานดังต่อไปนี้

ตัวเก็บประจุชนิด "X" (X-capacitor)

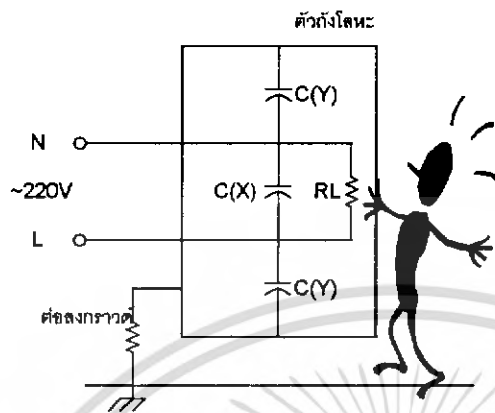
ให้ใช้ต่อได้เฉพาะตำแหน่งที่ไม่ทำให้ผู้ใช้อุปกรณ์ได้รับอันตรายจากไฟฟ้าดูดหากตัวเก็บประจุเกิดการลัดทะเลหรือทำงานผิดพลาด การใช้ตัวเก็บประจุชนิด "X" จะไม่มีการจำกัดค่าความจุสูงสุดของตัวเก็บประจุไว้ ตัวเก็บประจุชนิด "X" ยังแบ่งได้อีกเป็นชนิด "X1" และชนิด "X2" ตามอัตราทนแรงดันสูงสุดของตัวเก็บประจุ โดยตัวเก็บประจุชนิด "X1" มีค่าอัตราทนแรงดันสูงสุดใช้งานมากกว่า 1,200 โวลต์ ส่วนตัวเก็บประจุชนิด "X2" มีค่าอัตราทนแรงดันสูงสุดใช้งานต่ำกว่า 1,200 โวลต์ลงมา

ตัวเก็บประจุชนิด "Y" (Y-capacitor)

ยอมให้ใช้ได้เฉพาะตำแหน่งที่อาจทำให้ผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าได้รับอันตรายจากไฟฟ้าดูด ถ้าตัวเก็บประจุเกิดการลัดทะเลหรือทำงานผิดพลาด ตัวเก็บประจุชนิด "Y" จัดเป็นอุปกรณ์ที่เสี่ยงกับความปลอดภัยจึงต้องมีมาตรฐานเกี่ยวกับความปลอดภัยสูง และต้องมีโครงสร้างที่ป้องกันการลัดทะเลได้ดี ค่าความจุของตัวเก็บประจุชนิด "Y" ต้องมีค่าต่ำเพื่อจำกัดกระแสติสซาร์จจากตัวเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจุนิต "Y" ลงดิน (ตามมาตรฐานความปลอดภัยเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านทั่วไปจะต้องมีค่ากระแสรั่วลงดินน้อยกว่า 0.5mA) ลักษณะการต่อตัวเก็บประจุนิต "X" แสดงไว้ในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งการต่อตัวเก็บประจุนิต "X" และตัวเก็บประจุนิต "Y" ใช้งาน จะเห็นได้ว่าการลัดทะเลลในตัว C(X) ผู้ใช้อุปกรณ์ซึ่งสัมผัสอยู่กับตัวถังจะไม่เป็นทางผ่านของกระแสลงดินและไม่เป็นอันตราย ส่วนตำแหน่ง C(Y) ซึ่งหากมีข้อบกพร่องในการต่อสายดินของตัวถัง เมื่อ C(Y) ผ่านกระแสได้มากเกินไปหรือเกิดลัดทะเลลในตัว ผู้ใช้ก็จะเป็นอันตรายเมื่อสัมผัสกับตัวถังเครื่องใช้ไฟฟ้า

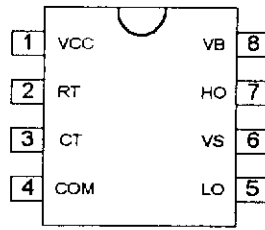
3.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

ในบัลลัสตอิเล็กทรอนิกส์ มีความจำเป็นต้องใช้วงจรอินเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงไฟตรงให้เป็นความถี่สูงประมาณ 60 KHz ที่มีแรงดันสูง เพื่อที่จะนำไปใช้ในการป้อนให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ความต้องการหลักของวงจรดังกล่าวมาข้างต้น ต้องการวงจรออสซิลเลเตอร์ที่มีความเที่ยงตรงและสามารถกำหนดค่าความถี่ออสซิลเลตได้ ค่าระดับแรงดันออฟเซตของไอซีที่สูงและความสามารถในการขับอุปกรณ์เพาเวอร์สวิตซิงภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ, อัตราการสูญเสียไอซีที่ต่ำ และค่าเวลาหน่วงของสัญญาณเอาต์พุตทั้งด้านบวกและด้านลบที่เป็นพัลส์จะต้องน้อยมาก เราจึงได้นำเอาไอซีเบอร์ IR2155 ซึ่งเป็นไอซีกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

คุณสมบัติของ IR2155

ทางด้านคุณสมบัติของ IR2155 นี้เมื่อเทียบกันแล้วจะมีความแตกต่างจากไอซีไทเมอร์ 555 ยอดนิยมมากหรืออาจเรียกได้ว่าแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง ถึงแม้จะเป็นไอซีที่ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์หรือทำหน้าที่เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์เหมือนกันก็ตาม ซึ่งจะแตกต่างกันอย่างไรบ้างนั้นต้องดูจากโครงสร้าง หลักการทำงานดังต่อไปนี้ ในรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ลักษณะรูปร่างและการจัดขาของ IR2155

คุณสมบัติเด่นของ IR2155 ที่พอจะกล่าวถึงมีดังนี้

- ในเอาต์พุตแต่ละขา(ที่เอาต์พุตขา High และ Low) ถูกออกแบบมาให้สามารถทำงานได้ในลักษณะบูตส์แตร็ปที่มีความกว้างในการทำงานทางด้านแรงดันเต็ม ที่ถึง +600 โวลต์ โดยยอมให้มีระดับแรงดันทรานเซียนต์ด้านลบ (dv/dt) ที่อยู่ในย่านปลอดภัย
- จะทำการหยุดการทำงานหากแรงดันไฟเลี้ยงลดต่ำกว่าระดับที่สามารถทำงานได้
- สามารถเลือกค่าและกำหนดค่าความถี่ในการออสซิลเลตได้จากสมการ

$$f = \frac{1}{1.4 \times (R_T + 150\Omega) \times C_T} \dots\dots(3.7)$$

- ค่าการหน่วงเวลาของสัญญาณทางเอาต์พุตทั้งด้าน high และ low มีความสมดุลกัน
- ที่เอาต์พุตด้าน low จะมีเฟสสัญญาณเดียวกันกับที่ตำแหน่งของ RT
- ค่าแรงดันออฟเซตสูงสุด 600 โวลต์
- ค่าดิวิตีไซเกิล 50 %
- ค่ากระแสเอาต์พุตทางด้านบวก 100 มิลลิแอมป์และด้านลบ 210 มิลลิแอมป์
- ค่าแรงดันขั้วเอาต์พุตสำหรับไบแอสเกตของเพาเวอร์มอสเฟสเท่ากับ 10-20 โวลต์

จากคุณสมบัติในสองข้อสุดท้ายนี้จึงมีความเหมาะสมเพียงพอที่จะจ่ายสัญญาณออกไปขับหรือหรือกระตุ้นการสวิตซ์ทำงานของวงจรรับภายนอกอันได้แก่ เพาเวอร์มอสเฟสชนิดเอ็น-แชนเนล หรืออุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ IGBT เป็นต้น ในคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ละเอียดนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 นอกจากนั้นแล้วลักษณะและหน้าที่ของขาใช้งานแต่ละขาก็มีหน้าที่ดังต่อไปนี้

ขา VCC(ขา 1) เป็นขารับแรงดันไฟเลี้ยงวงจรภายในตัวไอซี และเป็นขารับแรงดันสำหรับขับออกทางเอาต์พุตด้านต่ำ(Low) และจะต้องมีแรงดันที่คงที่ ขา RT(ขา 2) เป็นขาอินพุต เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับตัวต้านทาน เพื่อกำหนดค่าเวลาในการในการชอชชิลิต ซึ่งมีเฟสสัญญาณที่เหมือนกันกับ
ขา HO (ขา7) เมื่อไอซีถูกจัดการทำงานในรูปแบบปกติ

ขา CT (ขา 3) เป็นขาอินพุตสำหรับต่อตัวเก็บประจุเพื่อกำหนดค่าเวลาในการชอชชิลิต
โดยที่ค่าความถี่ในการชอชชิลิตสามารถกำหนดค่าได้ตามการคำนวณในสมการ

$$f = \frac{1}{1.4 \times (R_T + 150\Omega) \times C_T}$$

โดยที่ค่า 150 Ω เป็นค่าอิมพีแดนซ์ประสิทธิผลของ R_T ในส่วนของเอาต์พุต

ขา COM (ขา 4) เป็นขารับแรงดันย้อนกลับด้านต่ำของชุดสัญญาณเอาต์พุต(LO)

ขา LO (ขา 5) เป็นขาเอาต์พุตสำหรับจ่ายสัญญาณพัลส์ออกไปกระตุ้นหรือขับเกตของ
เพาเวอร์มอสเฟตและ IGBT

ขา VS (ขา 6) เป็นขารับแรงดันย้อนกลับด้านสูงของชุดสัญญาณเอาต์พุตด้านสูง(HO)

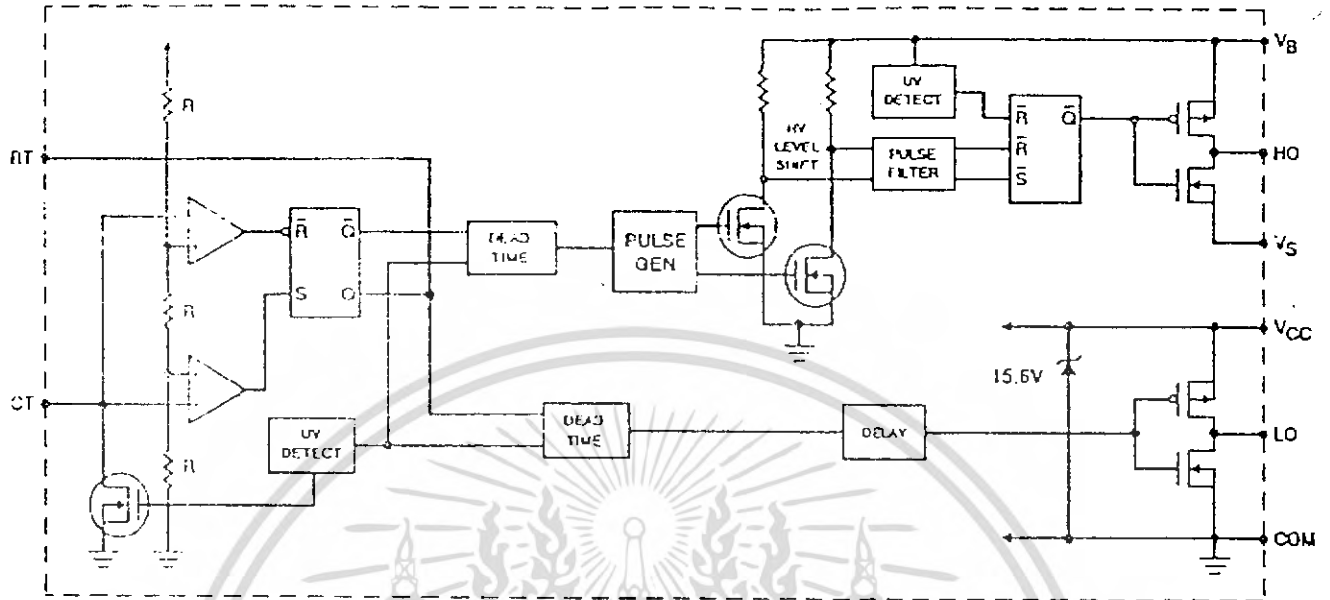
ขา HO(ขา 7) เป็นขาเอาต์พุตสำหรับจ่ายสัญญาณพัลส์เอาต์พุตออกไปกระตุ้นหรือขับ
เกตของเพาเวอร์มอสเฟตและ IGBT

ขา VB(ขา 8) เป็นขารับแรงดันสำหรับขับออกเอาต์พุตด้านสูง ซึ่งสามารถรองรับแรงดัน
ได้สูง แต่ต้องผ่านตัวต้านทานลดแรงดันร่วมกับไดโอด

การทำงานของ IR2455

IR2155 เป็นไอซีที่จัดอยู่ในประเภทไอซีที่ทำงานในวงจรแรงดันสูงลักษณะการทำงาน
เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานสวิตซ์สัญญาณทางเอาต์พุตที่มีวงจรชอชชิลิตเตอร์หรือสามารถกำเนิด
ความถี่ชอชชิลิตเตอร์ได้ด้วยตัวเอง เพื่อทำการสวิตซ์สร้างสัญญาณพัลส์ขับออกทางเอาต์พุตใน
แบบ high กับ low ที่สามารถขับเพาเวอร์มอสเฟต และ IGBT ได้ โดยอาศัยโครงสร้างในที่พัฒนา
บนเทคโนโลยีของ CMOS อันเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของอุปกรณ์ไอซีที่ทำงานในแบบ HVIC
ความเร็วสูงและมีการแลตซ์ที่สมบูรณ์แบบ ดังแสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานภายในตัวไอซี
IR2155 ไว้ในรูปที่ 3.10

Functional Block Diagram



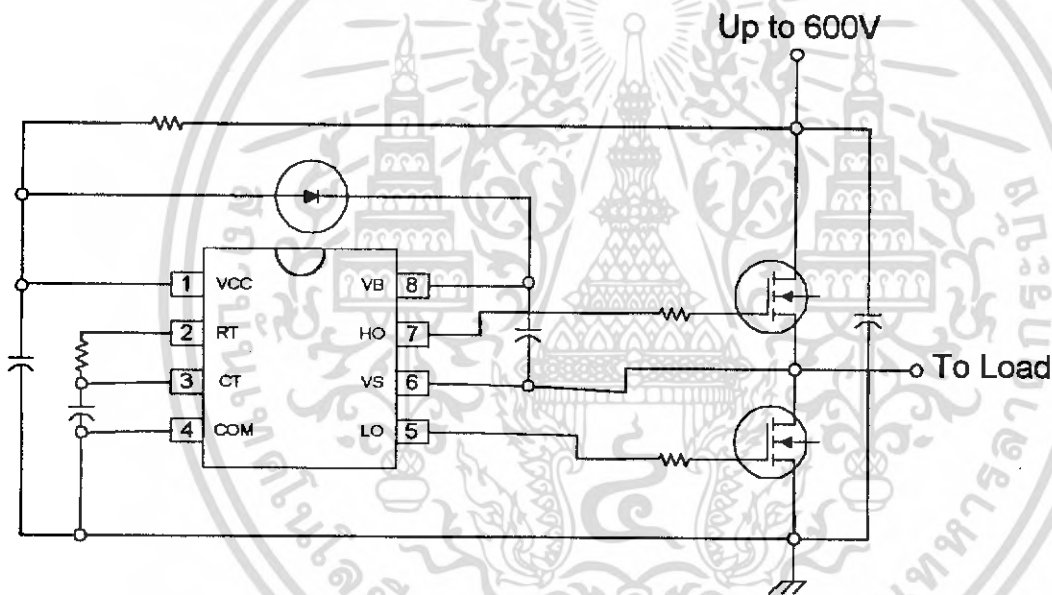
รูปที่ 3.10 บล็อกไดอแกรมภายในของ IR2155

ในส่วนแรกที่จะสังเกตเห็นก็คือส่วนที่ทำหน้าที่กำเนิดความถี่ออสซิลเลเตอร์ภายในที่มีลักษณะองค์ประกอบและการทำงานคล้ายกับไอซีไทเมอร์ยอดนิยมเบอร์ 555 ในส่วนของวงจรรีบทางเอาต์พุตจะให้พัลส์ขับออกที่มีค่ากระแสขับออกสูงพอที่จะขับมอสเฟตหรือ IGBT ได้สบาย โดยยังมีวงจรรีบเฟดเป็นตัวผ่านพัลส์ขับออกทางเอาต์พุตอีกชั้นหนึ่งก่อน จากการออกแบบอย่างพิถีพิถันได้มีส่วนการทำงานภายในที่กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของคาบเวลาพัลส์เอาต์พุตได้อย่างเที่ยงตรงและแน่นอนยิ่งขึ้น เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให่วงจรรีบเฟดพาเวอร์มอสเฟตที่ต่ออยู่ทางเอาต์พุตด้านต่ำและด้านสูงไม่ให้เกิดการทำงานในลักษณะที่นำกระแสคร่อมหรือคาบเกี่ยวคาบเวลากัน หรืออาจเรียกง่าย ๆ ว่าป้องกันไม่ให่วงจรรีบเฟดพาเวอร์มอสเฟตทางเอาต์พุตทำงานพร้อมกันในช่วงจังหวะจุดสิ้นสุดกับจุดเริ่มต้นระหว่างพัลส์ขับด้าน high กับ low ซึ่งอาจมีช่วงคาบเวลาที่คาบเกี่ยวกันอยู่ หรือหากมีก็ให้น้อยที่สุด ซึ่งการหน่วงเวลาของพัลส์เอาต์พุตของทั้งสองเอาต์พุตจะสมดุลกันโดยกำหนดค่าดีวีทีไซเกิลที่ 50 %

สัญญาณพัลส์เอาต์พุตทั้งสองจะสามารถใช้ขับพาเวอร์มอสเฟตชนิด เอ็น-แชนเนล และ IGBT ได้โดยในขณะที่พาเวอร์มอสเฟต หรือ IGBT ที่ต่ออยู่ด้าน high และขณะนั้นทำงานในสภาวะหยุดนำกระแสพาเวอร์มอสเฟต และ IGBT จะต้องมีอัตราทวนแรงดันระหว่าง เดรน-ซอร์ส เกินกว่า 600 โวลต์ตามคุณสมบัติของ IR2155 เพราะในสภาวะเช่นนี้จะมีแรงดันตกคร่อมระหว่างขา เดรน-ซอร์ส ของพาเวอร์มอสเฟตเท่ากับแรงดันไฟเลี้ยงวงจรในส่วนที่จะใช้ขับโหลดหรือแรงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นด้านสูงนั่นเอง ซึ่งจะมีค่าไม่เกิน 600 โวลต์ แต่อัตราทนแรงดันของมอสเฟตและ IGBT จะต้องมีค่าสูงกว่าเพื่อความปลอดภัยต่อตัวอุปกรณ์เมื่อต้องต้องการออกแบบใช้งาน

เนื่องจากการประยุกต์ใช้งานของ IR2155 จะถูกใช้งานในระบบแหล่งจ่ายที่เป็นไลน์หรือมีแรงดันไฟในระบบที่มีค่าสูง ดังนั้นไฟเลี้ยงวงจรภายในตัวไอซีจึงจำเป็นต้องอาศัยซีเนอร์ไดโอด เพื่อเรกูเลตแรงดันให้คงที่และลดแรงดันให้ต่ำลงซึ่งไดโอดแคลมป์นี้ก็ถูกต่อไว้เรียบร้อยแล้วภายในตัวไอซีซึ่งจะต่อคร่อมอยู่ระหว่างขา Vcc กับ COM ภายในและค่าแรงดันเบรคดาวน์ของซีเนอร์ไดโอดจะเท่ากับ 15.6 โวลต์ โดยปกติ ในกรณีที่ใช้แรงดันไฟเลี้ยงไอซีจากไลน์ไฟเมนของระบบเลยจะต้องมีความต้านทานค่าสูงๆ ต่ออนุกรมมาจากชุดเรกติไฟเออร์ โดยมีตัวเก็บประจุทำหน้าที่กรองแรงดันและลดแรงดันริบเบิล ก่อนที่แรงดันจะถูกจ่ายเข้าขา Vcc เพื่อใช้เลี้ยงตัวไอซีเทียบกับขา COM ดังลักษณะการของต่ออุปกรณ์ดังกล่าวที่แสดงในรูปที่ 3.11 ซึ่งเป็นรูปการต่อวงจรเบื้องต้นและเป็นพื้นฐานของวงจรจริงที่นำไปใช้ในงานจริงต่อไป

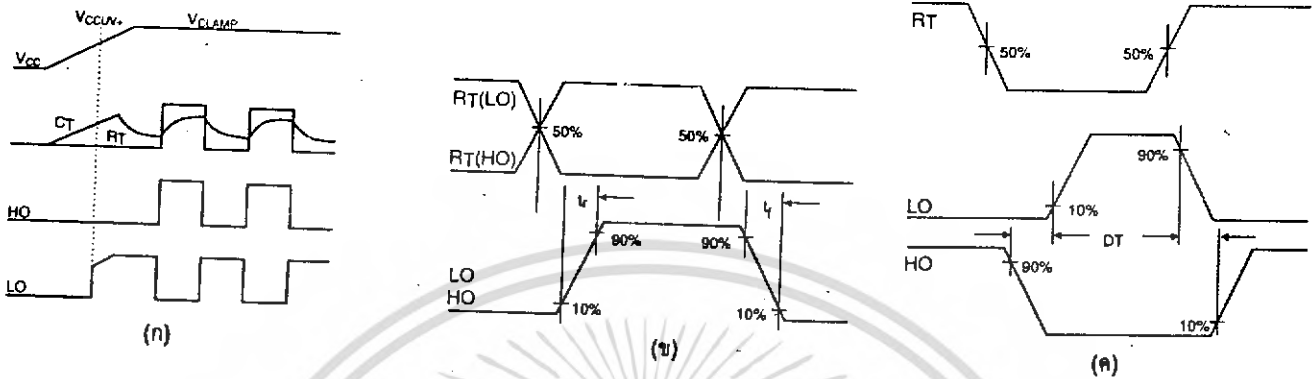


รูปที่ 3.11 พื้นฐานวงจรประยุกต์ใช้งานเบื้องต้น

รูปไทม์มิงไดอะแกรมที่แสดงในรูปที่ 3.12(ก) เป็นไทม์มิงไดอะแกรมของระดับลอจิกอินพุตทางด้านขา CT และ RT กับเอาต์พุตทางด้านขา HO กับ LO เปรียบเทียบกันว่าทำไมถึงให้เอาต์พุตของค่าตามที่ต้องการ ซึ่งจากการทดสอบและภายใต้การเซตค่า VS ออฟเซตที่ค่าสูงสุด เพื่อการทดสอบและแรงดันไบแอสในขาอื่นๆ กำหนดความต่างๆ ของแรงดันไว้ที่ 15 โวลต์ เทียบกับกราวด์ และกำหนดค่าคุณสมบัติตามตารางที่ 3.2 ซึ่งใช้ค่าความต้านทานทางความร้อนสูงสุดในการทดสอบรวมไปถึง อัตราการสูญเสียกำลัง ภายในสภาวะในอุณหภูมิห้องปกติ ส่วนในรูปที่ 3.12(ข) เป็นไทม์มิงไดอะแกรมของค่าเวลาในการสวิตชิงของสัญญาณพัลส์ทางเอาต์พุต HO กับ LO ในรูปที่ 3.12(ค) เป็นไทม์มิงไดอะแกรมของค่าเวลาในจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของสัญญาณเอาต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พุด(deadtime) ที่บอกให้ทราบว่ามีค่านอนในการขับเพาเวอร์มอสเฟตหรือ IGBT ที่ต่ออยู่ทางด้านเอาต์พุด ขนาดไหน ซึ่งก็หมายถึงประสิทธิภาพของวงจรที่ดีตามไปด้วย



รูปที่ 3.12 (ก) โหมดไมโครนกรวมของอินพุดและเอาต์พุด
 (ข) โหมดไมโครนกรวมของเวลาในการสวิตซ์
 (ค) โหมดไมโครนกรวมของค่าเวลา deadtime

3.3 วงจร snubber (Snubber)

เมื่อมอสเฟตถูกประกอบลงในวงจรเรียบร้อยแล้ว สิ่งที่ต้องระวังคือ แรงดันสไปค์ (spike) ที่จะเข้ามาตกคร่อมเกตและซอร์ส ถ้าสูงเกินไปก็จะทำให้ฉนวนที่กั้นระหว่างเกตและซอร์สทะลุและเสียหายอย่างถาวร แต่นอกจากมอสเฟตจะเสียหายได้โดยตรงจากแรงดันทางเกต-ซอร์สแล้ว การเปลี่ยนแปลงแรงดันตกคร่อมเดรน-ซอร์ส อย่างกะทันหัน ก็ยังเป็นสาเหตุให้เกิดแรงดันสไปค์ขึ้นที่เกต-ซอร์สด้วย และวงจร snubber เป็นวงจรที่มีส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในการสวิตซ์ซึ่งความถี่สูง เนื่องจากการสวิตซ์ซึ่งที่ความถี่สูงในช่วงแรงดันสูงจะเกิด สไปค์โวลต์เตจ (spike voltage) หรือ กระแสสไปค์ (spike current) ทำให้อัตราการเพิ่มของแรงดันต่อเวลา ($\frac{d_v}{d_t}$) และอัตราการเพิ่มของกระแสต่อเวลา ($\frac{d_i}{d_t}$) เพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายให้แก่มอสเฟตในวงจรได้ จึงได้มีการนำเอาวงจร snubber มาใช้เพื่อที่จะลดค่าของ ($\frac{d_v}{d_t}$) และ ($\frac{d_i}{d_t}$) ให้มีค่าน้อยลงพอที่วงจรจะทำงานได้โดยมอสเฟตกำลังไม่เกิดความเสียหาย ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$C_1 = \frac{I_{P(PK)} \times t_{OFF}}{2V_{in}} \quad \dots\dots(3.8)$$

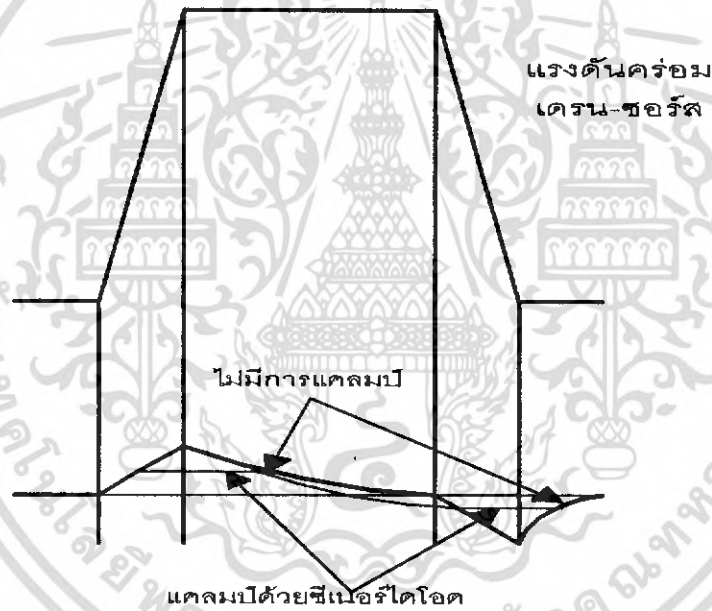
$$R_1 = \frac{t_{ON(min)}}{2.3C_1} \quad \dots\dots(3.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_D = \frac{C_1(2V_{in})^2}{2T} \quad \dots(3.10)$$

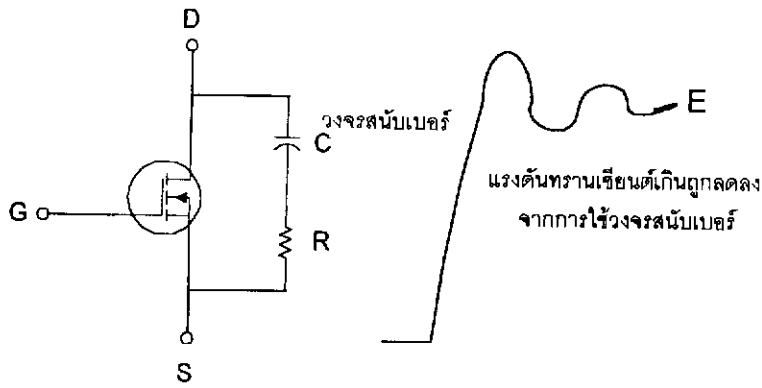
- เมื่อ $I_{P(PK)}$ คือ ค่ากระแสสูงสุดขณะเริ่มหยุดนำกระแสของมอสเฟต
- V_{in} คือ ค่าแรงดันอินพุตของอินเวอร์เตอร์
- t_{ON} คือ ช่วงเวลานำกระแสของมอสเฟต
- t_{OFF} คือ ช่วงเวลาหยุดนำกระแสของมอสเฟต
- P_D คือ กำลังสูญเสียในตัวต้านทาน
- T คือ คาบเวลาการทำงานของมอสเฟต

นอกจากนี้แล้วมันยังลดผลอันเกิดจากการสวิตช์อย่างรวดเร็ว ด้วยการดูดซับพลังงานในระหว่างช่วงการสวิตช์ แต่มันจะมีผลต่อเนื่องไปอีกหลังจากสิ้นสุดช่วงเวลาการเกิดแรงดันสไปค์แล้ว เพราะจะเกิดการแตลุมปีขึ้น ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การเปลี่ยนแปลงแรงดันตกคร่อมขาเดรน-ซอร์สอย่างรวดเร็ว จะทำให้เกิดแรงดันทรานเซียนต์ที่เกด-ซอร์สด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

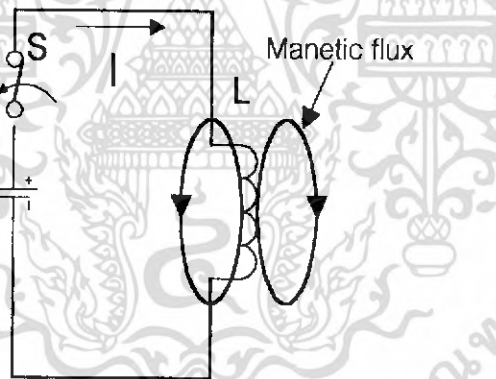


รูปที่ 3.14 ลักษณะแรงดันทรานเซียนต์เกินในช่วงสวิตช์ OFF ถูกควบคุมโดยวงจร snubber ที่ประกอบด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ

3.4 หม้อแปลงความถี่สูง

3.4.1 คุณสมบัติของแม่เหล็กไฟฟ้า

พิจารณาวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในรูปที่ 3.15 ซึ่งประกอบด้วยแหล่งจ่ายแรงดัน V , สวิตช์ S และ Load L ในลักษณะของขดลวดแกน เมื่อขณะที่สวิตช์ S ปิด ซึ่งไปสอดคล้องกันแต่ละรอบของขดลวด ซึ่งเรียกว่า "Flux" และเส้นของสนาม Flux Linkage



รูปที่ 3.15 เส้นแรงแม่เหล็กที่สร้างขึ้นในขดลวดแกนอากาศ เนื่องมาจากกระแสไหลผ่าน

เส้นแรงแม่เหล็กจะไม่แข็งแรงมากนัก ถ้าเราใส่วัสดุที่มีคุณสมบัติทางแม่เหล็กเข้าไปในขดลวดจะเป็นการเพิ่มสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำในแท่งนั้นเกิดเส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มมากขึ้น เส้นแรงแม่เหล็กจะเดินทางผ่านแท่งนั้นไป และจะหวนกลับสู่ทางเดิมผ่านทางอากาศ ถ้าหากแท่งแม่เหล็กมีโครงสร้างครบทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กก็จะอยู่ในวงจรของแกนเท่านั้น ทำให้เกิดเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กที่แข็งแรงมากขึ้น

ระดับของเส้นแรงแม่เหล็กที่รวมกันอยู่เรียกว่า ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก หรือการเหนี่ยวนำแม่เหล็กวัดในสภาวะใดๆ ซึ่งมีสัญลักษณ์คือ B มีหน่วยในมาตราเซนติเมตร-กรัม-เอกซาร์นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วินาที (C_{gs}) เป็นแก๊ส (G) และในขณะเดียวกันค่าแรงแม่เหล็กจะผลิตเส้นแรงแม่เหล็กเรียกว่า ความเข้มสนามแม่เหล็ก H มีหน่วยเป็น เฮสเทด (Oe)

ความเข้มสนามแม่เหล็กมีค่าเป็น

$$H = \frac{0.4 \pi N I}{L_1} \quad \dots\dots(3.11)$$

เมื่อ N = จำนวนรอบของขดลวด

I = ขนาดของกระแสที่ไหลผ่าน

L1 = ขนาดของความยาวของแกนเหล็ก

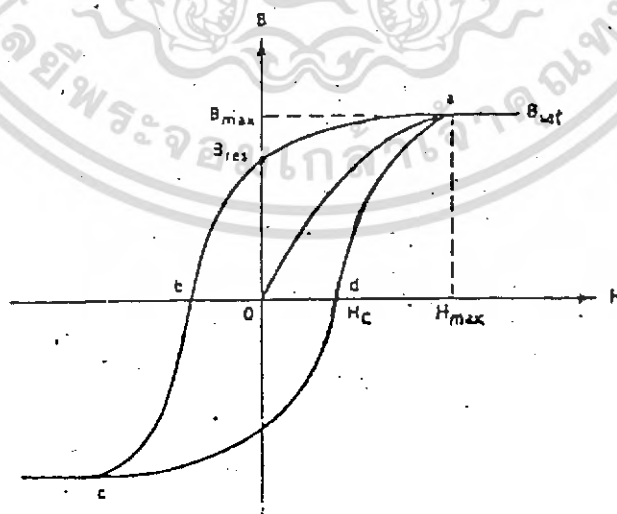
ความสัมพันธ์อันหนึ่งระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กและแรงแม่เหล็กคืออัตราส่วนของมันเรียกว่า ความซึมซาบแม่เหล็ก (μ)

$$\mu = \frac{B}{H} \quad \dots\dots(3.12)$$

ความซึมซาบของวัสดุแม่เหล็กจะเป็นไปตามแรงเหนี่ยวนำซึ่งค่าของอากาศจะมีค่าคงที่ 1 ในหน่วย C_{gs}

3.4.2 ฮิสเตอรีซิสลูป

วัสดุแม่เหล็กทุกอย่างจะมีคุณลักษณะที่มีกราฟโค้งเป็นรูปตัว S ซึ่งเรียกว่าฮิสเตอรีซิสลูป ซึ่งลูปนี้จะเป็นการพล็อตตามค่า B และ H ในแต่ละจุดอันเป็นตัวแทนประกอบให้วัสดุแม่เหล็กเป็นวง จรหมุนเวียนไปเรื่อยๆ ในรูปที่ 3.16 แสดงรูปฮิสเตอรีซิสของแกนเฟอร์โรแมกเนติก ที่ไม่มีช่องว่าง อากาศในเส้นทางขดเส้นแม่เหล็ก

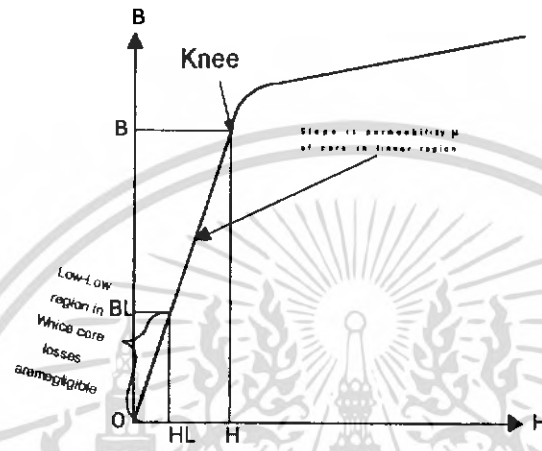


รูปที่ 3.16 ฮิสเตอรีซิสลูปของแกนเหล็ก ที่ไม่มีช่องว่างอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กของแกนแบบไม่มีช่องว่างอากาศ นั้นคือค่า B_{sat} ของแกนแบบมีช่องว่างจะต่ำกว่า B_{sat} ของแกนที่ไม่มีช่องว่าง ซึ่งค่าของ B-H Curve ของแม่เหล็กแบบมีช่องว่างนี้จะเอียงข้าง ซึ่งจะลดค่าความสามารถของการอิมิตัวของแรงแม่เหล็กที่สูงๆ

ผู้ผลิตแกนเหล็กส่วนใหญ่อธิบายคุณสมบัติกราฟ B-H ของ วัสดุแม่เหล็กโดยใช้กราฟที่มีความเป็นปกติ ดังรูป 3.17

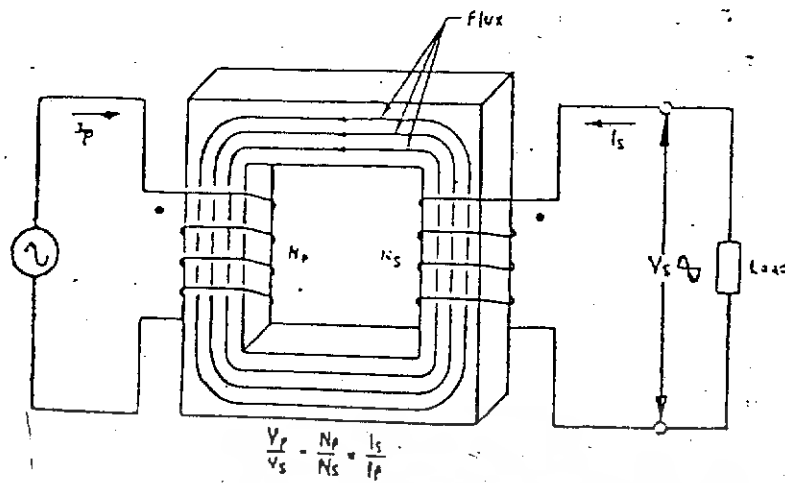


รูปที่ 3.17 รูปแสดงความเป็นแม่เหล็กในช่วงที่เป็นเส้นตรงและช่วงอิมิตัว

ซึ่งกราฟนี้อธิบายความขึ้นระหว่าง B และ H ในส่วนที่ต่ำกว่าจุดโค้งของกราฟ ซึ่งมีค่าความชันคงที่ ซึ่งจะให้ค่าความสัมพันธ์ที่คงที่ระหว่างกระแสกระตุ้นและค่าเส้นแรงแม่เหล็กซึ่งทำให้ค่าความซึมซาบของแกนคงที่ในส่วนล่างของกราฟนั้นจะถือว่าค่าสูญเสียของแกนสามารถตัดทิ้งไปได้ ดังนั้นค่าอุณหภูมิของแกนจะต่ำ ส่วนที่อยู่บนจุดโค้งนั้นแกนจะมีค่าการอิมิตัวซึ่งควรหลีกเลี่ยงไม่ให้แกนทำงานในส่วนนี้

3.4.3 ทฤษฎีการทำงานพื้นฐานของหม้อแปลง

เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดที่พันอยู่บนแกนที่ครบวงจร (แกนวงครบปิด) จะเกิดการเหนี่ยวนำเส้นแรงแม่เหล็กภายใน ถ้ากระแสถูกป้อนเป็นช่วงคาบ และมีขดลวดทั้งสองพันอยู่บนแกนเดียวกันก็คาดได้ว่าจะเกิดผลในทางตรงกันข้ามนั่นคือ เส้นแรงแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันและกระแสในขดลวดอันที่สองนี้ ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงหม้อแปลงมีขดลวด 2 ขด

หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้เพิ่มหรือลดแรงดันไฟสลับ โดยทั่วไปแล้วมีวิธีการออกแบบไม่ยุ่งยากเหมือนกับหม้อแปลงที่ใช้กับแหล่งจ่ายแบบสวิตชิง เนื่องจากแหล่งจ่ายแบบนี้มีรูปคลื่นเป็นสี่เหลี่ยม ซึ่งมีความถี่สูงถึง 20 KHz หรือมากกว่านั้นและยังให้กำลังไฟสูงด้วยและจากรูป 3.18 แสดงลักษณะของหม้อแปลงอย่างง่าย ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad \dots\dots(3.13)$$

เมื่อ N_p และ V_p และ I_p คือ จำนวนขดลวด แรงดันและกระแสด้านปฐมภูมิ
 N_s และ V_s และ I_s คือ จำนวนขดลวด แรงดันและกระแสด้านทุติยภูมิ

แรงดันเหนี่ยวนำจะเป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของฟลักซ์ ถ้าเราให้ B อยู่ในช่วงที่เป็นเส้นตรงเราจะได้

$$B_{max} = \frac{B_{max} \times 10^3}{KfN_p A_s} \quad \dots\dots(3.14)$$

เมื่อ B_{max} คือ ความหนาแน่นของฟลักซ์สูงสุด
 V_p คือ แรงดันที่ปฐมภูมิเป็น โวลต์
 f คือ ความถี่ เป็น Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N_p คือ จำนวนรอบขดลวดปฐมภูมิ

A_s คือ พื้นที่หน้าตัดของแกน เป็น Cm^2

K คือ ค่าคงที่มีค่า 4.44 สำหรับแรงดันรูปไซน์ และ 4.0 สำหรับแรงดันรูปสี่เหลี่ยม

ปกติค่า B_{max} จะเลือกที่ค่า $\frac{Assf}{2}$ เพื่อให้ได้แน่ใจว่าทำงานในช่วงที่เป็นเส้นตรงตัวประกอบสำคัญที่สุดอีกสิ่งหนึ่ง คือ พื้นที่สำหรับการวางเส้นลวดตัวนำ ซึ่งปกติจะพันอยู่บนตัวบ็อบบิ้น(Bobbin) ค่านี้จะต้องเลือกให้เหมาะสมด้วย สำหรับความสามารถในการจ่ายกำลังของแกนเหล็กคำนวณได้จาก

$$P_{out} = (1.16B_{max} f d A_s A_c) \times 10^{-9} \quad \dots\dots(3.15)$$

เมื่อ P_{out} คือ กำลังที่จ่ายให้ เป็น Watt

d คือ ความหนาแน่นของกระแสในลวดตัวนำ เป็น $\frac{A}{Cm^2}$

A_s คือ พื้นที่หน้าตัดของแกน เป็น Cm^2

A_c คือ พื้นที่สำหรับพันลวดบนบ็อบบิ้น เป็น Cm^2

บางบริษัทพื้นที่ของบ็อบบิ้นใช้สัญลักษณ์ W_a หรือหน้าตัดบ็อบบิ้นและความหนาแน่นของกระแสในสายในสายใช้หน่วยเซอร์คูลาร์ต่อแอมป์ ($c.m/A$) ใช้สัญลักษณ์ D โดย

$$d = \frac{1.27 \times 10^6}{D} \quad \dots\dots(3.16)$$

เมื่อนำค่า D มาแทนลงในสมการจะได้

$$P_{out} = \frac{(1.47 f B_{max} A_s A_c) \times 10^{-3}}{D} \quad \dots\dots(3.17)$$

ค่า D จะเทียบกับค่า 1000 เซอร์คูลาร์มิลล์ต่อแอมป์ แต่ในทางปฏิบัติจริงๆ จะใช้ค่าเพียง 200-400 เพื่อความปลอดภัย

สำหรับสมการข้างบนนี้ใช้สำหรับคำนวณและเลือกหาขนาดของแกนที่จะใช้พันขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดแกนเฟอร์ไรต์ของบริษัทต่างๆ

Material	Manufacture
3C8	Ferroacube
248	Stackpole
77	Fari-Rite Products
RT	Magnetics, Inc
H7C1	TDK
N27	Siemens

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดของลวดที่ใช้พันหม้อแปลง

AWG	Diameter over insulation (inches)		Nominal circular mil area	Resistance per 1000 ft	Current capacity in milliamperes base on 1000 c.m./A	
	Min	Max			AWG	AWG
8	0.130	0.133	16510	0.6281	16510	8
9	0.116	0.119	13090	0.7925	13090	9
10	0.104	0.106	1380	0.9985	1.380	10
11	0.0928	0.0948	8230	1.261	3226	11
12	0.0829	0.0847	6530	1.588	6529	12
13	0.0741	0.0757	5180	2.001	5184	13
14	0.0667	0.0682	4110	2.524	4109	14
15	0.0595	0.0609	3260	3.181	3260	15
16	0.0532	0.0545	2580	4.020	2581	16
17	0.0476	0.0488	2050	5.054	2052	17
18	0.0425	0.0437	1620	6.386	1624	18
19	0.0380	0.0391	1290	8.046	1289	19
20	0.0340	0.0351	1020	10.13	1024	20
21	0.0302	0.0314	812	12.77	812.3	21
22	0.0271	0.0281	640	16.20	640.1	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23	0.0244	0.0253	511	20.30	510.8	23
24	0.0218	0.0227	404	25.67	404	24
25	0.0195	0.0203	320	32.37	320.4	25
26	0.0174	0.0182	253	41.02	252.8	26
27	0.0157	0.0164	202	51.44	201.6	27
28	0.0141	0.0147	159	65.31	158.8	28
29	0.0127	0.0133	128	81.21	127.7	29
30	0.0113	0.0119	100	103.7	100	30
31	0.0101	0.0108	79.2	130.9	79321	31
32	0.0091	0.0098	64	162	64	32
33	0.0081	0.0088	50.4	205.7	50.41	33
34	0.0072	0.0078	39.7	261.3	39.69	34
35	0.0064	0.0070	31.4	330.1	31.36	35

การเลือกลักษณะแกนและชนิดของวัสดุ

วัสดุที่ทำเป็นแกนหม้อแปลงทั่วไป สามารถทำเป็นแกนหม้อแปลงความถี่สูงได้ แต่ที่นิยมใช้มากที่สุด คือ วัสดุแกนเฟอร์ไรต์ เพราะความหนาแน่นของฟลักซ์อยู่ในช่วง 3000-5000 เกาส์ มีการสูญเสียต่ำ ประกอบง่าย แกนเฟอร์ไรต์มีรูปร่างและขนาดมากมาย มีทั้งลักษณะแกนที่เป็น EE,EI,EC ซึ่งใช้กับกำลังไฟสูงๆ และแกนพอด (Pot) เหมาะสำหรับใช้กับกำลังไฟฟ้าปลากลาง (20-200 วัตต์) ตารางที่ 3.2 แสดงแกนเฟอร์ไรต์ของบริษัทต่างๆ ตารางที่ 3.3 แสดงขนาดของสายที่ใช้พันตามมาตรฐาน AWG(American Wire gauge)

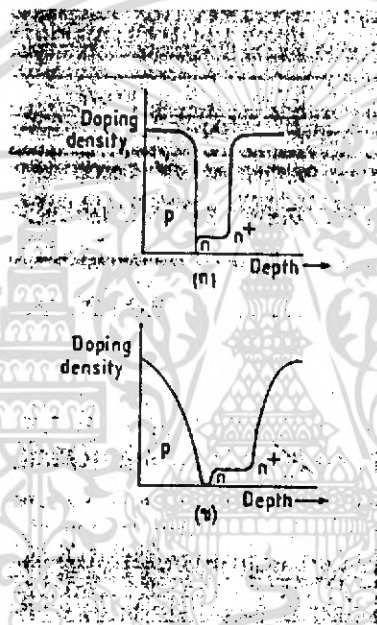
3.5 ฟาสต์-รีคัพเวอร์ไดโอด

ในวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ นับวันจะมีบทบาทมากขึ้น เพราะถูกออกแบบให้มีน้ำหนักเบา ประสิทธิภาพสูงและการสูญเสียที่ตัวบัลลาสต์ต่ำ ปัจจัยที่จะทำให้มีประสิทธิภาพสูงได้แก่ อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร จึงมีการพัฒนาอุปกรณ์แบบใหม่ๆ เช่น ทรานซิสเตอร์สวิตชิงแรงดันสูง ไอซีควบคุมการทำงาน หม้อแปลงแกนเฟอร์ไรต์ รวมไปถึงตัวเก็บประจุแรงดันสูงแบบอิเล็กทรอนิกส์ และสิ่งที่จะขาดไม่ได้ก็คือ ไดโอดชนิดพิเศษ

จากที่กล่าวมานี้ ไดโอดก็เป็นอุปกรณ์ตัวหนึ่งที่จำกัดประสิทธิภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ข้อแรกก็คือ ความเร็ว ไดโอดที่ใช้กับงานประเภทนี้ต้องมีความเร็วสูง วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นี้ทำงานที่ความถี่สูงประมาณ 25 - 60 KHz ข้อที่ 2 ก็คือ แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนำ

กระแส หรือแรงดันตกคร่อมขณะไดโอดขณะได้รับไบแอสตรงจะต้องต่ำ เพราะกระแสไฟที่ไหลผ่านเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

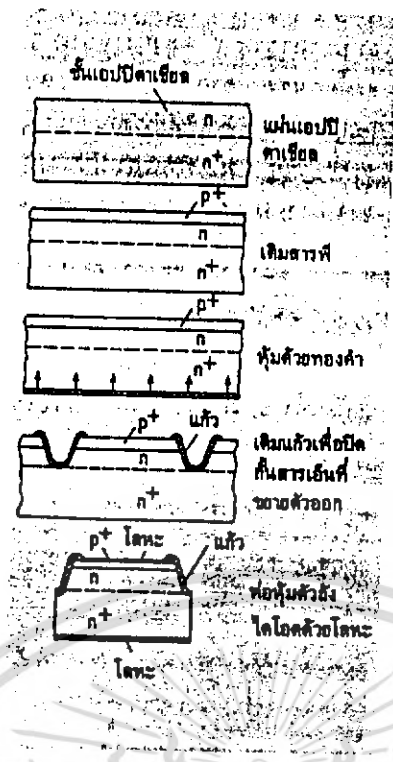
ไดโอดขณะนำกระแสมีค่าสูงมาก ถ้าแรงดันตกคร่อมไดโอดมีค่าสูงจะทำให้มีการสูญเสียสูงตามไปด้วย ดังนั้นเพื่อประสิทธิภาพที่ดีของภาคสวิตชิง การศึกษาในเรื่องของไดโอดจึงเป็นสิ่งสำคัญ ในรูปที่ 3.19 แสดงการเปรียบเทียบการได้ปัสการกึ่งตัวนำระหว่างฟอสต์-รีคัพเวอรีไดโอดชนิดเอปิตาเซียล และไดโอดชนิด ดับเบิล-ดิฟฟิวส์ ไดโอดชนิดที่ใช้เทคโนโลยีแบบเอปิตาเซียลในการสร้าง ซึ่งมีข้อดีกว่าวิธีการสร้างไดโอด ด้วยกรรมวิธี ดับเบิล-ดิฟฟิวส์ (double-diffused) ในรูปที่ 3.19 เป็นการเปรียบเทียบวิธีการได้ปัสการกึ่งตัวนำในการสร้างไดโอดทั้งสองแบบซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด เทคโนโลยีแบบเอปิตาเซียลจะควบคุมวัสดุที่ใช้อย่างละเอียด โดยเฉพาะตรงรอยต่อของสารม ความลึกและความหนาของสาร ชั้นรองจะถูกควบคุมเพื่อให้ได้ไดโอดที่มีประสิทธิภาพ และมีความเร็วสูงด้วย



รูปที่ 3.19 แสดงการเปรียบเทียบการได้ปัสการกึ่งตัวนำระหว่าง
 ก. ฟอสต์-รีคัพเวอรีไดโอดชนิด เอปิตาเซียล
 ข. ไดโอดชนิดดับเบิล-ดิฟฟิวส์

จากรูปที่ 3.20 เป็นขั้นตอนการผลิตฟอสต์-รีคัพเวอรีไดโอดชนิดเอปิตาเซียล ที่รอยต่อของไดโอดจะเติมแก๊วเพื่อปิดสารเอ็นที่ยัดขยายออก แก๊วที่เติมลงไปนี้มีข้อดีคือ
 ประการแรก ขอบรอยต่อจะถูกป้องกันไม่ให้มีผลกระทบจากรอยต่อที่ติดกัน
 ประการที่สอง สามารถที่จะนำอุปกรณ์นี้ไปทดสอบได้โดยไม่ต้องไปห่อหุ้มก่อน
 ประการสุดท้ายก็คือจากการทดสอบเป็นเวลานานพบว่าอุปกรณ์ที่เติมแก๊วลงไปให้ผลคงที่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 ขั้นตอนการสร้างฟอสต์-รีคิฟเวอร์ไดโอดชนิดเอปิตาเซียล

สำหรับไดโอดเบอร์ BYW29 ยังมีลักษณะเด่นคือ โลหะที่ห่อหุ้มตัวถึงซึ่งต่อกับสายตัวนำภายนอก จะไม่ห่อหุ้มสารซิลิกอนโดยตรง แต่จะมีทองคำห่อหุ้มผสมกับซิลิกอนชั้นหนึ่งก่อน ข้อดีของวิธีนี้คือ ทำให้ความต้านทานระหว่างโลหะตัวนำกับซิลิกอนลดลง

ความต้านทานนี้จะเป็นตัวกำเนิดความร้อน (thermal resistance) เนื่องจากทองคำที่ห่อหุ้มซิลิกอนมีสภาพการนำความร้อนดีกว่าการใช้ตัวนำดีบุกหลอมที่ใช้กับไดโอดทั่วไป เมื่อผลจากอุณหภูมิลดลงจะทำให้การทำงานของอุปกรณ์มีประสิทธิภาพและอายุการใช้งานสูงขึ้น

ตารางที่ 3.4 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของฟอสต์-รีคิฟเวอร์ไดโอด

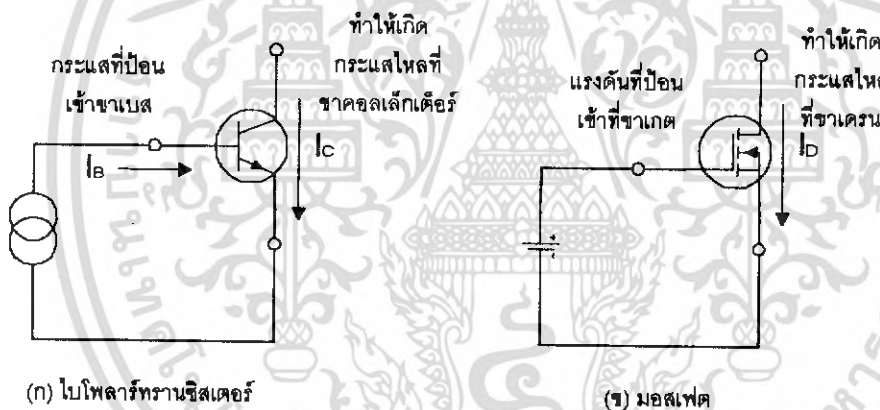
	11DF1	11DF3	31DF1	
	11DF2	11DF4	31DF2	Units
I_o	1.0		3.0	A
I_{FSM}	@50Hz	30	60	A
	@60Hz	31.4	62.8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I^2t	@50Hz	4.5		18		A^2S
	@60Hz	4.1		16.4		
ttr Range	35	30	35		nS	
Tj Range	-40~+150		-40~+150		°C	
VRRM Range	100	300	100	300	V	
	&	&	&	&		
	200	400	200	400		

3.6 วงจรขับด้วยมอสเฟต(Mosfet)

มอสเฟตเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีการไบแอสและขับแตกต่างไปจากไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์มาก ดังแสดงความแตกต่างนี้ในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การเปรียบเทียบวิธีขับทรานซิสเตอร์และมอสเฟต

ถ้าต้องการให้การแอสไพล์ในขาคอลเล็กเตอร์ต้องป้อนกระแสเข้าทางขาเบสของทรานซิสเตอร์ แต่ถ้าต้องการให้มีกระแสในขาเดรนต้องป้อนแรงดันเข้ายังขาเกต โดยที่ปริมาณของกระแสที่ไหลทางเอาต์พุตเป็นสัดส่วนกับกระแสและแรงดันทางอินพุตตามลำดับ และที่สำคัญก็ยิ่งขึ้นกับอัตราขยายของอุปกรณ์ทั้งสองด้วย สำหรับมอสเฟต แรงดันที่ป้อนเข้ายังเกตและซอร์สจะมีกระแสไหลน้อยมาก เพราะมีจนวนออกไซด์กั้นอยู่ จึงมีกระแสไหลผ่านชั้นจนวนเพียงไม่กี่นาโนแอมป์เท่านั้น แต่ทำให้ได้กระแสเดรนหลายๆ แอมแปร์ ดังนั้นอัตราขยายกระแสจึงสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในขณะที่ไม่มีแรงดันป้อนให้เข้ากับขั้วเกตและซอร์ส อิมพีแดนซ์ระหว่างซอร์สและเดรนก็สูงมาก จะมีเพียงกระแสรั่วไหลเป็นไมโครแอมป์เท่านั้น จากรูปที่ 3.22 เป็นกราฟแสดงแสดงแรงดันพังกหลายของมอสเฟต



รูปที่ 3.22 คุณสมบัติการสกัดกันกระแสของเดรนและซอร์ส

เมื่อป้อนแรงดันให้กับขั้วเกตและซอร์สจะเกิดสนามไฟฟ้าขึ้นในตัวมอสเฟต สนามไฟฟ้านี้จะไปเปลี่ยนค่าความต้านทานระหว่างเดรนและซอร์ส ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่านเดรนและซอร์สจึงขึ้นอยู่กับค่าแรงดันที่ตกคร่อมเกตและซอร์ส

เนื่องจากมอสเฟตกินกระแสทางเกตต่ำมาก ดังนั้นอัตราขยายกระแสจึงสูงมาก ประมาณ 10^9 จึงทำให้พารามิเตอร์ตัวนี้ไม่มีความหมายสำหรับมอสเฟต แต่พารามิเตอร์ที่สำคัญกับเป็นค่าทรานสคอนดักแตนซ์(transconductance) คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสเดรนเมื่อแรงดันเกตเปลี่ยนไป 1 โวลต์

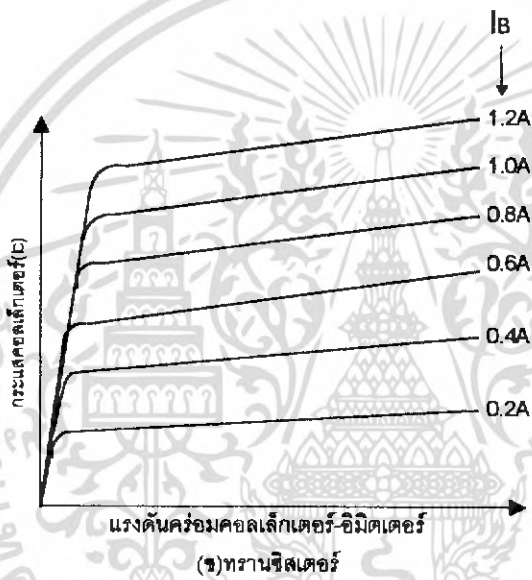
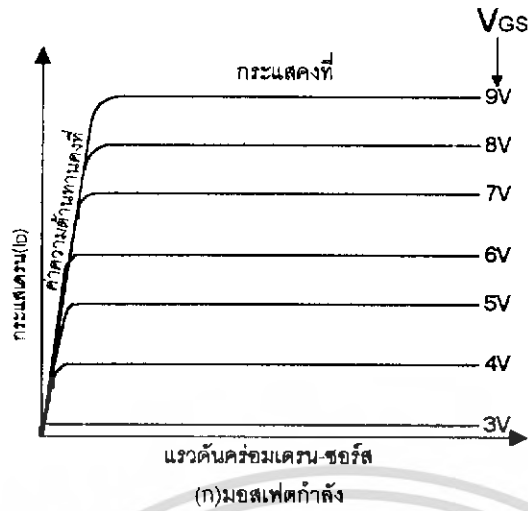
ด้วยคุณสมบัติที่ดีในด้านอัตราขยายนี้เอง ทำให้เราสามารถขับมอสเฟตกำลังได้โดยตรงจากไอซีชนิดทีทีแอลหรือซีมอส

คุณสมบัติทางสถิติก

คุณสมบัติในการทำงานในการทำงานด้านเดรน-ซอร์สของมอสเฟต แสดงไว้ในรูปที่ 3.23 โดยรูปที่ 3.23 (ก) เป็นของมอสเฟต และรูปที่ 3.23 (ข) เป็นคุณสมบัติทางคอลเล็กเตอร์-อิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ธรรมดา

จากรูปที่ 3.23 (ก) จะเห็นว่าคุณสมบัติทางเอาต์พุตของมอสเฟตเหมือนกับความต้านทานคงที่ เพราะเมื่อเราเพิ่มแรงดันคร่อมเดรนและซอร์ส กระแสเดรนก็จะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



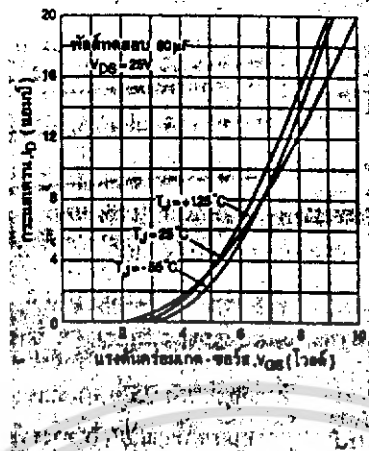
รูปที่ 3.23 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางทางเอาต์พุตของมอสเฟตกำลัง และไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์

ในการทำงานด้านสวิตช์ของมอสเฟต ค่าความต้านทานขณะนำกระแสหรือ $R_{DS(ON)}$ ของมอสเฟตกำลังเป็นค่าที่สำคัญมาก เพราะจะเป็นตัวบอกถึงกำลังงานการสูญเสียที่ทนได้ขณะจ่ายกระแสเดรน มอสเฟตที่มีความต้านทานขณะนำกระแสต่ำจะสามารถจ่ายกระแสได้สูง

แรงดันเทรสโลต์และทรานคอนดักแตนซ์

จากคุณสมบัติทางสแตติกดังแสดงในรูปที่ 3.23 แรงดันที่ป้อนให้เกิดจะเริ่มจากศูนย์ ที่แรงดันเกตเป็นศูนย์ ขณะแรกกระแสเดรนจะยังไม่มีเปลี่ยนแปลง จนแรงดันเกตเกินจุดเทรสโลต์จึงจะเริ่มมีกระแสที่เป็นสัดส่วนกับแรงดันเกตโวลในวงจรเดรน-ซอร์ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 คุณสมบัติการส่งผ่าน(transfer)ของมอสเฟตเบอร์ IRF130

จากรูปที่ 3.24 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเดรนและแรงดันตกเกตก่อนข้างจะเป็นเชิงเส้น หลังจากพ้นช่วงเทรชโฮลด์ไปแล้ว ดังนั้นค่าทรานสคอนดักแตนซ์จึงคงที่ด้วย คุณลักษณะเฉพาะของมอสเฟต

ตารางที่ 3.5 แสดงเบอร์ของมอสเฟตบางส่วน ถ้าต้องการทราบนอกเหนือจากนี้ให้ติดต่อกับผู้ผลิต

กระแสเดรนจะไหลได้ที่แรงดันคร่อมเดรน-ซอร์สต่ำกว่า 10 โวลต์ แรงดัน V_{GS} คือแรงดันตกคร่อมเกตและซอร์สและ $V_{GS(th)}$ คือ แรงดันเทรชโฮลด์ซึ่งจะสูงกว่า 1 โวลต์เสมอ ทำให้กระแสวิกจากภาคขับไหลลงสู่กราวด์ได้ง่ายขึ้น และในการหยุดในการนำกระแสก็กระทำได้โดยไม่ต้องไบแอสกลับและยังทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ ณ รอยต่อภายใน (junction) สูงสุด 150 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างเช่น IRF150 ขนาด 100 โวลต์ม, 28 แอมป์ต่อเนื่อง, 70 แอมป์พัลส์ มีค่าความต้านทานขณะนำกระแสต่ำเพียง 0.055 โอห์ม(สูงสุด) แสดงว่าจะมีแรงดันตกคร่อมเดรนและซอร์ส 0.1 โวลต์ ที่กระแส 20 แอมป์

	Data Sheet PD9.302				Data Sheet PD9.304				Data Sheet PD9.303				Data Sheet PD9.305			
	IRF 330	IRF 331	IRF 332	IRF 333	IRF 350	IRF 351	IRF 352	IRF 353	IRF 130	IRF 131	IRF 132	IRF 133	IRF 150	IRF 151	IRF 152	IRF 153
VDS แรงดันเดรน-ซอร์ส(สูงสุด)V	400	350	400	350	400	350	400	350	100	60	100	60	100	60	100	60
ID กระแสเดรนต่อเนื่องสูงสุด A	4		3.5		11		10		12		10		28		24	
IDM กระแสพัลส์เดรน(สูงสุด) A	8		7		25		20		30		25		70		60	
RDS(on) ค่าความต้านทานเดรน-ซอร์ส (สูงสุด) ohm	1		1.5		0.3		0.4		0.18		0.25		0.055		0.08	
PD การกระจายกำลัง(สูงสุด) W	75				150				75				150			
gfs ค่าพอร์วิวิตทรานคอนดักแตนซ์(ปกติ) mo	3.5				9				5				10			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Td(on) ค่าของภาวน่วงเวลา ก่อนนำกระแส(ปกติ) ns	50	60	50	60
tr เวลาชารัน(ปกติ)	ns	100	150	150
td(off) ภาวน่วงเวลากลับมา นำกระแส(ปกติ) ns	100	400	100	300
tr เวลาทางลง(ปกติ) ns	100	150	150	200
Ciss ค่าความจุอินพุต(สูงสุด) pf	1000	4000	1000	4000

ตารางที่ 3.5 คุณสมบัติของมอสเฟต เบอร์ต่างๆ

จากตารางที่ 3.5 IRF350 เป็นชนิดแรงดันสูง ซึ่งมีขนาดของซันดาาย(ซันซิลิกอน) เท่ากับ เบอร์ IRF150 (รุ่นแรงดันต่ำ) โดย IRF350 มีอัตราทนแรงดัน 400 โวลต์ และทนกระแสต่อเนื่อง 11 แอมป์, 25 แอมป์พัลส์ มีความต้านทานขณะนำกระแสสูงสุด 0.3 โอห์ม ดังนั้น IRF350 จึงสามารถสวิตช์ซึ่งวงจรที่ใช้กำลังสูงถึง 4.4 กิโลวัตต์ต่อเนื่อง

ณ ที่อุณหภูมิตัวถังของมอสเฟต 25 องศาเซลเซียส จะมีกำลังสูญเสียต่อเนื่องเท่ากับ 150 วัตต์ ความต้านทานทางอุณหภูมิจากซันดาายไปจนถึงตัวถังเป็น 0.83 องศาเซลเซียสต่อวัตต์ เบอร์ ที่กำลังต่ำกว่าคือ IRF130 และ IRF330 เป็นเบอร์ที่สามารถจ่ายกระแสได้เท่ากับรุ่นก่อน(ที่เลิกผลิตแล้ว) แต่มีขนาดซันดาายเล็กกว่าเพียง 1 ใน 3 เท่านั้น แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการของการผลิต ที่ก้าวหน้าไปมาก ทั้งสองเบอร์จ่ายกระแสได้ 12 แอมป์ต่อเนื่อง 30 แอมป์พัลส์ แต่เบอร์ IRF130 มีความต้านทานสูงสุดขณะนำกระแส 0.18 โอห์ม ส่วน IRF330 ทนแรงดันได้ 400 โวลต์ 4 แอมป์ ต่อเนื่อง และ 8 แอมป์พัลส์ มีความต้านทานขณะนำกระแส 1 โอห์ม

ที่อุณหภูมิตัวถัง 25 องศาเซลเซียส IRF330 จะทนกำลังสูญเสีย(ไฟตรง) ได้ 75 วัตต์ โดยมีความต้านทานทางอุณหภูมิ 1.6 องศาเซลเซียสต่อวัตต์

เวลาที่ใช้ในการสวิตช์

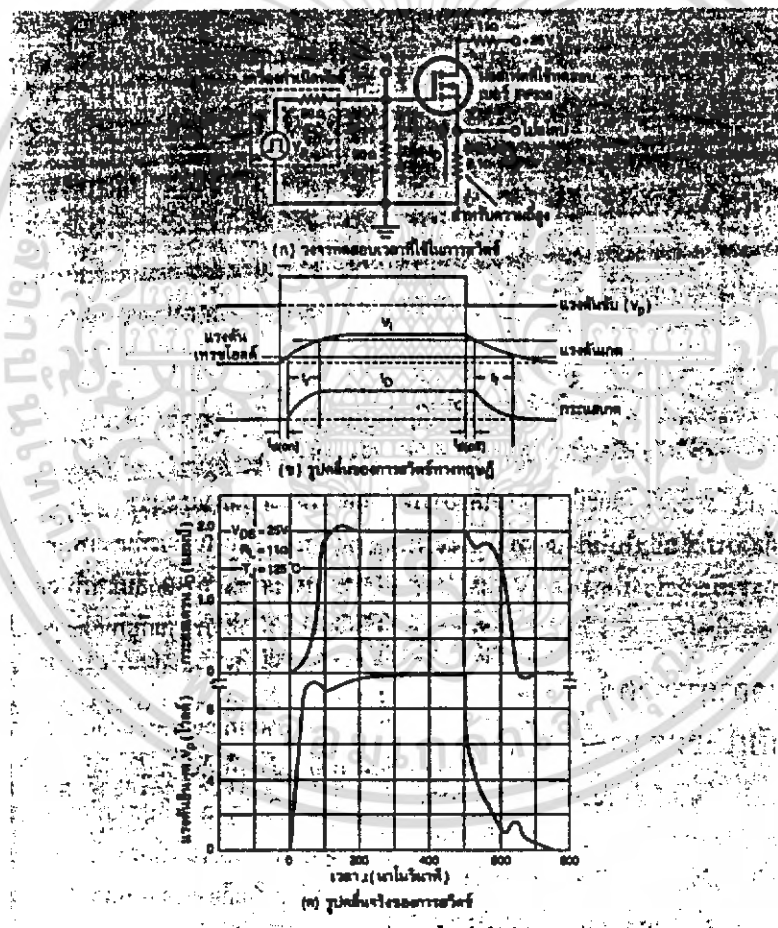
มอสกำลังมีความเร็วสูงกว่าทรานซิสเตอร์กำลังในขนาดเดียวกัน เพราะมอสเฟตไม่มี เวลาหน่วงของพาหะอิเล็กตรอนภายใน ความเร็วของมอสเฟตจึงขึ้นอยู่กับค่าความจุภายในและ เวลาในการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนข้ามซันซิลิกอน

ค่าความจุอินพุตหรือ C_{iss} เป็นตัวการสำคัญในการทำให้มอสเฟตมีความเร็วมากน้อยแค่ไหน แม้ว่ามอสเฟตจะใช้กระแสจำนวนน้อยมากๆ เพื่อขับเคลื่อน แต่ช่วงเวลาในการประจุและคายประจุ ตัวเก็บประจุ C_{iss} ที่ยาวนานก็จะเป็นผลให้ความไวในการสวิตช์ลดลง ดังนั้นจึงต้องพิจารณาค่าความจุนี้กับค่าความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายสัญญาณเพื่อให้รู้ค่าคงที่เวลา (time constant)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.25 แสดงรูปคลื่นการสวิตช์ของมอสเฟตเบอร์ IRF330 เมื่อขับด้วยพัลส์ที่มีความกว้าง 500 นาโนวินาที จะเห็นว่าทางเอาต์พุต(กระแสเดรน) มีการตอบสนองโดยไม่มีกรหน่วงเวลาเลย หลังจากแรงดันอินพุตพ้นช่วงแรงดันอินพุตพ้นช่วงเทรสโฮลด์(3 โวลต์) และแรงดันเกตนี้ถูกควบคุมด้วยค่า $R_{input} \times C_{iss}$ ส่วนช่วงเวลารอบขาขึ้น t_r เป็นช่วงเวลากการประจุเกตจากแรงดันเทรสโฮลด์ผ่านช่วงการทำงานแบบลิเนียร์จนถึงระดับแรงดันเกต(5 ถึง 8 โวลต์)ที่ทำให้กระแสเดรนมีค่าสูงสุด

ในช่วงการหยุดนำกระแสกระบวนกรต่างๆ ก็จะกลับกัน ในช่วงนี้เวลาหน่วง $t_{a(off)}$ จะเกิดจากการคายประจุของเกตจากช่วงเวลากการนำกระแสแถมตัวที่เดรนได้(5 ถึง 8 โวลต์) และจนถึงช่วงขอบขาลง t_f จากนั้นก็ผ่านไปสู่ช่วงแรงดันเทรสโฮลด์



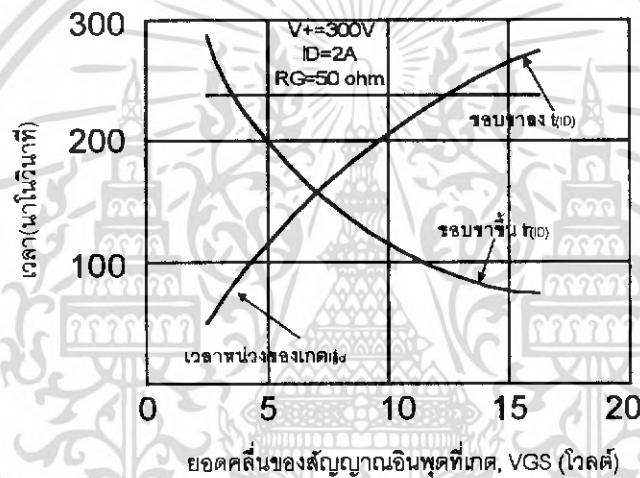
รูปที่ 3.25 การสวิตช์ของมอสเฟต

- (ก) วงจรทดสอบเวลาในการสวิตช์
- (ข) รูปคลื่นของการสวิตช์ตามทฤษฎี
- (ค) รูปคลื่นจริงของการสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

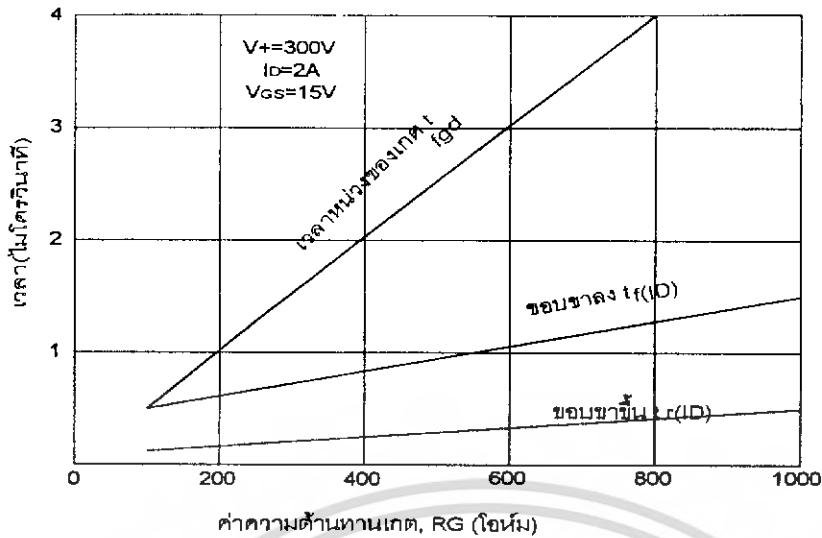
รูปที่ 3.26 แสดงความสัมพันธ์ของยอดคลื่นแรงดันที่ป้อนให้เกิด, ช่วงเวลาน่วงการหยุดการนำกระแส, เวลาขอบขาลงและขอบขาขึ้นของกระแสเดรน โดยมีส่วนรับวงจรขับเป็นตัวต้านทาน ดังรูปที่ 3.25(ก)

ช่วงเวลาน่วงการหยุดการนำกระแสจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มแรงดันเกต แต่ช่วงเวลาขอบขาขึ้นจะลดลงเมื่อเพิ่มแรงดันเกตเพราะสัญญาณที่เข้ามาขับเกตยิ่งสูงก็ยิ่งทำให้แรงดันคร่อมเกตและซอร์สถึงจุดควบคุมกระแสเดรนได้เร็วขึ้น แต่ขอบขาลงของกระแสเดรนจะไม่ได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงแรงดันเกตเลย เพราะการลดลงของแรงดันเกตลงเร็วกว่ากระแสเดรน ณ บริเวณที่แรงดันเกตควบคุมกระแสเดรนได้(ช่วง t_f)



รูปที่ 3.26 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสวิตช์และแรงดันเกต(IRF330)

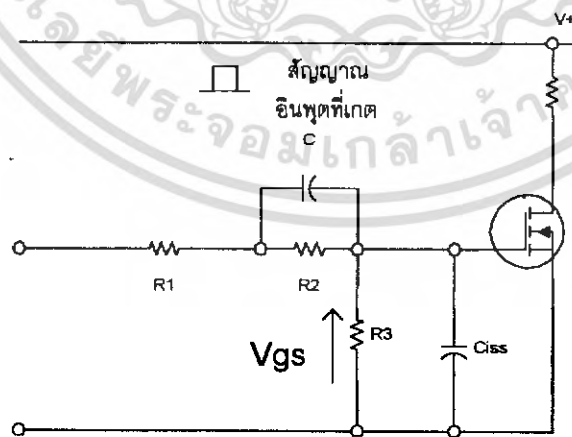
ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาการสวิตช์และความต้านทานของวงจรเกต แสดงดังในรูปที่ 3.27 จะเห็นว่าความต้านทานของวงจรเกตที่สูงขึ้นจะได้เวลาการสวิตช์ที่นานขึ้น เนื่องจากค่าคงที่เวลาของ $R_G C_{iss}$



รูปที่ 3.27 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการสวิตช์และความต้านทานของวงจรถูกเกต (IRF330)

การเพิ่มความเร็วในการสวิตช์ด้วยค่าความจุ

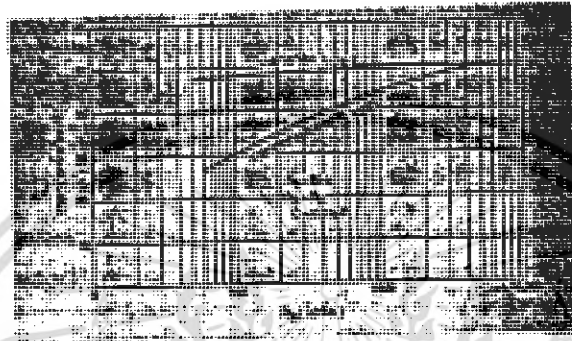
จากที่ผ่านมามาดูเห็นว่าค่าของ C_{iss} มีผลมากต่อเวลาการตอบสนองของมอสเฟต ในรูปที่ 3.28 แสดงวงจรเพิ่มความเร็วหรือลดเวลาการสวิตช์ลง โดยเพิ่มแรงดันเกตและกระแสเดรน เมื่อขั้วเกตของมอสเฟตตัวเก็บประจุ C จะมีอิมพีแดนซ์ต่ำต่อพัลส์ที่ป้อนเข้าทางเกต ทำให้เหมือนกับลัดวงจรตัวต้านทาน R_2 ดังนั้น C_{iss} จึงถูกประจุอย่างรวดเร็ว และในช่วงการหยุดนำกระแส ตัวเก็บประจุ C จะได้รับประจุจากทางด้านซ้ายของมัน ประจุที่ยังคงอยู่ใน C จะช่วยในการคายประจุให้ C_{iss} อย่างรวดเร็วด้วย



รูปที่ 3.28 วงจรเพิ่มความเร็วของเกต

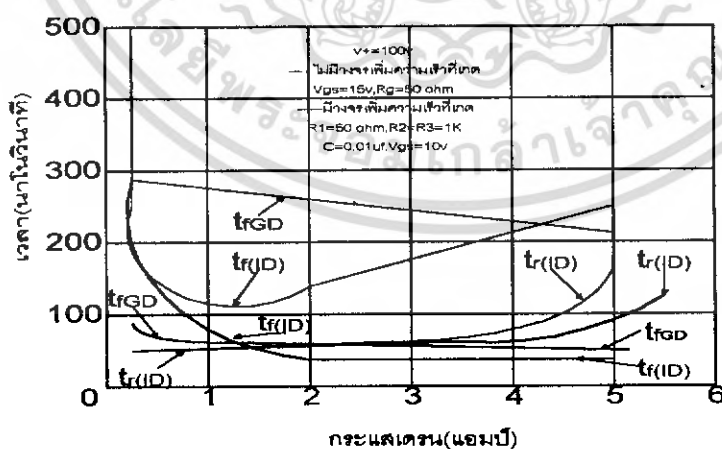
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ข้อควรจำของการใช้วิธีนี้ก็คือน่าจะต้องป้อนแรงดันที่ป้อนให้เกิด เพราะจะถูกแบ่งไปโดย R_3 กับ R_1 และ R_2 นอกจากนี้ R_3 ยังดึงกระแสบางส่วนจากแหล่งขับอีกด้วย ดังนั้นค่าของ R_3 จึงควรให้สูงเท่าที่จะเป็นไปได้ รูปที่ 3.29 แสดงเวลาในการสวิตช์ที่แตกต่างกันไปตามค่า R_3 ที่เปลี่ยนไป โดยค่าของ R_1, R_2 และ C เท่ากับที่เปลี่ยนให้ไว้ในกราฟเวลาในการสวิตช์เร็วที่สุดคือ 50 นาโนวินาที ที่ค่า R_3 $10K\Omega$ ทำให้ต้องใช้กระแสขั้วที่เกตประมาณ 1 มิลลิแอมป์ ซึ่งน้อยกว่าทรานซิสเตอร์ชนิดอาร์ลิงตัน แต่มีความเร็วในการสวิตช์สูงกว่า



รูปที่ 3.29 ค่าของอุปกรณ์ในวงจรเกตที่เปลี่ยนไปจะมีผลต่อเวลาการสวิตช์(IRF330)

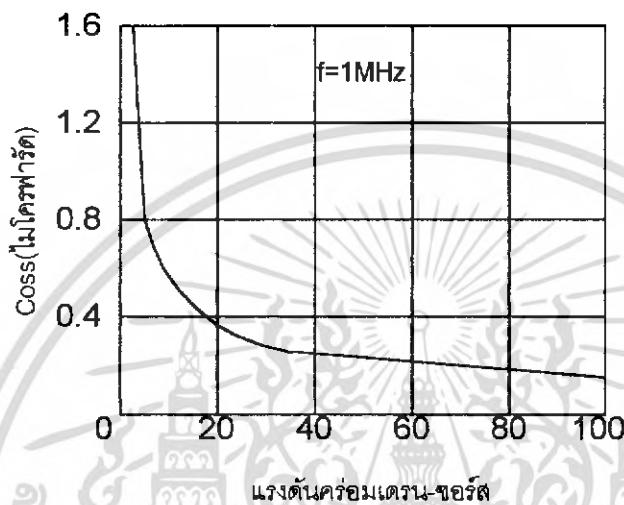
รูปที่ 3.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการสวิตช์กับกระแสเดรน ทั้งมีและไม่มียวงจรเพิ่มความเร็วกเกตจะสังเกตเห็นได้ว่า เวลาคงของการหยุดนำกระแสลดลงอย่างมากมายที่กระแสเดรนสูงกว่า 1 แอมป์ขึ้นไป ผลอันนี้เกิดจากค่าความจุ C_{oss} ที่อยู่ระหว่างขาเดรนและซอร์สที่กระแสเดรนต่ำ และความต้านทานโหลด (R) สูง ก็จะได้ค่าคงที่เวลา RC_{oss} สูง



รูปที่ 3.30 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการสวิตช์และกระแสเดรนทั้งที่มีและไม่มียวงจรเพิ่มความเร็วกเกต (IRF330)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่าง C_{oss} และแรงดันตกคร่อมเดรนและซอร์ส แสดงดังในรูปที่ 3.31 จากที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าเราสามารถขั้มมอสเฟตกำลังที่มีขนาดหลายๆ สิบแอมแปร์และเป็นกิโลวัตต์ได้ด้วยไอซีลีนีร์ธรรมดา และมีความเร็วได้อย่างที่ต้องการ ซึ่งเป็นไปไม่ได้เลยถ้าใช้ไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ธรรมดา



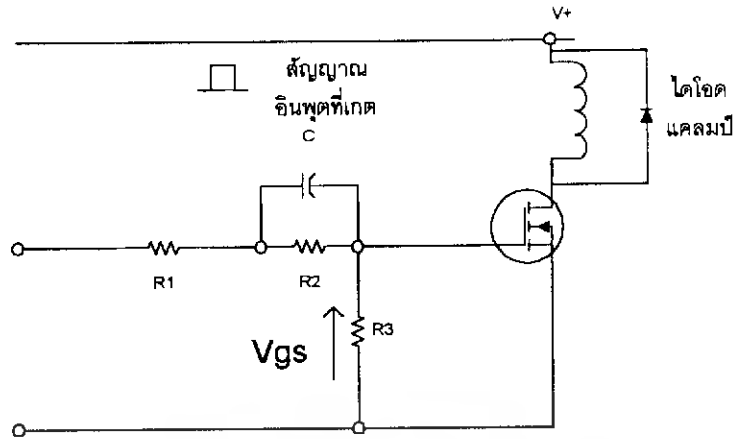
รูปที่ 3.31 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันตกคร่อมเดรนและซอร์ส และความจุภายในระหว่างเดรนและซอร์ส (IRF330)

เวลาการสวิตช์กับโหลดตัวเหนี่ยวนำ

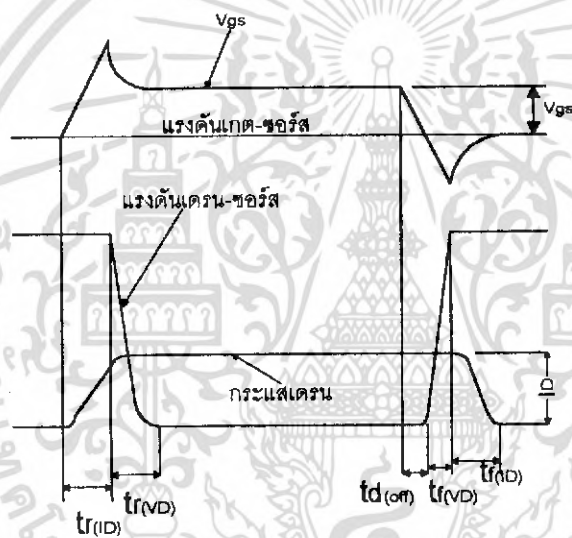
จากที่ผ่านมาเป็นกรอธิบายคุณสมบัติทางเอาต์พุตของมอสเฟตที่มีต่อโหลดชนิดตัวต้านทาน แต่ในการใช้งานจริงโอกาสที่จะต้องขับโหลดที่มีคุณสมบัติเป็นตัวเหนี่ยวนำมีสูงมาก (เช่น มอเตอร์, หม้อแปลง ฯลฯ) ในรูปที่ 3.32 แสดงวงจรง่ายๆ ที่มีการแคลมป์โหลดที่เป็นตัวเหนี่ยวนำ โดยมีรูปคลื่นการสวิตช์ในอุดมคติดังรูปที่ 3.33 โดยเมื่อเริ่มนำกระแส กระแสเดรนจะเพิ่มขึ้นในขณะที่ขณะที่แรงดันลดลง และเมื่อหยุดนำกระแส กระแสเดรนจะหยุดลงและแรงดันคร่อมเดรน-ซอร์สเพิ่มขึ้น แต่ในขณะที่มอสเฟตหยุดนำกระแสจะมีกระแสนย้อนกลับจากโหลด ซึ่งไดโอดแคลมป์ที่ต่อขนานกับโหลดอยู่จะเป็นตัวรับกระแสนี้ไป

นอกเหนือจากกระแสนย้อนกลับจากตัวเหนี่ยวนำที่เป็นโหลดแล้ว ยังมีตัวเหนี่ยวนำแฝงที่เกิดจากการเดินสายที่ยาวจากขาเดรนของมอสเฟตจนถึงโหลด ซึ่งตัวเหนี่ยวนำแฝงนี้จำเป็นต้องกำจัดให้หมดในขั้นตอนการสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



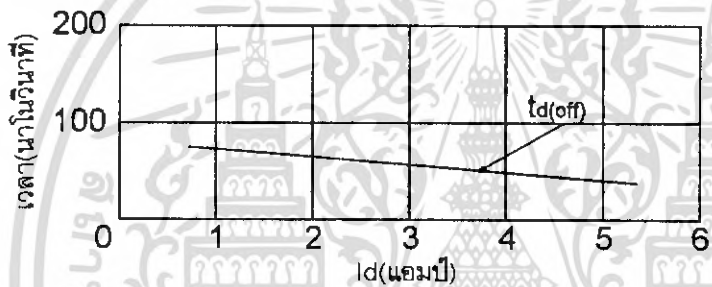
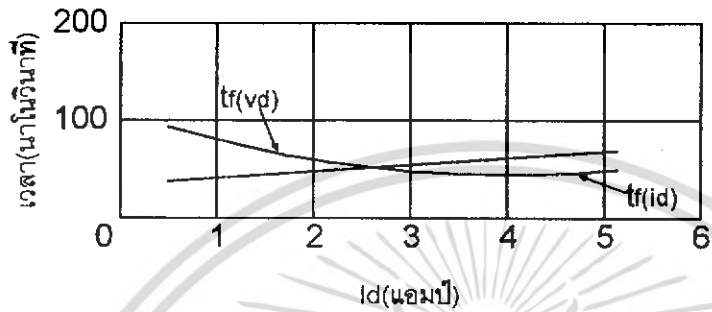
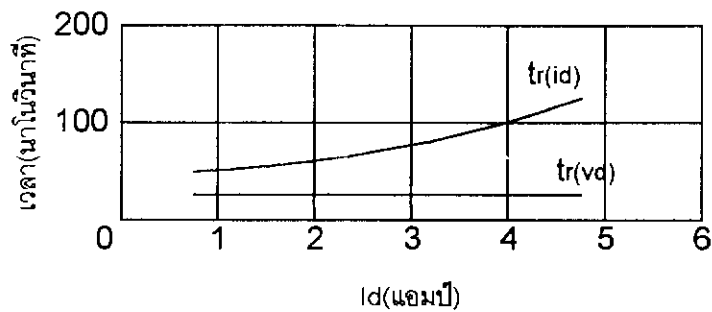
รูปที่ 3.32 วงจรที่มีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำและมีโอดีดแคลมป์



รูปที่ 3.33 รูปคลื่นการสวิตช์ในอุดมคติที่มีโอดีดแคลมป์โหลดที่เป็นตัวเหนี่ยวนำ

รูปที่ 3.34 เป็นเส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสวิตช์และกระแสเดรนที่ไหลผ่านโหลดตัวเหนี่ยวนำที่ถูกแคลมป์แล้ว (อินพุตมีวงจรเพิ่มความเร็วกเกตด้วย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$V+=300V, Vgs=10V, R1=50ohm$
 $R2=R3=1k, C=0.01uf$

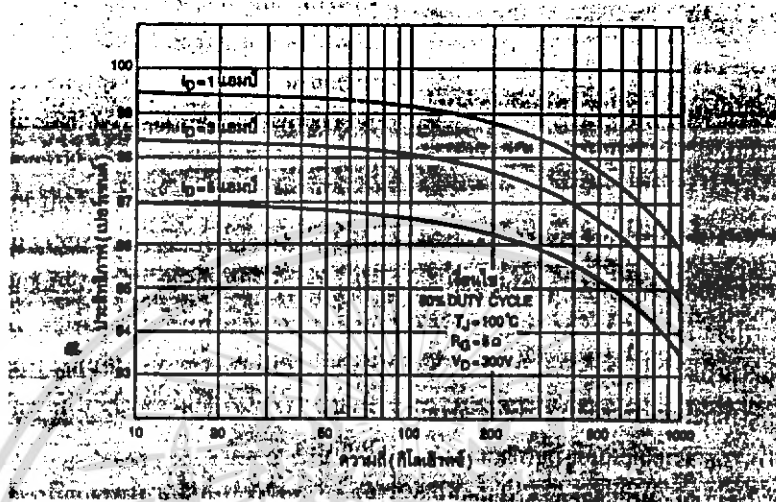
รูปที่ 3.34 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการสวิตช์และกระแสเดรนในวงจร โหลดที่เป็นตัวเหนี่ยวนำและมีวงจรเพิ่มความเร็วก่

ความถี่ใช้งานสูงสุด

ความสามารถในด้านความเร็วของมอสเฟตนั้นดีกว่าทรานซิสเตอร์ในขนาดทนกำลังเท่ากัน ดังนั้นความสูญเสียระหว่างสวิตช์จึงต่ำกว่าทรานซิสเตอร์มาก ในรูปที่ 3.35 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ใช้งานกับประสิทธิภาพการสวิตช์ของมอสเฟตกำลังเบอร์ IRF330 โดยมีโหลดเป็นตัวต้านทาน ข้อมูลในรูปที่ 3.35 นี้เป็นของมอสเฟตเท่านั้น ไม่เกี่ยวกับอุปกรณ์ตัวอื่นๆ ในวงจร โดยปกติแล้วมอสเฟตกำลังสามารถใช้งานที่ความถี่ได้สูงถึง 500 KHz หรือสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพการสวิตช์หาได้จาก
(กำลังอินพุต- กำลังสูญเสียในมอสเฟต)
กำลังอินพุต



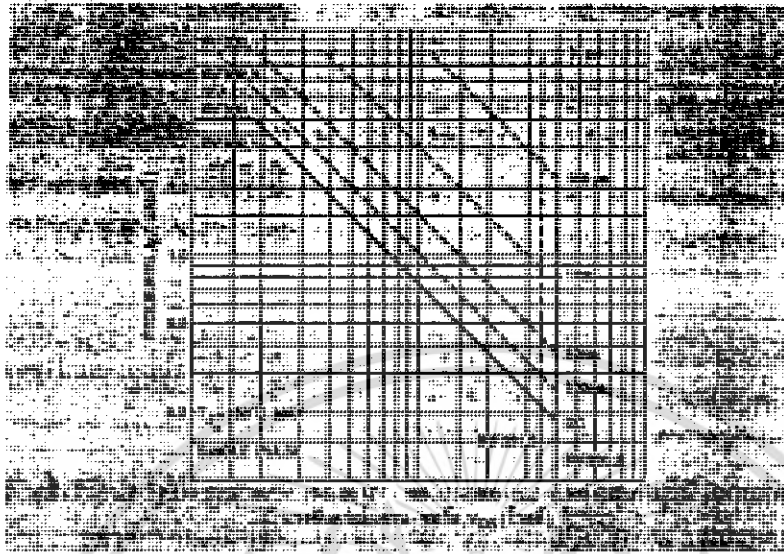
รูปที่ 3.35 แสดงประสิทธิภาพของการสวิตช์ (IRF330)

พื้นที่ทำงานปลอดภัย

พื้นที่ทำงานที่ปลอดภัยนี้หมายถึง พื้นที่ในกราฟที่กำหนดไว้ในเอกสารข้อมูลของมอสเฟตตัวนั้นๆ ตัวอย่างพื้นที่นี้แสดงในรูปที่ 3.36

มอสเฟตมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากทรานซิสเตอร์อยู่อย่างชัดเจนอย่างหนึ่งคือ มอสเฟตมีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิเป็นบวก และในขณะที่นำกระแส กระแสจะถูกกระจายออกไปตลอดทั้งชิ้นตาย ซึ่งตรงกันข้ามกับทรานซิสเตอร์ที่ขณะนำกระแสจะมีกระแสเป็นจำนวนมากมาออกกันอยู่บริเวณส่วนที่เป็นเบส อันเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นตายเพราะ ณ จุดนี้จะมีความร้อนสูงกว่าจุดอื่น และทรานซิสเตอร์ก็มีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิเป็นลบด้วย จึงทำให้เกิดความเสียหายได้ง่ายยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.36 ขอบเขตสูงสุดของพื้นที่การทำงานที่ปลอดภัย (IRF330/333)

จากในรูปที่ 3.36 ซึ่งเป็นกราฟแสดงพื้นที่การทำงานที่ปลอดภัยของมอสเฟตในอนุกรม IRF330 ซึ่งจะเห็นเส้นที่บ่งเป็นเส้นแสดงความสามารถในการทนกำลังต่อเนื้อหรือไฟตรง จะได้ที่ 75 วัตต์ และจะทนกำลังได้มากขึ้นที่กำลังงานเป็นพัลส์ที่ระยะเวลาแตกต่างกันจาก 10 มิลลิวินาที ถึง 10 ไมโครวินาที

การใช้งานมอสเฟตควรให้แรงดัน V_{DS} ต่ำกว่าค่าสูงสุดที่ทนได้ แต่ในการใช้งานเพื่อ สวิตช์กระแสเหนี่ยวนำขนาดสูงๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดแรงดันทรานเซียนต์ระดับสูงๆ ขึ้นมา ก็สามารถ ทำได้แต่ต้องมีวงจรแคลมป์ เช่น ซีเนอร์ไดโอดต่อคร่อมตัวมอสเฟตที่ขาเดรนและซอร์สใกล้ที่สุด เท่าที่จะทำได้

ที่แปลกแตกต่างจากทรานซิสเตอร์ก็คือค่าทรานคอนดักแตนซ์หรือ g_{fs} ของมอสเฟตจะ สูงสุดที่กระแสเดรนสูงสุดแต่สำหรับค่า h_{fe} (ของทรานซิสเตอร์) จะลดลงที่กระแสเดรนสูงขึ้น การที่ มอสเฟตมีค่าทรานคอนดักแตนซ์สูงที่กระแสเดรนสูงทำให้พื้นที่การทำงานที่ปลอดภัยกว้างออกไป อีก โดยเฉพาะการขยายแบบพัลส์

ในคู่มือของมอสเฟตจะมีการบอกคุณสมบัติความสามารถในการนำกระแสเป็นพัลส์ คือ I_{DM} สำหรับมอสเฟตแล้วจะมีอัตราสูงสุดประมาณเท่าตัวเป็นตัวต่ำ ของกระแสต่อเนื่องที่ค่าแรง ดันเกตสูงสุดประมาณ ± 20 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสถียรภาพทางอุณหภูมิ

มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ที่มีความมั่นคงด้านอุณหภูมิดีมาก โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าทรานคอนดักแตนซ์ ประมาณ $\pm 20\%$ จากอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสตลอดย่าน -55 ถึง 125 องศาเซลเซียส ในขณะที่ทรานซิสเตอร์มีอัตราขยายกระแสตรงเปลี่ยนแปลงไปถึง 2 ถึง 3 เท่าตัวที่ย่านอุณหภูมิเดียวกับมอสเฟต และมอสเฟตก็มีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิของค่าทรานคอนดักแตนซ์เปลี่ยนแปลงไปเพียง -0.2% ต่อองศาเซลเซียส ในขณะที่ทรานซิสเตอร์มีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิของค่า h_{fe} ประมาณ +8.0% คิดเป็น 4 เท่าของมอสเฟต

ขอให้อ่านรูปที่ 3.24 ประกอบเป็นการแสดงแอมพลิจูดทรานส์คอนดักแตนซ์ และค่าทรานคอนดักแตนซ์ ที่เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิจะเห็นว่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่ต้องการควบคุมโดยการป้อนกลับทางอุณหภูมิเลย

ในทรานซิสเตอร์จะสูญเสียความเร็วในการสวิตช์สูงขึ้นเป็น 2 ถึง 3 เท่าขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้น แต่สำหรับมอสเฟตความเร็วขึ้นอยู่กับค่า C_{iss} เท่านั้น ดังนั้นอุณหภูมิจึงไม่มีผลต่อความเร็ว

มอสเฟตมีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิของค่า $R_{DS(on)}$ เป็นบวก โดยมีค่าประมาณ +0.7% ต่อองศาเซลเซียส ซึ่งก็เป็นข้อดีของมอสเฟตเพราะอาการการหนีทางอุณหภูมิ(thermal runaway) จะไม่มีทางเกิดขึ้น แต่ก็ไม่ควรวางใจ ควรยึดมอสเฟตให้บนแผ่นระบายความร้อนที่มีขนาดใหญ่เพียงพอ

หลักการทํางานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ในวงจรประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือส่วนเรกติไฟเออร์และฟิลเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่กรองกระแสและฮาร์โมนิก โดยการต่อพาสส์ฟิลเตอร์แบบ LC ตัววงจรเรกติไฟเออร์ เป็นวงจรเรียงกระแสแบบฟูลเวฟทําหน้าที่โดย D1-D4. ไฟดีซีแรงดันสูงจะผ่านเข้าไปยังตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ C4,C5 แรงดันไฟตรงที่ได้จะถูกส่งไปยังส่วนออสซิลเลเตอร์ความถี่สูงเพื่อขับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งถือว่าเป็นหัวใจของบัลลาสต์นี้ โดยใช้ไอซีทําหน้าที่เฉพาะงานจาก IR เบอร์ IR2155 ซึ่งไอซีตัวนี้มีคุณสมบัติเด่นๆ คือร่วมวงจรขับด้านแรงดันสูงซึ่งสามารถที่จะขับเกตของมอสเฟตได้โดยตรง บล็อกไดอะแกรมวงจรมายในของตัวไอซีแสดงในรูปที่ 3.10

ซึ่งวงจรภายในจะมีวงจรเรกูเลเตอร์แบบชันทซึ่งจะควบคุมแรงดันเพื่อเลี้ยงตัวไอซีให้มีค่าประมาณ 15 โวลต์จากแหล่งจ่ายแรงดันสูงโดยตรง ตัวด้านทานที่ต่ออนุกรมกับตัวไอซีเพื่อควบคุมแรงดันสามารถที่จะใช้ตัวด้านทานที่ทนวัตต์ต่ำๆ ได้ เพราะไอซีภายในเป็นซีมอส ซึ่งกินกระแสไฟน้อยอีกทั้งให้แรงดันเกาต์พุตเพื่อขับเกตของมอสเฟตเป็นคลื่นสี่เหลี่ยมที่สมบรูณ์ มีเวลาขาขึ้น

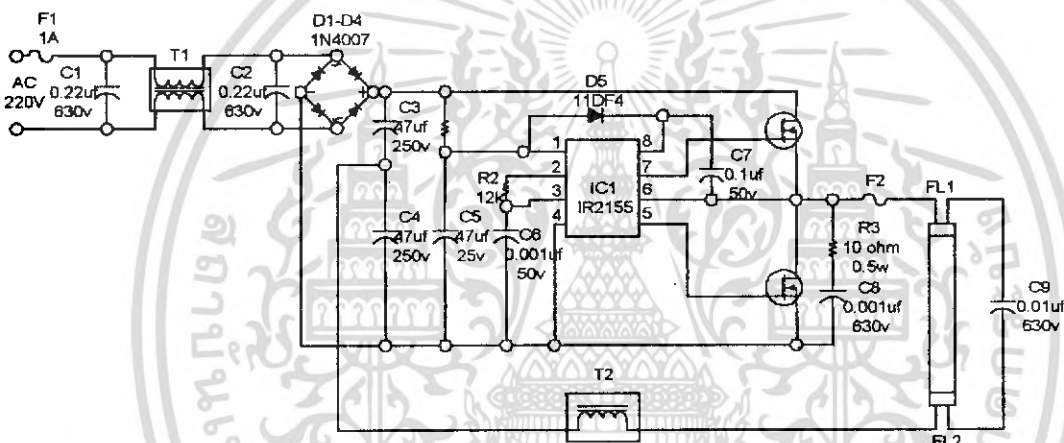
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และขาลงของพัลส์เร็ว ทำให้กำลังงานสูญเสียเนื่องจากการสวิตช์น้อยลงจึงทำให้สามารถที่จะลดขนาดอัตราการทำงานกำลังของมอสเฟต หรือลดขนาดของแผ่นระบายความร้อนให้มีขนาดเล็กลงได้

ความถี่ในการทำงานออกแบบไว้ที่ 60 KHz ดิวตีไซเคิล 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความถี่นี้สามารถกำหนดได้ โดยค่าคงที่เวลาของ RC ซึ่งตัวไอซีการจับเวลาของส่วนออสซิลเลเตอร์ภายในคล้ายการจัดการวงจรของไอซี 555 ที่รู้จักกันดีความถี่ทางเอาต์พุตสามารถคำนวณได้จากวงจรมี

$$\text{ค่าเท่ากับ } \frac{1}{1.4(R_2 + 150)C_6}$$

วงจรจริงได้ความถี่เอาต์พุตออกมาประมาณ 57 KHz ที่สวิตช์ส่งแรงดันไปยังเกตของ Q1,Q2 เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ IRF720 ก่อนที่จะขับไปสู่นโหลดต่อไป โดยผ่านทางตัวเก็บประจุเรโซแนนซ์ C₆ 0.01 ไมโครฟารัดร่วมกับหม้อแปลงเพาเวอร์ใช้ค T₂ โดยวงจรในรูปที่ 3.38 จะให้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์มากกว่า 0.95

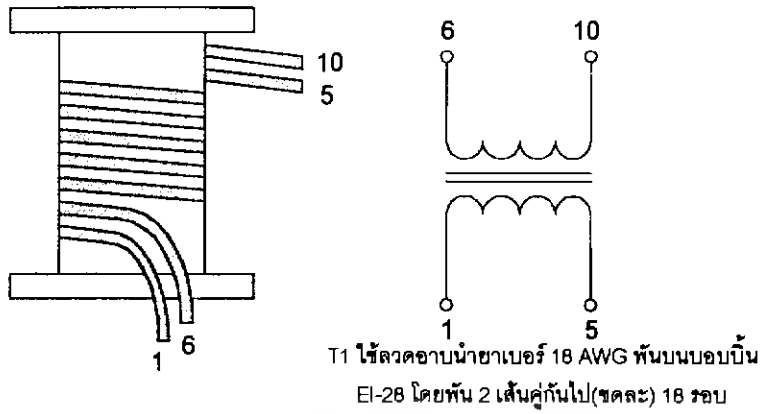


รูปที่ 3.38 วงจรสมบรูณ์ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

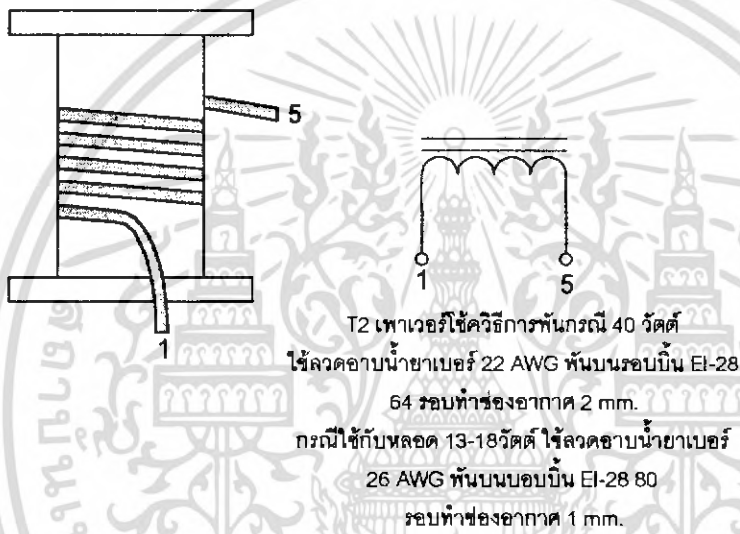
การพันหม้อแปลง T1,T2

ชุดบอบขึ้นและแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลง T1 และ T2 เราใช้ขนาดเดียวกันคือขนาดมาตรฐาน EI-28 T1 ใช้ลวดเบอร์ 18 AWG พันลวด 2 ขดเรียงพร้อมกันไปจำนวน 18 รอบ ก่อนนำไปใช้งานควรวัดดูว่าขดทั้งสองมีกระแสรั่วไหลถึงกันหรือเปล่า T2 กรณีใช้หลอด 40 วัตต์ ใช้ลวดอบน้ำยาเบอร์ 22 AWG พันเรียงเส้น 64 รอบทำช่องอากาศขนาด 2 มิลลิเมตร และกรณีใช้หลอดไฟ 13-18 วัตต์ ให้ใช้ลวดอบน้ำยาเบอร์ 26 AWG พันเรียงเส้น 80 รอบทำช่องอากาศขนาด 1 มิลลิเมตร การสร้างให้ดูในรูปที่ 3.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

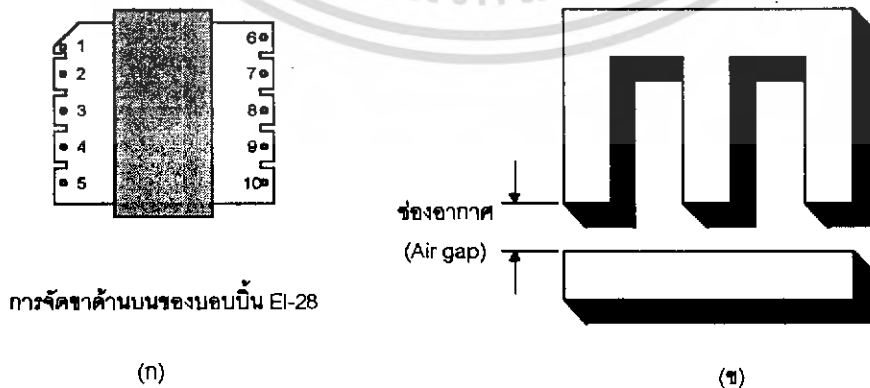


(ก)



(ข)

รูปที่ 3.39 วิธีการพันหม้อแปลง T1,T2



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.40 รูปร่างของบิ้น EI-28 และวิธีการทำช่องอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบายความร้อนให้แก่ตัวเพาเวอร์มอสเฟต เนื่องจากการออกแบบให้ทำงานในลักษณะสวิตช์ซึ่งจะมีกำลังสูญเสียในการทำงานน้อยความร้อนที่เกิดขึ้นกับตัวมอสเฟตจึงน้อยตามไปด้วย อาจไม่จำเป็นต้องใส่แผ่นระบายความร้อนให้ก็ได้ และเนื่องจากวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นั้นทำงานทำงานในการสวิตช์ซึ่งกระแสโดยอาศัยการเรโซแนนซ์ระหว่างตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ การทำงานในลักษณะนี้จะก่อให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกขึ้นมารบกวนในไลน์ การป้องกันโดยทั่วไปจะใช้การกรองโดยวงจร LC ธรรมดาแต่ก็ยังไม่ได้ผลที่สมบูรณ์นักอันนี้จัดเป็นข้อด้อยที่เกิดจากการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องแก้ไขกันต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 (การทดลอง)

4.1 การเปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 และ 36 W

ในการพิจารณาเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับนั้น แรงดันกับกระแสของไฟสลับมีการเปลี่ยนแปลงขนาด (Amplitude) อยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้มุมเฟสของวงจรที่เกิดจากแรงดันและกระแสยังมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วยเมื่อใช้โหลดที่แตกต่างกัน ดังนั้นการพิจารณาเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับจะแยกพิจารณาออกเป็น 3 ลักษณะคือ

1. กำลังไฟฟ้าจริง (True power) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่แท้จริงที่ทำให้เกิดกำลังงานหรือเกิดงานขึ้นภายในวงจร (กำลังไฟฟ้าที่วัดด้วยวัตต์มิเตอร์วัดได้)

$$P_i = E \cdot I \cdot \cos \phi \quad (\text{W})$$

เมื่อ $P_i =$ กำลังไฟฟ้าจริง W

$E =$ แรงดันไฟฟ้า V

$I =$ กระแสไฟฟ้า A

$\cos \phi = \cos$ มุมเฟสของวงจร = เพาเวอร์แฟคเตอร์

2. กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ (Apparent power) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่วงจรซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏให้เห็นทางโวลท์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์

$$P_g = E \cdot I \quad (\text{VA})$$

เมื่อ $P_g =$ กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ VA

$E =$ แรงดันไฟฟ้า V

$I =$ กระแสไฟฟ้า A

3. กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (Reactive power) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปในวงจรในรูปของรีแอกทีฟซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าที่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ กล่าวคือเป็นกำลังไฟฟ้าที่ไม่สามารถทำให้เกิดกำลังงานได้

$$P_r = E \cdot I \cdot \sin \phi \quad (\text{Var})$$

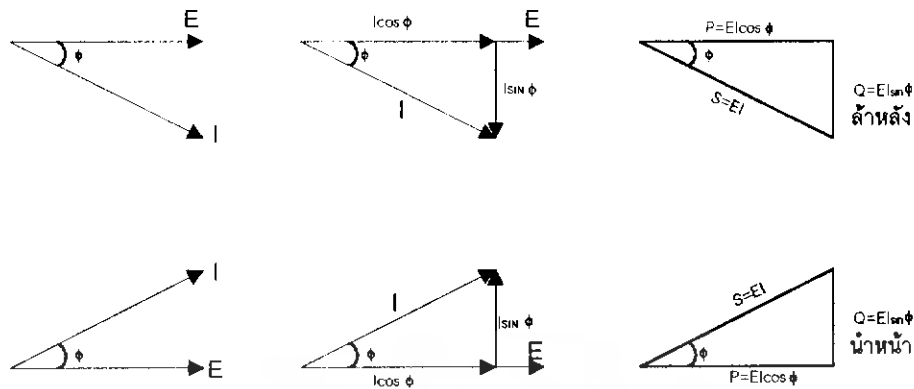
เมื่อ $P_r =$ กำลังไฟฟารีแอกทีฟ Var

$E =$ แรงดันไฟฟ้า V

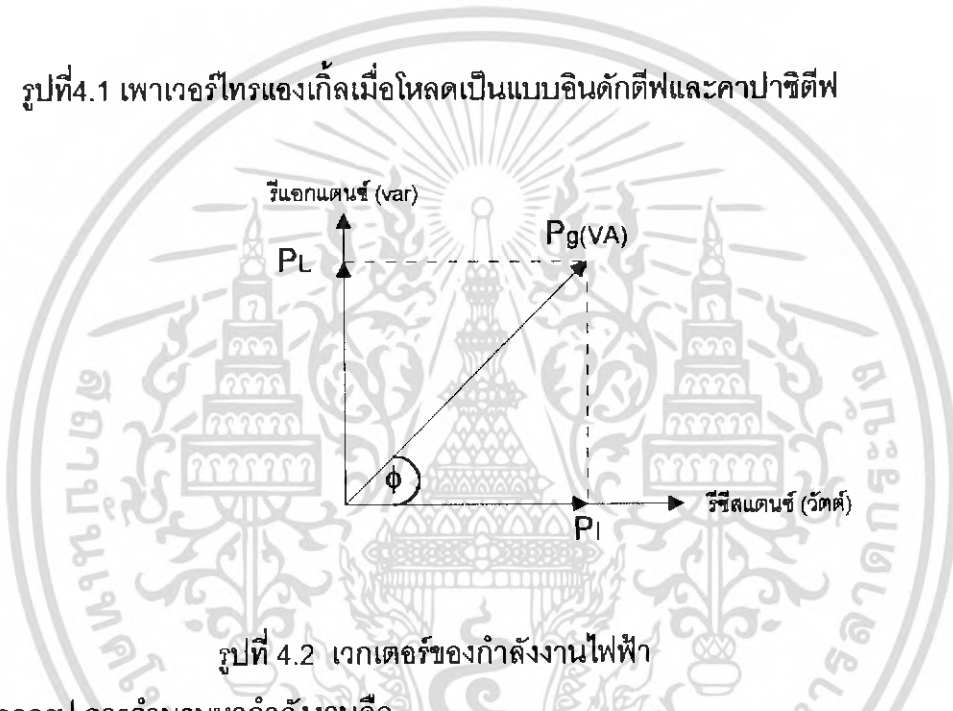
$I =$ กระแสไฟฟ้า A

$\sin \phi = \sin$ มุมเฟสของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 เวกเตอร์โพรแองเกิลเมื่อโหลดเป็นแบบอินดักทีฟและคาปาซิทีฟ



รูปที่ 4.2 เวกเตอร์ของกำลังงานไฟฟ้า

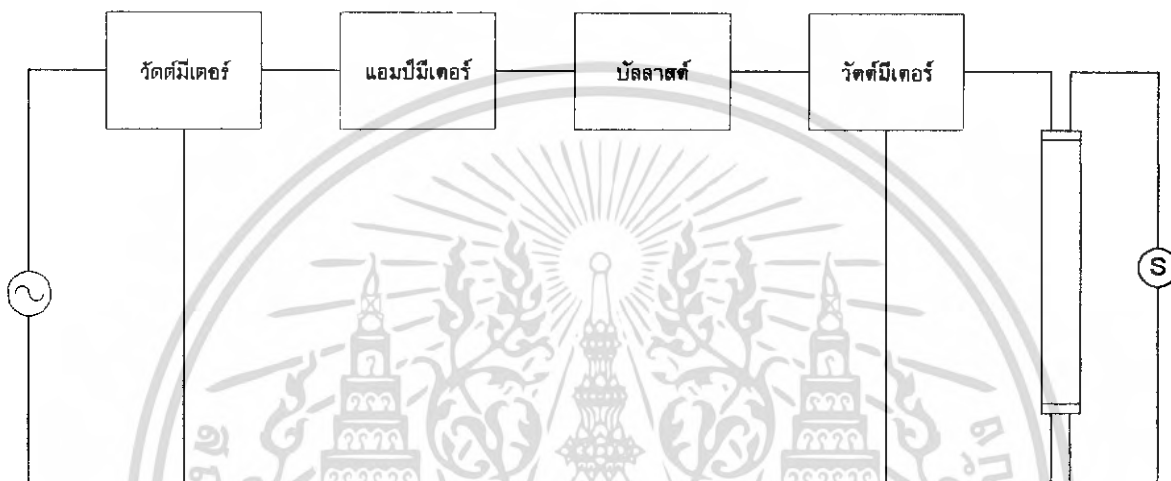
จากรูป การคำนวณหา กำลังงานคือ

$$P_g = P_i + P_l$$

จะเห็นว่ากำลังงานไฟฟ้าจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน เนื่องจากว่าเครื่องมือวัดเช่น วัตต์ มีเตอร์สามารถที่จะวัดได้เฉพาะกำลังงานไฟฟ้าซึ่งเกิดจากค่าความต้านทานเท่านั้น ส่วนกำลังไฟฟ้าซึ่งเกิดจากค่ารีแอกแตนซ์ไม่สามารถวัดได้

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการต่อวงจรตามรูป



รูปที่ 4.3 วงจรการทดสอบหลอดฟลูออโรเรสเซนซ์

2. ทำการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1

ผลการทดลอง	หลอด 40 วัตต์	หลอด 36 วัตต์
W1 (วัตต์)	50	46.5
I1 (แอมป์)	400 มิลลิแอมป์	412 มิลลิแอมป์
V1 (โวลท์)	220	220
V2 (โวลท์)	125	110
W2 (วัตต์)	39.5	35.5

3. เปรียบเทียบได้ดังนี้

หลอด 40 วัตต์	หลอด 36 วัตต์
1. กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจรทั้งหมด $P_g = I_1 * V_1$ $= 400 \text{ Ma} * 220\text{V}$	1. กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจรทั้งหมด $P_g = I_1 * V_1$ $= 412 \text{ Ma} * 220\text{V}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 88 VA	= 90.64 VA
2.เพาเวอร์แฟคเตอร์ $\text{COS}\phi = P_i/P_g$ $= 50/88$ $= 0.57$	2.เพาเวอร์แฟคเตอร์ $\text{COS}\phi = P_i/P_g$ $= 46.5/90.64$ $= 0.51$
3.กำลังไฟฟ้าที่เสียให้กับหลอด $W_2 = 39.5 \text{ วัตต์}$	3.กำลังไฟฟ้าที่เสียให้กับหลอด $W_2 = 35.5 \text{ วัตต์}$
4.กำลังไฟฟ้าที่เสียให้กับบัลลาสต์ $P_b = W_1 - W_2 = 50 - 39.5$ $= 10.5 \text{ วัตต์}$	4.กำลังไฟฟ้าที่เสียให้กับบัลลาสต์ $P_b = W_1 - W_2 = 46.5 - 35.5$ $= 11 \text{ วัตต์}$

จากตารางสามารถสรุปได้ดังนี้

1. หลอด 36 วัตต์จะกินกำลังงานไฟฟ้ามากกว่าหลอด 40 วัตต์อยู่ 3% แต่เพราะว่าหลอด 36 วัตต์มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ลดลงทำให้ความสามาถในการวัดได้น้อยลงคือวัดได้เพียง 46.5 วัตต์ ในขณะที่หลอด 40 วัตต์วัดได้ 50 วัตต์จึงดูเหมือนว่าหลอด 36 วัตต์กินไฟน้อยลง 7% จากลักษณะเช่นนี้จะเห็นว่าผู้ที่ได้ประโยชน์ก็คือผู้ใช้ไฟฟ้า แต่ว่าสำหรับโรงงานผลิตไฟฟ้านั้นจะต้องผลิตกระแสไฟฟ้ามากขึ้นแต่ความสามารถในการวัดได้น้อยลงจึงไม่เป็นผลดีเท่าที่ควร

2. สำหรับในเรื่องของความสว่างนั้นถ้าเราไปดูที่ขั้วหลอด 36 วัตต์และหลอดขนาด 40 วัตต์จะเห็นว่าหลอด 36 วัตต์มีความส่องสว่างน้อยกว่าหลอด 40 วัตต์อยู่ 3.3%

3. ความสูญเสียซึ่งเกิดจากบัลลาสต์ของหลอดขนาด 36 วัตต์สูงกว่าหลอด 40 วัตต์อยู่ 4.8% ทำให้บัลลาสต์ที่ใช้กับหลอด 36 วัตต์ร้อนกว่าหลอด 40 วัตต์

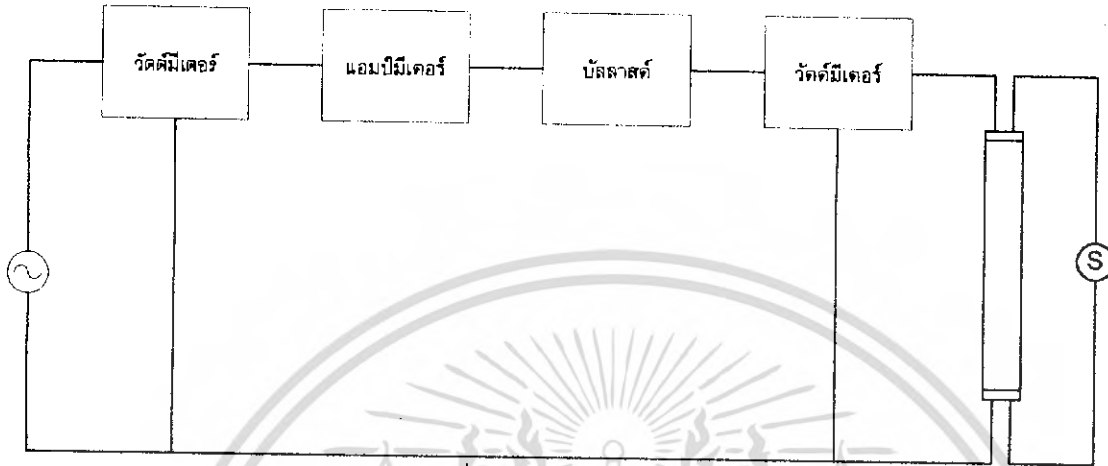
จากข้อสรุปทั้ง 3 ข้อจะเห็นว่าหลอด 36 วัตต์กับหลอด 40 วัตต์จะมีผลดีต่อผู้ใช้ไฟฟ้าเท่ากัน ดังนั้นควรจะหาทางแก้ไขดังนี้

- เพิ่มตัวเก็บประจุในวงจรเพื่อช่วยลดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียเนื่องจากค่ารีแอกแตนซ์ได้
- พัฒนาอุปกรณ์ประหยัดพลังงานคือ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

จาก 2 หัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

4.2 การเปรียบเทียบบัลลาสต์แมกเนติกส์และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ทำการทดลองโดยต่อวงจรตามรูป 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงวงจรการต่อวัตต์มิเตอร์

เมื่อต่อวงจรตามรูป จากนั้นทำการวัดค่าต่างๆ ที่กำหนดไว้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ผลการทดลอง	แมกเนติก	อิเล็กทรอนิกส์
1. W1	30W	24W
2. I1	370mA	110mA
3. W2	19W	19W
4. ลักซ์มิเตอร์	760 lm/ฟุต	760lm/ฟุต
5. P.F. มิเตอร์	0.36	0.99

ตารางที่ 4.3 แสดงการวัดค่า วัตต์, กระแส, แรงดันและแสง

การเปรียบเทียบค่าเพาเวอร์ต่างๆ

1. บัลลาสต์แมกเนติก

1.1 กำลังไฟฟ้าจริง $P_i = E \cdot I \cdot \cos\phi$

$$= 220V \cdot 370mA \cdot 0.35$$

$$= 28.49 \text{ W.}$$

เมื่อ $\cos\phi = 0.35$

$$\phi = 69.51$$

$$\sin\phi = 0.93$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ $P_g = E \times I$
 $= 220V \times 370mA$
 $= 81.4 VA$

1.3 กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ $P_l = E \times I \times \sin\phi$
 $= 220V \times 370mA \times 0.93$
 $= 76.25 Var$



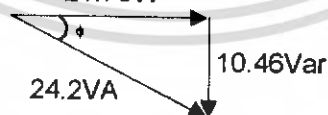
∴ กำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนเป็นความร้อนของบัลลาสต์ (Ballast loss)
 $= 28.4W - 18W$
 $= 10.49W$

2. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

2.1 กำลังไฟฟ้าจริง $P_i = E \cdot I \cdot \cos\phi$ เมื่อ $\cos\phi = 0.9$
 $= 220V \times 110mA \times 0.9$ $\phi = 25.84$
 $= 21.79 W$ $\sin\phi = 0.43$

2.2 กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ $P_g = E \times I$
 $= 220V \times 110mA$
 $= 24.2 VA$

2.3 กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ $P_l = E \times I \times \sin\phi$
 $= 220V \times 110mA \times 0.43$
 $= 10.46 Var$
 $21.78W$



∴ กำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนเป็นความร้อนของบัลลาสต์ (Ballast loss)
 $= 21.74W - 18W$
 $= 3.78 W$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบค่าพหุคูณเฟดเตอร์ต่างๆ จากการวัด

1. บัลลาสต์เมกเนติก

1.1 กำลังไฟฟ้าจริง $P_i = E \cdot I \cdot \cos\phi$ เมื่อ $\cos\phi = 0.36$
 $30 \text{ W.} = 220\text{V} \cdot 370\text{mA} \cdot \cos\phi$ $\phi = 68.8$
 $\therefore \cos\phi = \frac{30\text{W}}{220\text{V} \times 370\text{mA}}$ $\sin\phi = 0.93$
 $= 0.36$

1.2 กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ $P_g = E \times I$
 $= 220\text{V} \cdot 370\text{mA}$
 $= 81.4 \text{ VA}$

1.3 กำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟ $P_I = E \times I \times \sin\phi$
 $= 220\text{V} \cdot 370\text{mA} \cdot 0.93$
 $= 76.25 \text{ Var}$



\therefore กำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนเป็นความร้อนของบัลลาสต์ (Ballast loss)
 $= W_1 - W_2$
 $= 30\text{W} - 19\text{W}$
 $= 11 \text{ W.}$

2. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

2.1 กำลังไฟฟ้าจริง $P_i = E \cdot I \cdot \cos\phi$ เมื่อ $\cos\phi = 0.99$
 $24\text{W.} = 220\text{V} \cdot 110\text{mA} \cdot \cos\phi$ $\phi = 25.84$
 $\therefore \cos\phi = \frac{24\text{W}}{220\text{V} \times 110\text{mA}}$ $\sin\phi = 0.14$
 $= 0.99$

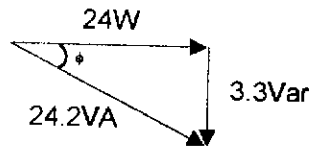
2.2 กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ $P_g = E \times I$
 $= 220\text{V} \cdot 110\text{mA}$
 $= 24.2 \text{ VA}$

2.3 กำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟ $P_I = E \times I \times \sin\phi$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 220V \times 110mA \times 0.14$$

$$= 3.3 \text{ Var}$$



∴ กำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนเป็นความร้อนของบัลลาสต์(Ballast loss)

$$= W1 - W2$$

$$= 24W - 19W$$

$$= 5 \text{ W.}$$

การเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย(ค่าไฟฟ้า)

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \frac{\text{กำลังวัตต์} \times \text{ชั่วโมงการทำงาน}}{1,000} \times \text{ค่าไฟฟ้า}$$

1. บัลลาสต์แมกเนติกส์

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \frac{30 \times (10 \times 365 \text{ วัน}) \times 2 \text{ บาท}}{1000}$$

$$= 219 \text{ บาท/ปี}$$

2. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \frac{24 \times (10 \times 365 \text{ วัน}) \times 2 \text{ บาท}}{1000}$$

$$= 175.2 \text{ บาท/ปี}$$

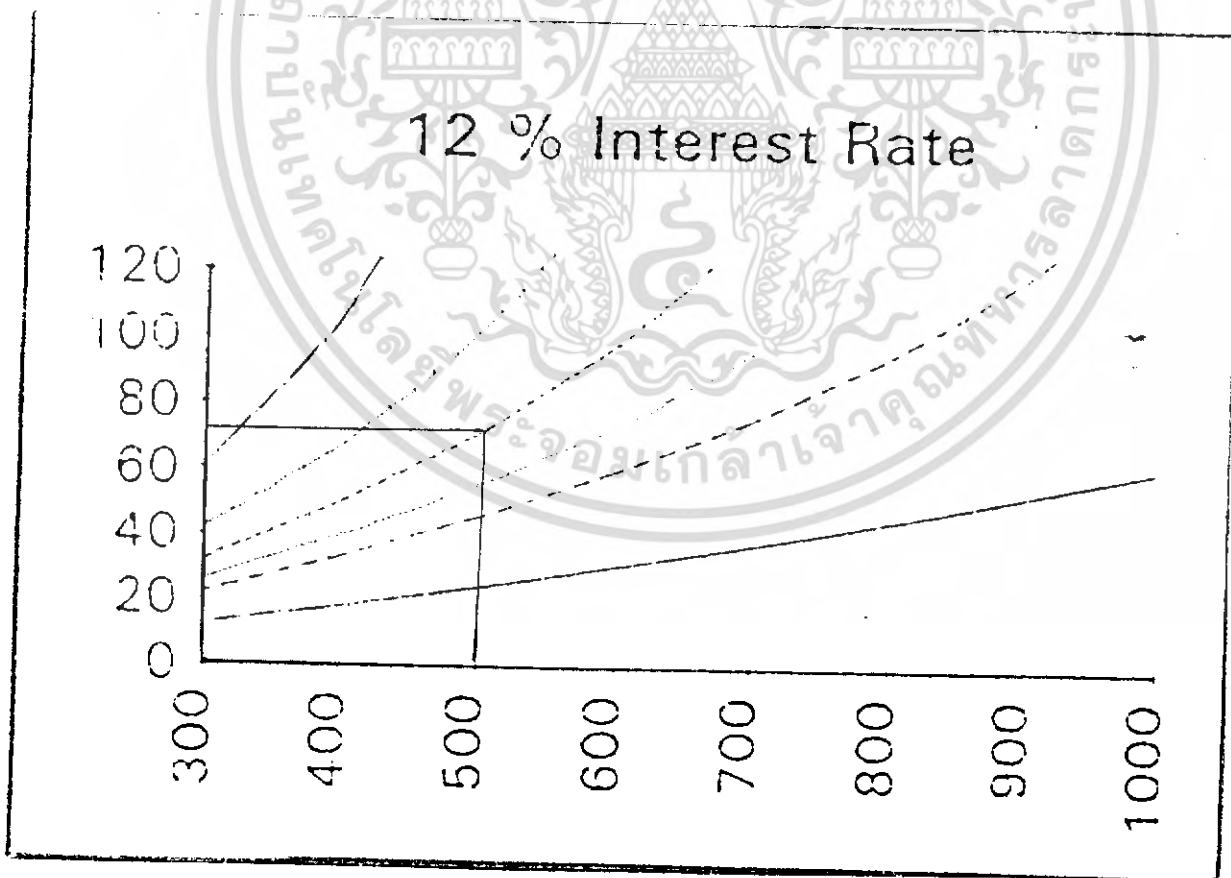
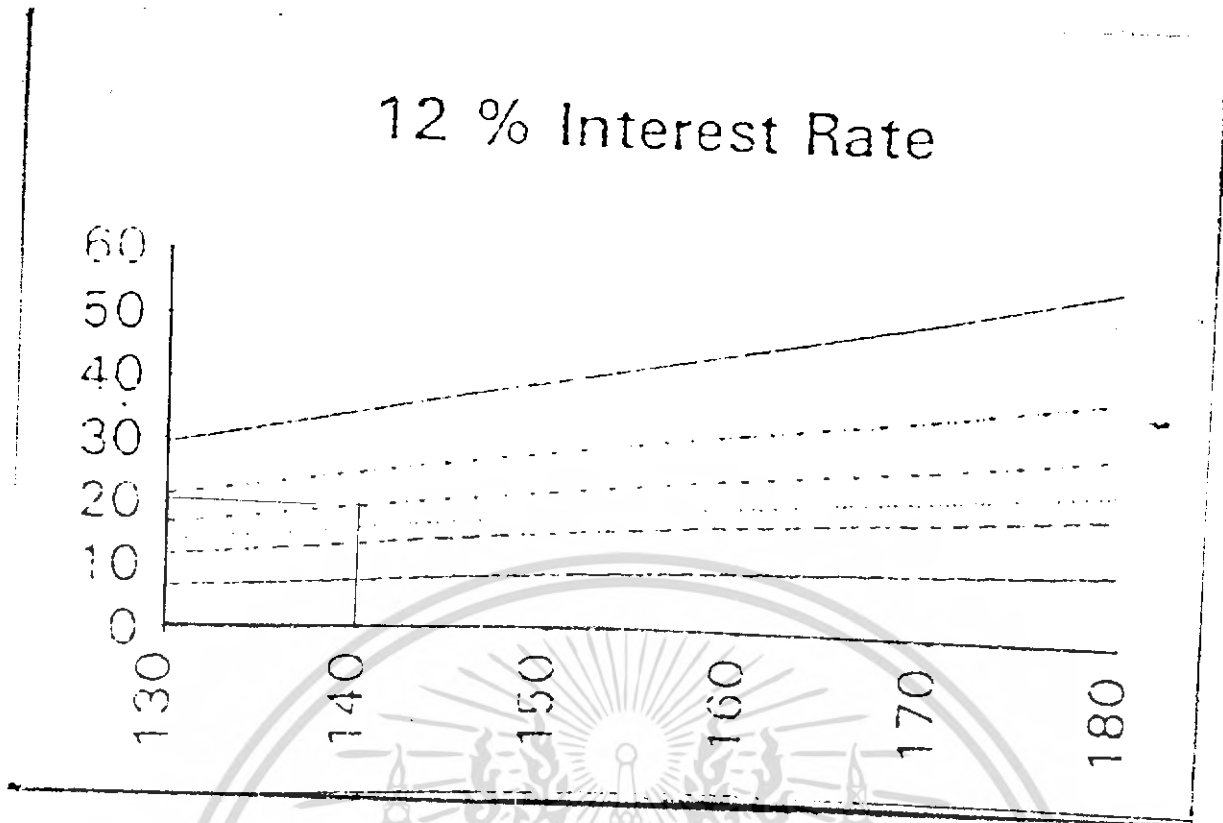
หมายเหตุ

1. เมื่อชั่วโมงการใช้งานคิดเป็นต่อปีโดยใช้วันละ 10 ชม.

$$\therefore 10(\text{ชม.}) \times 365(\text{วัน}) = 3650$$

2. ค่าไฟฟ้ายูนิตละ 2 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอ่านกราฟ

1. ให้อัตราดอกเบี้ยเงินกู้เป็น 12%
2. สมมติให้เวลาในการเปิดไฟ เป็นวันละ 10 ชั่วโมง ทำงานวันละ 365 วัน ดังนั้นจึงใช้กราฟเส้น 10 ชั่วโมง
3. ดูราคาของบัลลัสต์เมเนติก และบัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์
 - บัลลัสต์เมเนติก ราคา
 - บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ ราคา
4. ใช้กราฟหาระยะเวลาคืนทุนโดย
 - บัลลัสต์เมเนติก ก็ดูกราฟ Play Back Time of Ballast
 - บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ก็ดูกราฟ Play Back Time of Electronic Ballast

ผลการอ่านกราฟ

- บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ (ราคา 500 บาท) จะใช้เวลาประมาณ 71 เดือน (5.9 ปี) จึงจะคุ้มทุน ถ้าหากว่ามีการรับประกันสินค้าว่าสามารถใช้นานเกินกว่า 6 ปี ก็น่าจะพิจารณาซื้อได้
- บัลลัสต์เมเนติกส์ (140 บาท) จะใช้เวลาประมาณ 30 เดือน (2.5 ปี) จึงจะคุ้มทุนเร็วกว่าบัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ แต่ต้องอย่าลืมว่า บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ถึงแม้จะมีราคาสูงกว่าแต่ก็สามารถที่จะประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากกว่าบัลลัสต์เมเนติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

(สรุปผลการทดลอง)

5.1 เกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกใช้บัลลาสต์

1. ค่าพลังงานที่สูญเสียในบัลลาสต์ (Ballast loss)

ในวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีการสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งที่ไม่ได้เปลี่ยนเป็นพลังงานของแสง พลังงานที่สูญเสียไปนี้จะกลายเป็นความร้อนที่ตัวบัลลาสต์ซึ่งค่าความสว่างของแสงจากหลอด เช่น ค่าลูเมนเฉลี่ยเฉลี่ยที่ผู้ผลิตหลอดไฟบอกมานั้นเป็นค่าที่ทดสอบโดยการให้หลอดกับบัลลาสต์แบบพิเศษที่เรียกว่า บัลลาสต์อ้างอิง เมื่อผู้ใช้ใช้บัลลาสต์แมกเนติกธรรมดาในวงจรหลอดทั่วไปจะได้ปริมาณแสงจากหลอด(หน่วย ลูเมน)ต่ำกว่าค่าที่ผู้ผลิตระบุไว้เล็กน้อย ก็เพราะมีการสูญเสียพลังงานในบัลลาสต์สูง

2. ค่าตัวประกอบบัลลาสต์ (Ballast factor : BF)

ค่าตัวประกอบบัลลาสต์ คือ ค่า อัตราส่วนของปริมาณแสงสว่างที่ได้จากหลอดที่ใช้บัลลาสต์ที่วางขายอยู่ทั่วไปต่อค่าปริมาณแสงสว่างที่ได้รับจากหลอดที่ใช้บัลลาสต์อ้างอิง ค่านี้อาจเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแสงจากวงจรหลอดไฟที่ใช้บัลลาสต์อ้างอิงกับวงจรที่ใช้บัลลาสต์ทั่วไป เราสามารถใช้เปรียบเทียบได้ว่าบัลลาสต์ยี่ห้อใดดีกว่ากัน หากผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างต้องการทราบค่าตัวประกอบบัลลาสต์ควรสอบถามจากโรงงานผู้ผลิตบัลลาสต์

3. ค่าประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้า (Energy efficiency ratio : EER)

เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานในรูปแบบที่ต้องการ เช่น ความร้อน แสงสว่าง ถ้าค่าประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าสูงแสดงว่าเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นดี สำหรับหลอดไฟฟ้าแสงสว่างเราจะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

-ประสิทธิภาพการส่องสว่าง(Luminous efficiency : V) คืออัตราส่วนระหว่างฟลักซ์การแผ่รังสีในช่วงที่ตามองเห็นต่อฟลักซ์การแผ่รังสีทั้งหมด (ไม่มีหน่วย)

-ประสิทธิผลการส่องสว่าง(Luminous efficacy : n) คืออัตราส่วนระหว่างฟลักซ์การส่องสว่างต่อกำลังงานที่ใช้ในการทำให้เกิดฟลักซ์การส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อวัตต์(lm/w),(บางท่านเข้าใจผิดคิดว่า เรียกค่านี้อ่าประสิทธิภาพการส่องสว่าง ซึ่งที่ถูกต้องจริงๆแล้วจะเรียกว่าค่าประสิทธิผลการส่องสว่าง) การเลือกใช้หลอดควรเลือกหลอดที่มีกำลังวัตต์สูงๆเพราะจะมีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างสูงกว่าหลอดที่มีกำลังวัตต์ต่ำ พอจะยกตัวอย่างให้เห็นค่าที่แตกต่างกันได้ เช่น

ค่าประสิทธิผลการส่องสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 20 วัตต์มีค่าประมาณ 50 ลูเมนต่อวัตต์

ค่าประสิทธิผลการส่องสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 วัตต์มีค่าประมาณ 65 ลูเมนต่อวัตต์

ค่าประสิทธิผลการส่องสว่างนี้จะมีค่าสูงขึ้นหากใช้บัลลาสต์ประหยัดพลังงานที่มีพลังงานสูญเสียในตัวบัลลาสต์ลดต่ำลง

4. ค่ากำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ (Apparent power) ; (VA)

กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏที่จ่ายให้กับวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ คำนี้อาจมีผลต่อการออกแบบ ค่ากำลังไฟฟ้าที่ปรากฏประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

- กำลังไฟฟ้าจริง (Real or active power)
- กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (Reactive power)

5. ค่าตัวประกอบกำลัง (Power factor : lamda)

คืออัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าจริงต่อกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ มีการพูดถึง 2 แบบคือ

-ค่าตัวประกอบกำลังดิสเพลซเมนต์ เป็นการคิดเฉพาะที่ กำลังไฟฟ้าปรากฏที่ความถี่หลักมูลเท่านั้น โดยทั่วไปจะหมายถึงค่าแบบนี้

$$\text{Displacement P.F.} = \text{Active power} / \text{Apparent power}$$

-ค่าตัวประกอบกำลังแท้จริง เป็นค่าที่คำนวณที่ กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏทุกความถี่ (คือคิดผลจากทุกฮาร์โมนิก แต่ในทางปฏิบัตินิยมใช้ฮาร์โมนิกต่างๆถึงเพียงฮาร์โมนิกที่ 17 เท่านั้น)

$$\text{Total P.F.} = \text{Active power} / \text{Apparent power}$$

ค่าตัวประกอบกำลังมี 2 ชนิดคือแบบนำ(lead) และแบบตาม(lag) ในวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ส่วนมากนั้นจะมีกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟารีแอกทีฟไหลในทิศทางเดียวกันเข้าที่จุดอ้างอิงอันเป็นผลมาจากตัวเหนี่ยวนำ ทำให้ตัวประกอบกำลังของวงจรเป็นแบบตาม ปกติค่าตัวประกอบกำลังของวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์มีค่าต่ำค่าตัวประกอบกำลังของบัลลาสต์มีค่าแตกต่างกันออกไปแล้วแต่รุ่นของบัลลาสต์ที่ใช้

-บัลลาสต์แมกเนติกทั่วไปมีค่า 0.27-0.52

-บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีค่า 0.47-0.98 (ขึ้นอยู่กับคุณภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์)

บัลลาสต์ที่ให้ตัวประกอบกำลังของวงจรมีค่าสูงจะให้ประโยชน์คือ

- ระบบสามารถรับโหลดได้มากขึ้น
- ไม่ต้องใช้หม้อแปลงขนาดใหญ่เกินไป
- ระดับแรงดันดีขึ้น
- พลังงานสูญเสียของระบบลดลง
- ค่าไฟฟ้าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ตัวประกอบยอดคลื่น (Crest factor : CF)

ตัวประกอบยอดคลื่นเป็นค่าบอกถึงลักษณะรูปคลื่นของกระแสมีค่าเท่ากับค่ายอดของกระแสหารด้วยค่าของกระแส

$$CF = I_{peak} / I_{rms}$$

ค่า CF ควรมีค่าต่ำ (กรณีไฟสลัคลื่นรูปไซน์จะมีค่า CF ต่ำที่สุดคือเท่ากับ 1.414) หากค่า CF ยังมีค่าต่ำจะทำให้อายุการใช้งานของหลอดจะยิ่งยาวนานขึ้น เพราะว่าแรงดันที่ใส่หลอดจะมีค่าลดลงเมื่อ CF มีค่าต่ำลง จึงมีการสึกหรอของไส้หลอดน้อย ในทางกลับกันถ้าวงจรบัลลาสต์มีค่า CF สูงจะทำให้ไส้หลอดเสื่อมลง ปริมาณแสงจากหลอดจะลดลงอย่างรวดเร็วค่า LLD(Lamp lumen depreciation)จะลดต่ำลง

7. อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของขดลวด (Temperature rise of winding)

ค่าที่ระบุจะเป็นค่ากรณีบัลลาสต์ทำงานที่สภาวะปกติ หากมีค่าต่ำแสดงว่าเป็นบัลลาสต์ที่ดี มีการสูญเสียพลังงานในขดลวดต่ำ ในการติดตั้งใช้งานจริงค่าอาจแตกต่างไปจากค่าที่ระบุได้ขึ้นอยู่กับลักษณะการติดตั้ง ค่านี้มีค่าต่ำจะยิ่งดีเพราะจะเป็นการประหยัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศและทำให้ค่าตัวประกอบอุณหภูมิของโคม (Luminaire thermal factor)มีค่าดีจะส่งผลให้หลอดซึ่งมีการทำงานขึ้นกับอุณหภูมิ (กำลังของหลอดและปริมาณแสงที่ได้จากหลอดจะขึ้นกับอุณหภูมิ) จะทำให้หลอดทำงานดี

8. อายุการใช้งานของบัลลาสต์ (Ballast life)

บัลลาสต์ที่ดีจะต้องมีอายุการใช้งานยาวนาน บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะมีการใช้งานจำกัดว่าไม่สามารถทนแรงดันเกินได้มากกว่าค่าหนึ่ง ไม่สามารถใช้ได้ทีอุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนดซึ่งหากแรงดันเกินกว่าที่กำหนดหรืออุณหภูมิสูงกว่าค่าที่กำหนดแล้วบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์อาจเสียได้ง่าย ซึ่งอาจเกิดได้เช่น การเกิดแรงดันเกินชั่วคราว จากการทริบของเซอริคิตเบรคเกอร์ หรือจากการเหนี่ยวนำจากฟ้าผ่า หรือเกิดจากอุณหภูมิสูงเนื่องจากการระบายความร้อนในโคมไม่ดี ส่วนบัลลาสต์แมกเนติกจะทนแรงดันเกินและทนอุณหภูมิสูงได้ดีกว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มาก

5.2 ข้อดี ข้อเสียของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์และบัลลาสต์แมกเนติก

ข้อดีของบัลลาสต์แมกเนติก

1. ใช้ทนนาน บัลลาสต์แมกเนติกได้รับการพิสูจน์และยอมรับกันถึงการทำงานที่เชื่อถือได้ อายุการใช้งานยาวนาน บัลลาสต์แมกเนติกมีอายุการใช้งานประมาณ 10 ปี
2. ราคาถูก หาซื้อง่าย
3. บัลลาสต์สามารถใช้ได้ในสถานที่ต่างๆ เช่น
 - ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิสูง เช่น การใช้งานกลางแจ้งที่โดนแดด ในคอมที่มีการระบายความร้อนยาก ในโรงงาน
 - ในสถานที่ที่มีความชื้นสูง เช่น การใช้ในเรือ
 - เหมาะกับการใช้งานในประเทศไทยซึ่งมีอากาศแปรปรวน

ข้อเสียของบัลลาสต์แมกเนติก

1. แสงสว่างไม่สม่ำเสมอ หลอดฟลูออโรเรสเซนต์มีการกระพริบของแสง ที่ความถี่ 2 เท่าของความถี่ไฟฟ้าบ้าน (100 Hz) และมีผลของ Ripple จากความถี่ไฟฟ้าบ้านทำให้แสงไม่คงที่
2. ตัวประกอบกำลังของวงจรมีค่าต่ำ หากต้องการให้ตัวประกอบกำลังของวงจรมีค่าสูง ต้องต่อตัวเก็บประจุเข้าชดเชย ซึ่งทำให้การต่อวงจรยุ่งยากขึ้น
3. บัลลาสต์มีน้ำหนักมาก
4. ประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดมีค่าต่ำ
5. ขณะใช้งาน บัลลาสต์แมกเนติกจะร้อนมากซึ่งทำให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานมากขึ้นไปด้วย
6. ใช้เวลาจุดหลอดนาน ประมาณ 1-2 นาที
7. มีการกระพริบ หากว่าสตาร์ทเตอร์เสียหรือหลอดเสื่อม

ข้อดีของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

1. แสงสม่ำเสมอมากขึ้นประมาณ 7-30% (แล้วแต่คุณภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์) เพราะหลอดทำงานที่ความถี่สูงกว่า ส่วน Ripple จากความถี่ไฟบ้าน (50 Hz) นั้นยังคงมีอยู่บ้างในวงจรบัลลาสต์ราคาถูก
2. การจุดหลอดไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์และไม่มีปัญหาเนื่องจากสตาร์ทเตอร์เสีย เพราะไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ในวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
3. ตัวประกอบกำลังมีค่าสูง (โดยไม่ต้องต่อตัวเก็บประจุ PFC; PFC คือ ตัวเก็บประจุที่ต่อชดเชยตัวประกอบกำลัง)
4. การใช้ไฟสลับความถี่สูงจ่ายให้หลอด (20-185 KHz) มีข้อดีคือ
 - ขนาดของบัลลาสต์เล็กลง
 - ยืดอายุการใช้งานของหลอดให้ยาวนานขึ้นได้ 25-50% เพราะบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าบัลลาสต์แมกเนติกจึงสามารถประหยัดกำลังที่หลอดไฟได้อันเป็นการยืดอายุการใช้งานของหลอดได้
 - การใช้ความถี่สูงจะลดการเกิดแสงกระพริบทำให้ตาคนเรามองเห็นได้แสงสว่างนั้นต่อเนื่อง ไม่สามารถสังเกตเห็นการกระพริบที่ชั่วหลอดได้เลย อันเป็นการช่วยลดผลจาก สโตรโบสโคปิก (Stroboscopic effect)
5. มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบากว่าบัลลาสต์แมกเนติก เพราะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าแกนเหล็กและขดลวดในบัลลาสต์แมกเนติก
6. ช่วยประหยัดพลังงานได้ เพราะพลังงานที่สูงสูญเสียในบัลลาสต์มีค่าลดลง
7. ลดค่าพลังงานไฟฟ้า (energy charge) และลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand charge)
8. ลดภาระของเครื่องปรับอากาศ ช่วยประหยัดค่าไฟของเครื่องปรับอากาศได้ เพราะบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีการสูญเสียในตัวบัลลาสต์น้อยกว่า บัลลาสต์จึงคายความร้อนต่ำกว่า เช่นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าบัลลาสต์แมกเนติกประมาณ 30 องศาเซลเซียส
9. วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ดีจะตัดการจ่ายกระแสไปยังหลอดทันทีเมื่อตรวจจับได้ว่าหลอดผิดปกติ เช่นหลอดเสีย
10. หลอดจุดเร็วทันที (Soft start) และไม่มีอาการกระพริบตอนจุดหลอด (Flicker-free starting) และให้แสงที่สม่ำเสมอกว่าบัลลาสต์แมกเนติก
11. ไม่มีผลทางสโตรโบสโคปิก
12. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์บางรุ่นยังอาจมีการเพิ่มวงจรให้บัลลาสต์มีคุณสมบัติพิเศษเพิ่มขึ้น

เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลง 78หา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-วงจรดับไฟ หากหลุดเสียหรือว่าหลุดถูกถอดออก วงจรจะไม่จุดหลอดจึงไม่เกิดแสงกระพริบและไม่เปลืองกำลังไฟฟ้า

-สามารถปรับหรือแสงสว่างได้

-วงจรควบคุมการ เปิด-ปิด โดยอาศัยการควบคุมระยะไกล(Remote control)

-บางรุ่นจะควบคุมการรบกวนจาก สนามแม่เหล็กทั่วโหลให้มีค่าต่ำเป็นพิเศษ จึงเหมาะนำไปใช้ในห้องที่มีเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ไวต่อสนามแม่เหล็ก ห้องที่มีเครื่องมือแพทย์

13. บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ปลอดภัยจะต้องได้มาตรฐานดังนี้

-มีการป้องกันแรงดันเกิน

-มีการควบคุมสนามแม่เหล็ก (EMI)

-มีการควบคุมการรบกวนคลื่นวิทยุ (RFI)

-มีการควบคุมฮาร์โมนิก

-ป้องกันไฟดูด การลัดวงจร

ข้อเสียของบัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์

1. เป็นการยากที่จะเลือกใช้บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ให้ถูกต้องเหมาะสมอย่างแท้จริง เพราะบัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์มีผู้ผลิตหลายรายและมีวงจรหลายแบบ การดูเพียงแค้ตด้าลอกของผู้ขายไม่สามารถให้ข้อเปรียบเทียบได้ดีพอว่าบัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์นั้นแตกต่างจากบัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ยี่ห้ออื่นอย่างไร และปัจจุบันก็ยังไม่มีมาตรฐานทางอุตสาหกรรมการผลิตบัลลัสต์

2. บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์มีวงจรที่ซับซ้อน ถ้าผู้ผลิตออกแบบมาไม่ดีอาจทำให้เกิดอันตรายกับผู้ใช้ได้ เช่นบัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์จะสร้างแรงดันสูงกว่าบัลลัสต์แมกเนติก หากไม่มีการป้องกันที่ดีผู้ใช้อาจถูกไฟดูดได้ หรือหากบัลลัสต์นั้นถูกออกแบบมาไม่ดีอาจเกิดกระแสอาร์กทำลายฉนวนเคลือบขดลวดของตัวเหนี่ยวนำหรือทำให้ตัวเก็บประจุเสียหายได้

3. บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์อาจรบกวนการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ (RFI : Radio frequency interference) เช่นไปรบกวนเครื่องคอมพิวเตอร์ วิทยุ การรบกวนจะเกิดขึ้นได้ 3 ทางคือ

-การแผ่คลื่นผ่านอากาศจากอุปกรณ์

-การแผ่คลื่นผ่านอากาศจากสายไฟที่ติดกับอุปกรณ์

-การย้อนกลับจากอุปกรณ์กลับเข้าไปยังแหล่งจ่ายโดยผ่านสายไฟ

4. บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์อาจทำให้เกิด การรบกวนทางสนามแม่เหล็ก (EMI)โดยผ่านทางตัวกล่อง หรือทางสายต่อลงดินและหากว่าวงจรบัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ไม่มีวงจรกรองที่ดีก็อาจมีกระแสรั่วไหล(Leakage current) ที่เกิดจากการรบกวนจากความถี่สูงหรือจากฮาร์โมนิกของตัวบัลลัสต์

5. วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่มีวงจรกรองที่ดีจะทำให้เกิด EMI และฮาร์มอนิกที่ส่งผลเสียหายต่อระบบไฟฟ้าโดยที่

- ทำให้อุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ามีอุณหภูมิสูงขึ้น เช่น หม้อแปลง สายไฟ

- อาจทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ระหว่างค่าความเหนี่ยวนำในแหล่งจ่ายกับ เสรีจหรือตัวเก็บประจุ และถ้าตัวเก็บประจุทนไม่ได้ก็อาจจะระเบิด

- ทำให้สายนิวทรอนร้อน (จากฮาร์มอนิกที่ 3) และเป็นเหตุให้เกิดไฟไหม้ได้

- ทำให้รูปคลื่นแรงดันในสายเพี้ยนส่งผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ในระบบ

- ทำให้มีเตอร์ เครื่องมือวัดในระบบอ่านค่าผิดพลาด

- EMI จะทำให้เกิดกระแสรั่วไหลที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้

6. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีอายุการใช้งานสั้นกว่าบัลลาสต์แมกเนติกเพราะว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีอุปกรณ์มากจึงทำให้มีความเชื่อถือได้ต่ำเนื่องจากอุปกรณ์มีอายุการใช้งานจำกัด ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้น ความคลาดเคลื่อนทางการผลิต จึงไม่มีผู้ขายรายใดรับประกันอายุการใช้งานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ว่าจะใช้ได้ถึงระยะเวลาคุ้มทุนหรือเปล่า ในขณะที่บัลลาสต์แมกเนติกจะใช้งานได้ทนทานกว่าประมาณ 10 ปีขึ้นไป

7. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะมีการทำงานและอายุการใช้งานที่ไวต่อแรงดันที่ไม่คงที่มากกว่าบัลลาสต์แมกเนติก

8. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้ได้บางสถานที่ ไม่สามารถใช้ได้ในที่กลางแจ้งหรือที่มีอุณหภูมิสูงหรือที่มีความชื้นสูง

9. วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์อาจเสียหายได้ง่ายหากได้รับแรงดันเกินหรือกระแสเสรีจหรือทรานเซียนท์ เช่น เกิดมีฟ้าผ่าใกล้ๆ หม้อแปลงหรือสายส่ง หรือเกิดการลัดวงจรในระบบไฟฟ้าก็จะทำให้เกิดพลังงานสูงเกินปกติอยู่ชั่วขณะ . ถึงแม้ว่าจะเป็นเวลาเพียงชั่ววินาทีแต่ก็สามารถทำให้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เสียได้ ซึ่งบัลลาสต์แมกเนติกสามารถทนเหตุการณ์เหล่านี้ได้ดีกว่า

10. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้วงจรราคาถูกที่จ่ายกระแสให้หลอดไม่เป็นรูปไซน์จะทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ทำงานไม่ดี มีความเชื่อถือได้ของอาร์กต่ำและไส้หลอดสึกหรอมากทำให้หลอดมีอายุการใช้งานสั้น บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ดีควรจะจ่ายกระแสให้กับหลอดให้เป็นรูปไซน์เพื่อให้มีการสึกหรอของไส้หลอดต่ำที่สุดและช่วยยืดอายุหลอด

11. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีอายุการใช้งานสั้นกว่าบัลลาสต์แมกเนติก เพราะว่ามีเสถียรภาพต่ำ เนื่องจาก

- บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์บางยี่ห้อใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในที่มีเสถียรภาพต่ำ ราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลง 80 ๓ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-อุปกรณ์มีขีดจำกัดในการทำงานมาก เช่น ทนความร้อนไม่ได้ ทนอุณหภูมิสูงไม่ได้

12.การใช้งานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ มีความเสี่ยงมากกว่าการใช้บัลลาสต์แมกเนติกคือ

-ความเสี่ยงจากอายุการใช้งานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เพราะบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีอายุการใช้งานสั้น แต่ราคาแพงจึงอาจเสียก่อนที่จะคุ้มทุนก็เป็นได้

-ความเสี่ยงจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่คุณภาพไม่ดีจะทำให้หลอดมีอายุสั้นลงหรือเป็นตัวทำให้เกิดฮาร์มอนิกที่ไปสร้างปัญหาให้กับไฟฟ้าทั้งระบบ

13.การใช้งานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการประหยัดพลังงานนั้นสำหรับอุตสาหกรรมที่ทำงานตลอด 24 ชั่วโมงจะสามารถคุ้มทุนได้ภายในระยะเวลาที่ไม่นานเกินไปนัก แต่ถ้าใช้ตามบ้านเรือนทั่วไปอาจไม่เหมาะเพราะการใช้งานเพียงวันละไม่กี่ชั่วโมงกว่าจะคุ้มทุนอาจใช้เวลาานมากถึง 10ปีขึ้นไปซึ่งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์อาจจะเสียก่อนได้

14.ยังไม่มีมาตรฐานมาบังคับควบคุมคุณภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย ผู้ใช้ไม่อาจทราบได้ว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นั้นมีคุณภาพดีจริงหรือไม่ ปลอดภัยต่อการใช้หรือเปล่า

5.3 สรุปผล

จากข้อดี-ข้อเสียของบัลลาสต์ทั้งสองแบบ ท่านสามารถพิจารณาตัดสินใจเลือกใช้บัลลาสต์โดยดูจากลักษณะการใช้งานของท่านเป็นหลัก บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีคุณสมบัติที่ดีแต่มีปัญหาว่าราคาแพงจะใช้เวลานานกว่าจะคุ้มทุนและก็มีความเสี่ยงว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์อาจจะเสียก่อนคุ้มทุนก็ได้ หรือนหากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีคุณภาพที่ไม่ดีอาจรบกวนการทำงานของอุปกรณ์ของเครื่องไฟฟ้าอื่นๆ อย่างไรก็ดีบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้คุณภาพก็มีคุณสมบัติเด่นเหมาะกับการใช้งาน

สำหรับผู้ใช้งานบางรายที่ไม่ใส่ใจถึงระยะเวลาคืนทุนอาจจะเลือกซื้อบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ แม้ว่าอาจจะไม่คุ้มทุนหรือระยะเวลาคืนทุนอาจนานเกินไป แต่ก็ด้วยเจตนาที่ต้องการช่วยประหยัดพลังงาน พลังงานไฟฟ้าที่เราช่วยกันประหยัดได้จะมีค่าเสมือนการสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเพราะพลังงานไฟฟ้าที่เราสามารถประหยัดได้นั้นผู้อื่นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

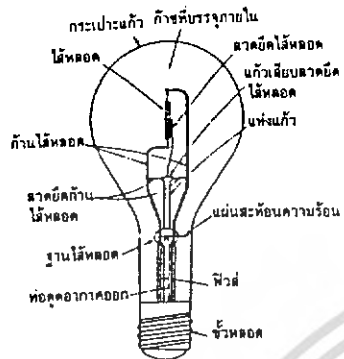
เอกสารอ้างอิง

1. การออกแบบระบบแสงสว่าง , พิบูลย์ ดิษฐ์อุดม
2. การออกแบบแสงสว่าง , ธนบูลย์ ศศิภาณุเดช
3. ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 3 , ไมตรี วรวิมล จรรยากุล
4. เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับบัลลาสต์ , บริษัท แอดวานซ์ อิเล็กทริก แอนด์ อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด
5. 51 เรื่องน่ารู้เทคนิคไฟฟ้า , วารสารเทคนิค
6. 70 เรื่องน่ารู้เทคนิคไฟฟ้า , วารสารเทคนิค
7. เทคนิคและการออกแบบสวิตชิง เพาเวอร์ซัพพลาย , สุวัฒน์ ตัน
8. แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิง , สมบูรณ์ มาลานนท์ สมคิด วิริยะประสิทธิ์ชัย
9. IR 2155 , เศรษฐี คำชมภู
10. ฟาสต์-รีคัพเวอร์ไดโอด , ชูเกียรติ วัฒนากุล
11. หยิบมอสเฟตมาใช้งาน ตอนที่ 1 และ 2 , วิโรจน์ แซ่ไซว

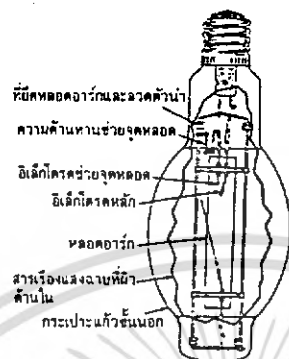
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



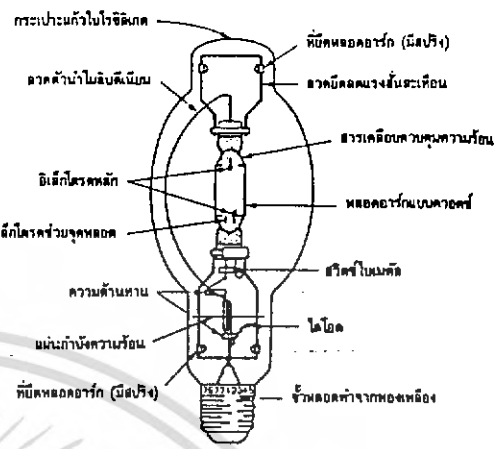
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



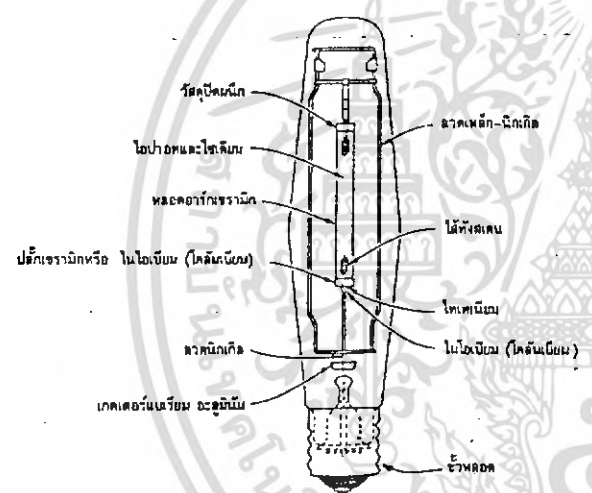
ก. หลอดอินกนเคสเซนต์



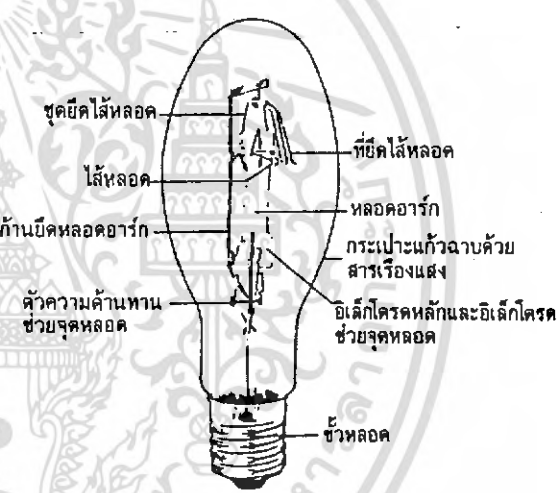
ข. หลอดไอปรอทความดันสูง



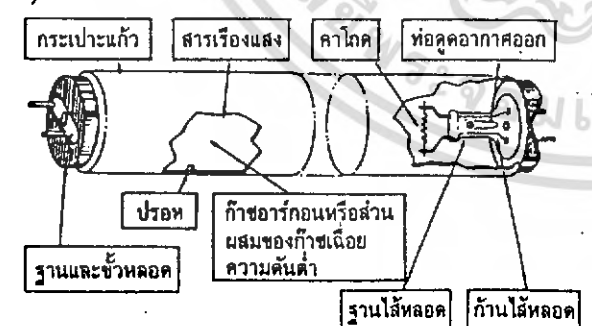
ค. หลอดเมทัลฮาไลด์



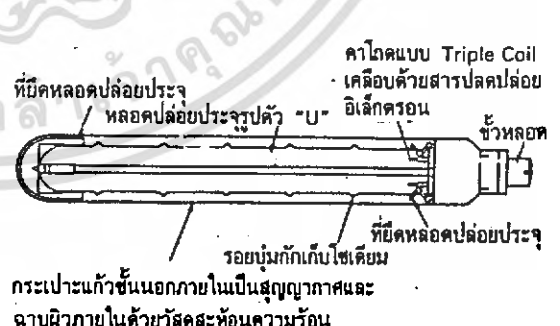
ง. หลอดโซเดียมความดันสูง



จ. หลอดแสงผสม

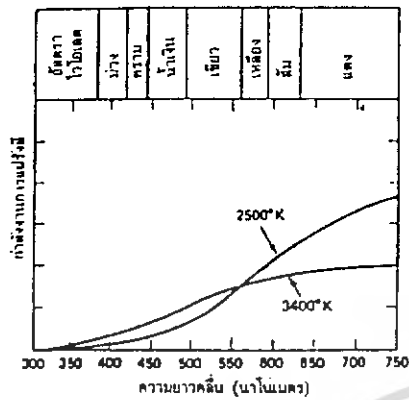


ฉ. หลอดฟลูออเรสเซนต์

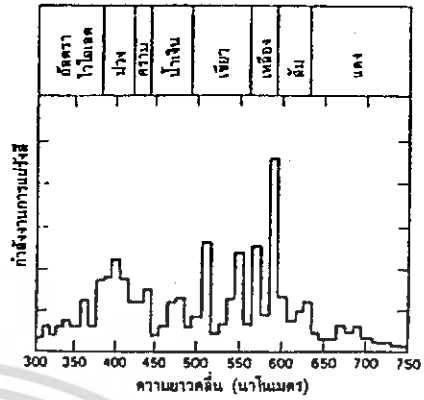


ช. หลอดโซเดียมความดันต่ำ

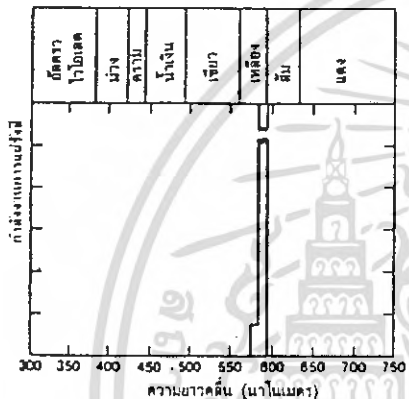
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



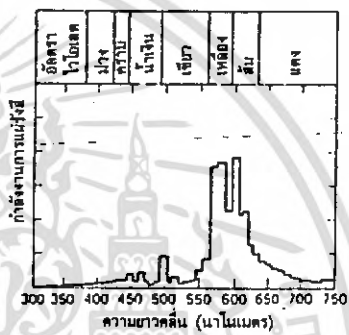
ก.หลอดอินแคนเดสเซนต์และหลอดฮาโลเจน



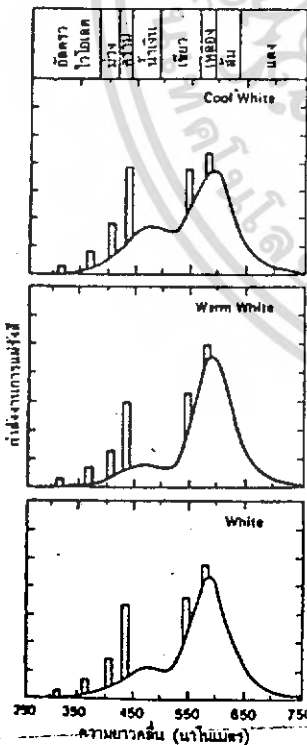
จ. หลอดตะกั่วยโด้



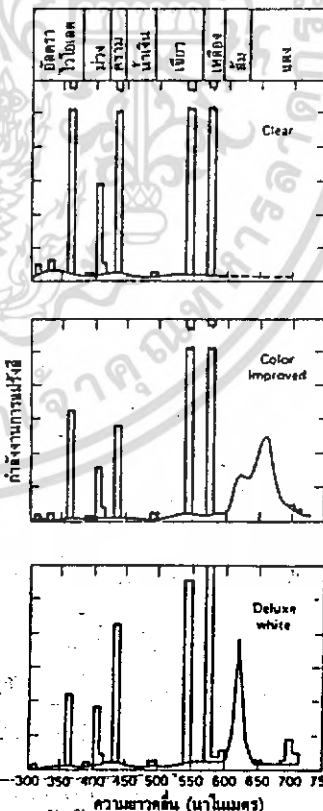
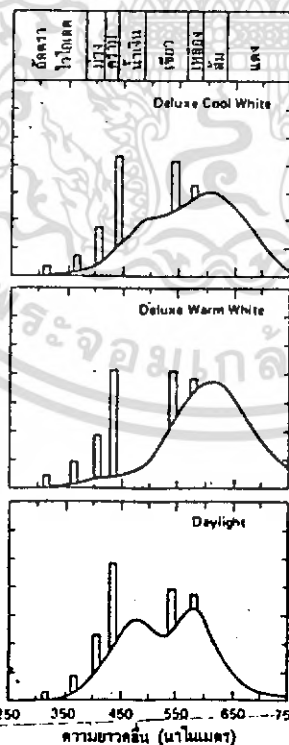
ข. หลอดโซเดียมความดันต่ำ



ง. หลอดโซเดียมความดันสูง



ค. หลอดฟลูออโรเรสเซนต์



ด. หลอดไฟประหยัดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพแสงของหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ (รวมกำลังสูญเสียในบัลลาสต์)

ชนิดของหลอด	ประสิทธิภาพของแสง(lm/w)
1.หลอดอินแคนเดสเซนต์	8-20
2.หลอดทังสเตนฮาโลเจน	17-25
3.หลอดแสงผสม	12-30
4.หลอดไฮปรอทความดันสูง	35-50
5.หลอดฟลูออเรสเซนต์	45-65
6.หลอดเมทัลฮาไลด์	45-70
7.หลอดโซเดียมความดันสูง	50-110
8.หลอดโซเดียมความดันต่ำ	70-155

ตารางที่ 2 อายุการใช้งานของหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ

ชนิดของหลอด	อายุการใช้งาน(ชั่วโมง)
1.หลอดอินแคนเดสเซนต์	750-1,000
2.หลอดทังสเตนฮาโลเจน	2,000-4,000
3.หลอดแสงผสม	10,000-16,000
4.หลอดไฮปรอทความดันสูง	24,000
5.หลอดฟลูออเรสเซนต์	6,000-8,000
6.หลอดเมทัลฮาไลด์	7,500-20,000
7.หลอดโซเดียมความดันสูง	24,000
8.หลอดโซเดียมความดันต่ำ	18,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่3 เวลาอุ่นหลอดและเวลารอจุดซ้ำของหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ

ชนิดของหลอด	เวลาอุ่นหลอด(นาทีก)	เวลารอจุดซ้ำ(นาทีก)
1.หลอดอินแคนเดสเซนต์	-	-
2.หลอดทังสเตนฮาโลเจน	-	-
3.หลอดแสงผสม	-	3-6
4.หลอดไฮปรอทความดันสูง	5-7	3-6
5.หลอดฟลูออเรสเซนต์	-	-
6.หลอดเมทัลฮาไลด์	3-5	10-15
7.หลอดโซเดียมความดันสูง	3-4	1
8.หลอดโซเดียมความดันต่ำ	10-13	0.5-1

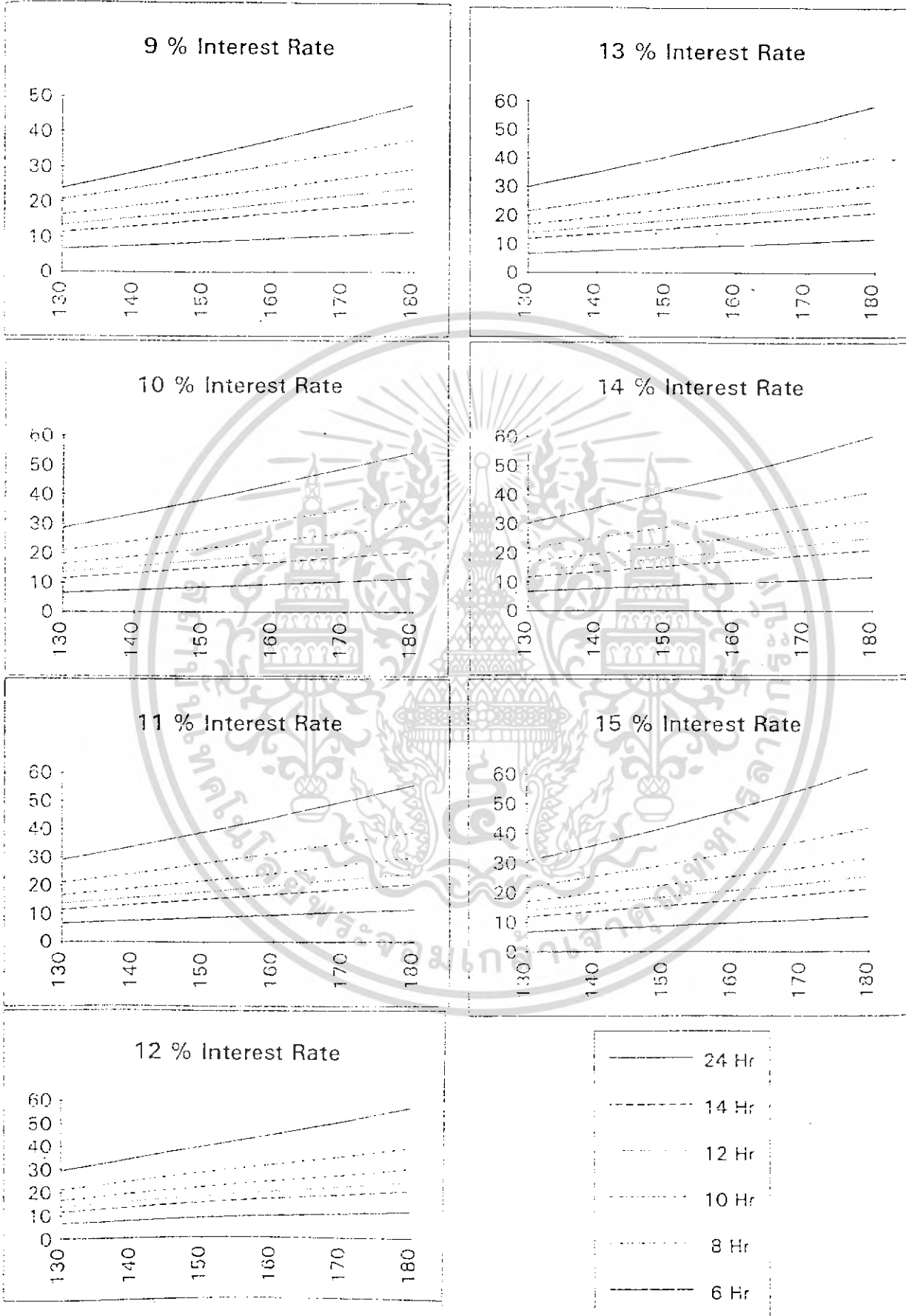
ตารางที่4 ค่าCRIของหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ

ชนิดของหลอด	คุณภาพทางด้านสี(CRI)
1.หลอดอินแคนเดสเซนต์	95-96
2.หลอดทังสเตนฮาโลเจน	98
3.หลอดแสงผสม	38,58
4.หลอดไฮปรอทความดันสูง	25,40
5.หลอดฟลูออเรสเซนต์	53-94
6.หลอดเมทัลฮาไลด์	65,70,90
7.หลอดโซเดียมความดันสูง	25.60,85
8.หลอดโซเดียมความดันต่ำ	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pay Back Time of Low Watt Loss Ballast

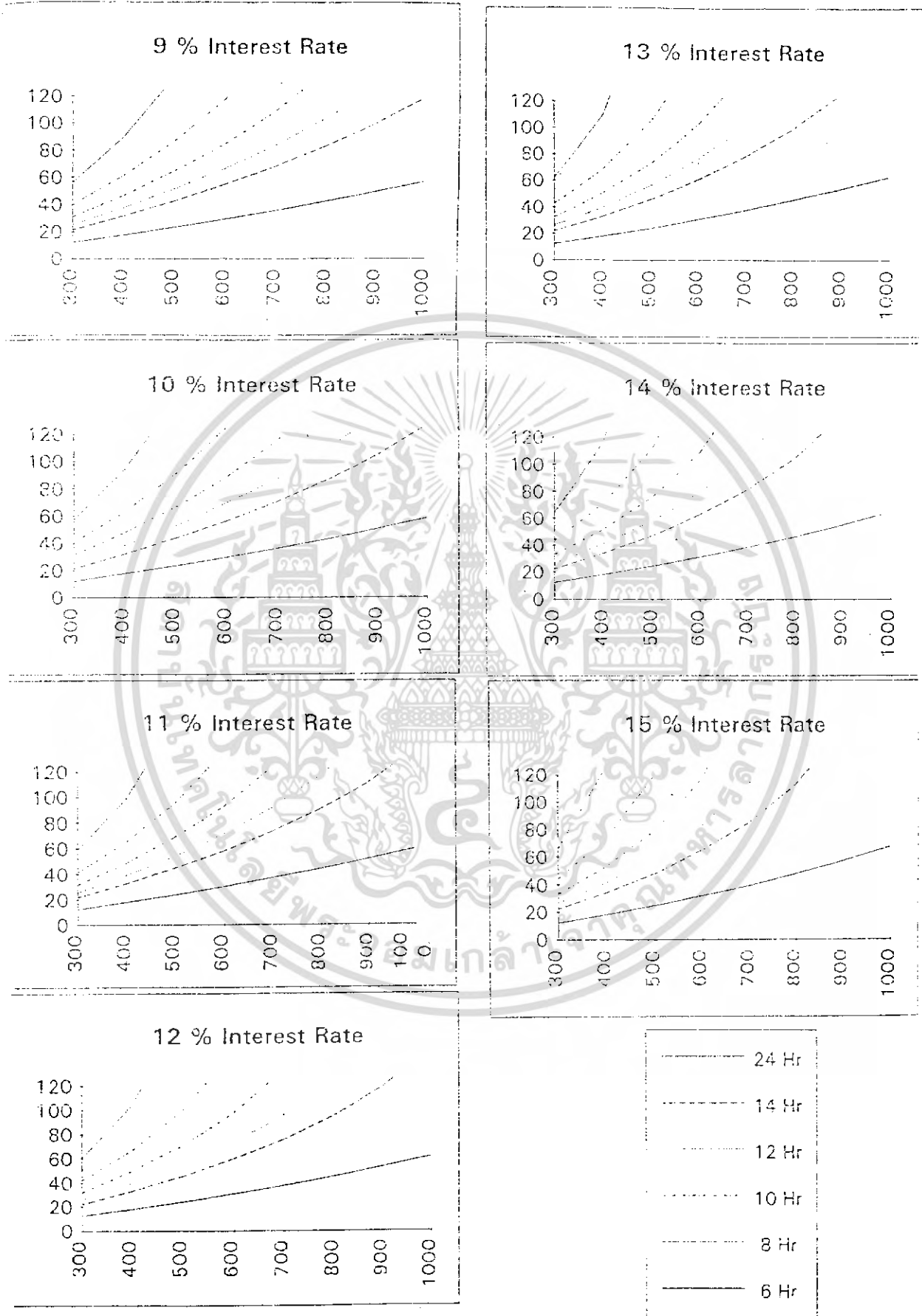
(X = Ballast Price (Baht) , Y = Pay Back Time (months))



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pay Back Time of Electronic Ballast

(X = Ballast Price (Baht) , Y = Pay Back Time [months])



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SELF-OSCILLATING HALF-BRIDGE DRIVER

Features

- ▣ Floating channel designed for bootstrap operation
Fully operational to +600V
Tolerant to negative transient voltage
dV/dt immune
- ▣ Undervoltage lockout for both channels
- ▣ Programmable oscillator frequency
$$f = \frac{1}{14 \times (RT + 150\Omega) \times CT}$$
- ▣ Micropower supply startup current of 200 μ A typ.
- ▣ Matched propagation delay for both channels
- ▣ Low side output in phase with RT

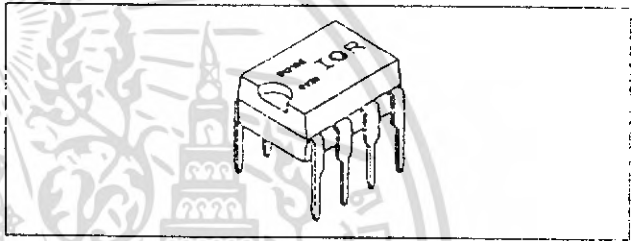
Product Summary

V _{OFFSET}	600V max.
Duty Cycle	50%
V _{OUT}	10 - 15V
t _{r/f} (typ.)	80 & 40 ns
Deadtime (typ.)	1.2 μ s

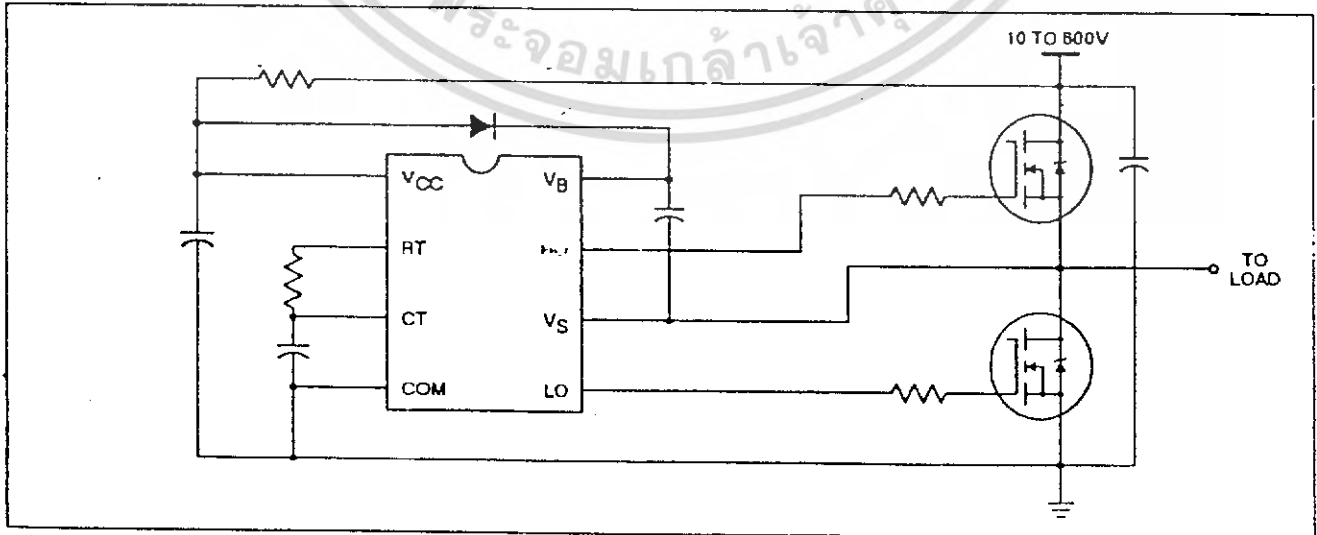
Description

The IR2155 is a high voltage, high speed, self-oscillating power MOSFET and IGBT driver with both high side and low side referenced output channels. Proprietary HVIC and latch immune CMOS technologies enable ruggedized monolithic construction. The front-end features a programmable oscillator which is similar to the 555 timer. The output drivers feature a high pulse current buffer stage and an internal deadtime designed for minimum driver cross-conduction. Propagation delays for the two channels are matched to simplify use in 50% duty cycle applications. The floating channel can be used to drive an N-channel power MOSFET or IGBT in the high side configuration that operates off a high voltage rail from 10 to 600 volts.

Package



Typical Connection





Dynamic Electrical Characteristics

V_{BIAS} (V_{CC}, V_{BS}) = 12V and C_L = 1000 pF unless otherwise specified.

Symbol	Parameter Definition	Fig.	T _A = 25°C			Units	Test Conditions
			Min.	Typ.	Max.		
t _r	Turn-On Rise Time	—	—	80	140	ns	
t _f	Turn-Off Fall Time	—	—	40	70		
DT	Deadtime, LS Turn-Off to HS Turn-On & HS Turn-Off to LS Turn-On	—	0.5	1.2	2.0	μs	
DC	RT Duty Cycle	—	49.5	50	50.5	%	f _{osc} = 20 kHz

Static Electrical Characteristics

V_{BIAS} (V_{CC}, V_{BS}) = 12V, V_{SS} = COM and C_L = 1000 pF unless otherwise specified.

Symbol	Parameter Definition	T _A = 25°C			Units	Test Conditions
		Min.	Typ.	Max.		
Supply Characteristics						
V _{CCUV+}		7.7	8.45	9.2	V	
V _{CCUV-}	V _{CC} Supply Undervoltage Negative Going Threshold	7.4	8.15	8.9		
I _{CCUV}	Micropower V _{CC} Supply Startup Current	—	70	150	μA	V _{CC} < Startup Thresh.
I _{CC}	Quiescent V _{CC} Supply Current	—	500	1000		
V _{CLAMP}	V _{CC} Zener Shunt Clamp Voltage	14.4	15.6	16.8	V	I _{CC} = 5 mA
Floating Supply Characteristics						
V _{BSUV+}	V _{BS} Supply Undervoltage Positive Going Threshold	7.7	8.45	9.2	V	
V _{BSUV-}	V _{BS} Supply Undervoltage Negative Going Threshold	7.4	8.15	8.9		
I _{BSUV}	Micropower V _{BS} Supply Startup Current	—	55	125	μA	V _{BS} < Startup Thresh.
I _{BS}	Quiescent V _{BS} Supply Current	—	70	150		
I _{LK}	Offset Supply Leakage Current	—	—	50		V _B = V _S = 600V
Oscillator I/O Characteristics						
f _{osc}	Oscillator Frequency	19.4	20	20.6	kHz	RT = 35.7 kΩ, CT = 1 nF
		94	100	106		RT = 6.97 kΩ, CT = 1 nF
I _{CT}	CT Input Current	—	0.001	1.0	μA	
V _{CTUV}	CT Undervoltage Lockout	—	100	—	mV	2.5V < V _{CC} < V _{CCUV+}
V _{RT+}	RT High Level Output Voltage, V _{CC} - RT	—	20	50		I _{RT} = -100 μA
		—	200	500		I _{RT} = -1 mA
V _{RT-}	RT Low Level Output Voltage	—	20	50		I _{RT} = 100 μA
		—	200	500		I _{RT} = 1 mA
V _{RTUV}	RT Undervoltage Lockout, V _{CC} - RT	—	100	—	2.5V < V _{CC} < V _{CCUV+}	
V _{CT+}	2/3 V _{CC} Threshold	—	8.0	—	V	
V _{CT-}	1/3 V _{CC} Threshold	—	4.0	—		
Output Characteristics						
V _{OH}	High Level Output Voltage, V _{BIAS} - V _O	—	—	100	mV	I _O = 0A
V _{OL}	Low Level Output Voltage, V _O	—	—	100		I _O = 0A
V _{HOUV}	High Side Undervoltage Lockout Status	—	—	100	mV	2.5V < V _{BS} < V _{BSUV+}
V _{LOUV}	Low Side Undervoltage Lockout Status	—	—	100		2.5V < V _{CC} < V _{CCUV+}

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	Parameter Definition	Min.	Max.	Units
V_B	High Side Floating Supply Absolute 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}	RT Voltage	-0.3	$V_{CC} + 0.3$	
V_{CT}	CT Voltage	-0.3	$V_{CC} + 0.3$	
I_{CC}	Supply Current (Note 1)	—	25	mA
I_{HO}	High Side Output Current	-500	500	
I_{LO}	Low Side Output Current	-500	500	
I_{RT}	RT Output Current	-5	5	V/ns
dV_S/dt	Allowable Offset Supply Voltage Transient	—	50	
P_D	Package Power Dissipation @ $T_A \leq +25^\circ\text{C}$	—	1.0	W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	—	125	$^\circ\text{C/W}$
T_J	Junction Temperature	—	150	$^\circ\text{C}$
T_S	Storage Temperature	-55	150	
T_L	Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	—	300	

Recommended Operating Conditions

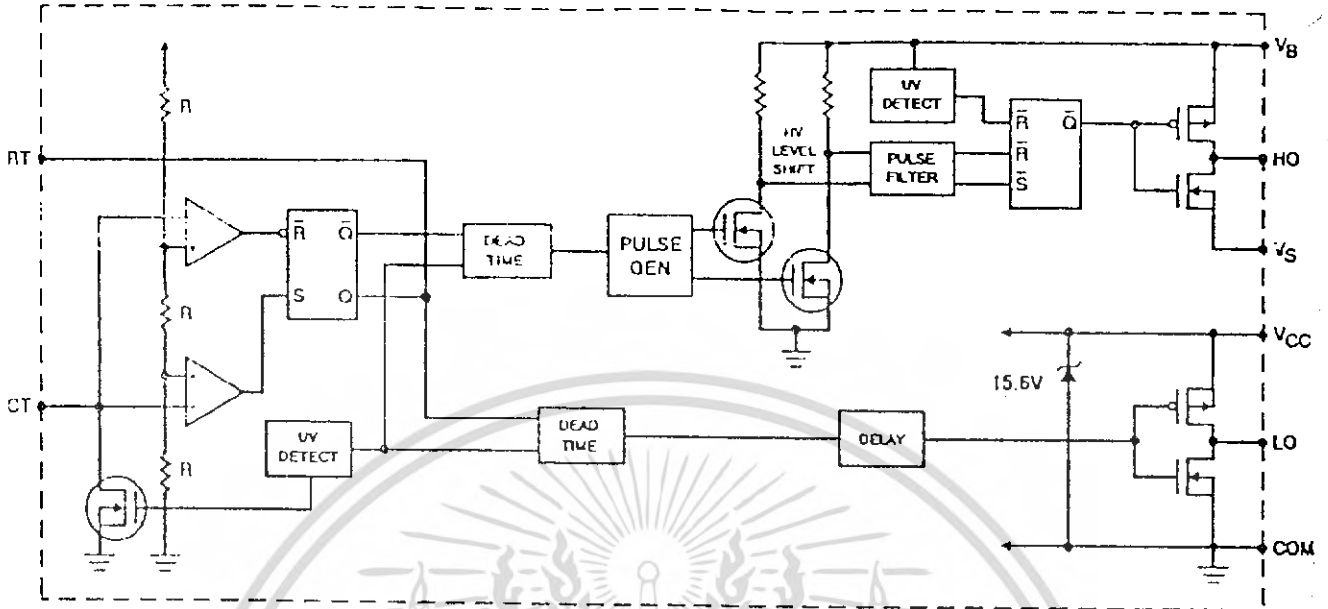
The Input/Output logic timing diagram is shown in Figure 1. For proper operation the device should be used within the recommended conditions.

Symbol	Parameter Definition	Min.	Max.	Units
V_B	High Side Floating Supply Absolute Voltage	$V_S + 10$	$V_S + V_{CLAMP}$	V
V_S	High Side Floating Supply Offset Voltage	—	600	
V_{HO}	High Side Floating Output Voltage	V_S	V_B	
V_{LO}	Low Side Output Voltage	0	V_{CC}	
I_{CC}	Supply Current (Note 1)	—	5	mA
T_A	Ambient Temperature	-40	125	$^\circ\text{C}$

Note 1: Because of the IR2155's application specificity toward off-line supply systems, this IC contains a zener clamp structure between the chip V_{CC} and COM which has a nominal breakdown voltage of 15.6V. Therefore, the IC supply voltage is normally derived by forcing current into the supply lead (typically by means of a high value resistor connected between the chip V_{CC} and the rectified line voltage and a local decoupling capacitor from V_{CC} to COM) and allowing the internal zener clamp circuit to determine the nominal supply voltage. Therefore, this circuit should not be driven by a DC, low impedance power source of greater than V_{CLAMP} .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

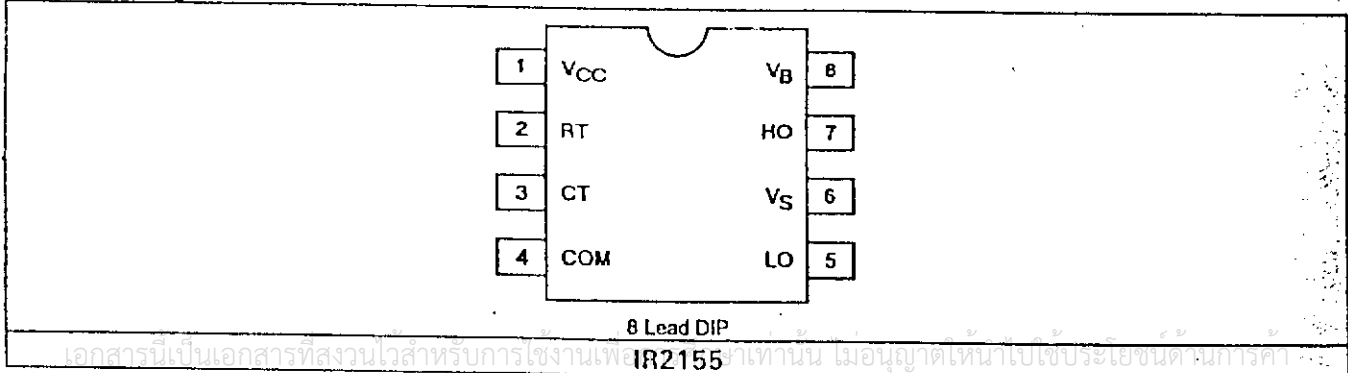
Functional Block Diagram



Lead Definitions

Symbol	Lead Description
RT	Oscillator timing resistor input; a resistor is connected from RT to CT. RT is in phase with LO for normal IC operation.
CT	Oscillator timing capacitor input; a capacitor is connected from CT to COM in order to program the oscillator frequency according to the following equation: $f = \frac{1}{1.4 \times (RT + 150\Omega) \times CT}$ where 150Ω is the effective impedance of the RT output stage.
VB	High side floating supply.
HO	High side gate drive output.
VS	High side floating supply return.
VCC	Logic and low side fixed supply.
LO	Low side gate drive output.
COM	Logic and low side return.

Lead Assignments



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ IR2155 เท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นเบ้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

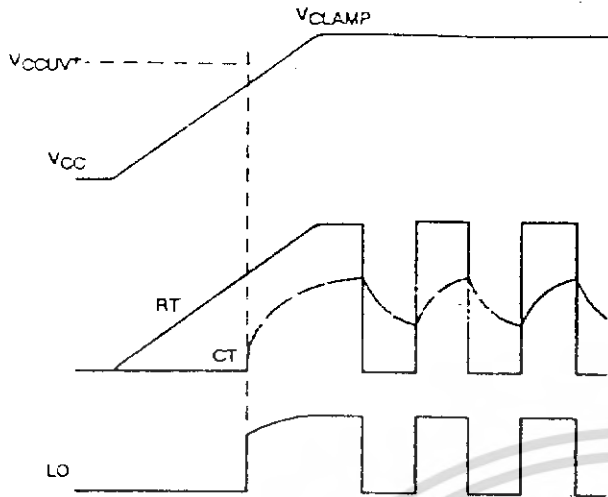


Figure 1. Input/Output Timing Diagram



International
Rectifier

WORLD HEADQUARTERS: 233 KANSAS ST., EL SEGUNDO, CA 90246 USA • (310)322-3331 • FAX (310)322-3332 • TELEX 472-0403
 EUROPEAN HEADQUARTERS: HURST GREEN, OXTED, SURREY RH8 9BB, UK • (44)0883 713215 • FAX (44)0883 714234 • TELEX 96219

Sales Offices, Agents and Distributors in Major Cities Throughout the World.

Date and specifications subject to change without notice.

© 1994 International Rectifier Printed in U.S.A. 6-94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



11DF AND 31DF SERIES

1 Amp and 3 Amp Fast Recovery Rectifiers

Major Ratings and Characteristics

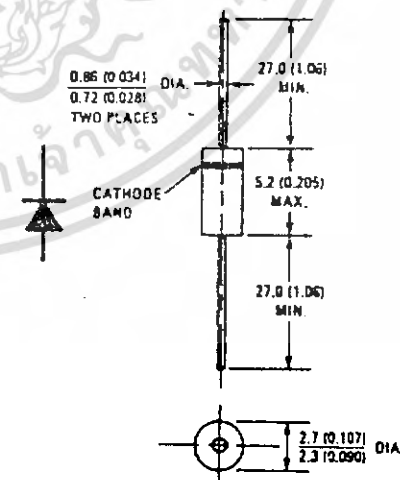
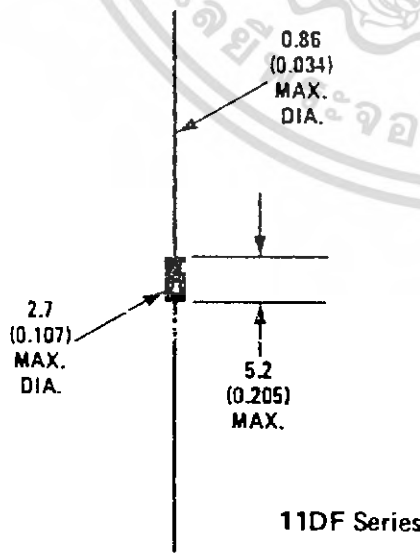
	11DF1 11DF2	11DF3 11DF4	31DF1 31DF2	31DF3 31DF4	Units
I_O	1.0		3.0		A
I_{FSM}	@ 50 Hz	30		60	A
	@ 60 Hz	31.4		62.8	
I^2_t	@ 50 Hz	4.5		18	A ² s
	@ 60 Hz	4.1		16.4	
t_{rr}	35	30	35	30	nS
T_J Range	-40 ~ +150		-40 ~ +150		°C
V_{RRM} Range	100 & 200	300 & 400	100 & 200	300 & 400	V

Description/Features

The 11DF and 31DF series of fast recovery rectifiers are rated at 1 amp and 3 amps, respectively. They are designed for use in switching power supplies, inverters and as free-wheeling diodes.

- Ultrafast 30 and 35 nanosecond recovery times at rated I_{FM}
- Glass passivated junction
- Low forward voltage
- High voltage capability, to 400 volts
- Available taped and reeled

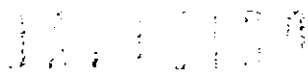
CASE STYLE AND DIMENSIONS



Case Style DO-204AL (DO-41), 11DF Series
 Dimensions in Millimeters and (Inches)
 Refer to the Last Page For 31DF Case Style.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DF & 31DF Series



VOLTAGE RATINGS

Part Numbers		V_{RRM} – Max. Repetitive Peak Reverse Voltage (V)	V_{RSM} – Max. Non-Repetitive Peak Reverse Voltage (V)
11DF1	31DF1	100	110
11DF2	31DF2	200	220
11DF3	31DF3	300	330
11DF4	31DF4	400	440

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

		11DF1 11DF2	11DF3 11DF4	31DF1 31DF2	31DF3 31DF4	Units	Conditions
I_O	Max. average output current, 180° conduction sinusoidal waveform	1.0	$T_a = 27^\circ\text{C}$	1.0	$T_a = 18^\circ\text{C}$	A	Without Fin or P.C. Board
		1.0	$T_a = 63^\circ\text{C}$	1.0	$T_a = 57^\circ\text{C}$		With P.C. Board
I_{FSM}	Max. peak one cycle, non-repetitive surge current,	30		60		A	50 Hz half cycle sine wave or 6 ms rectangular pulse
		31.4		62.8			60 Hz half cycle sine wave or 5 ms rectangular pulse
I^2t	Max. I^2t for fusing,	4.5		18		A^2S	$t = 10 \text{ ms}$
		4.1		16.4			$t = 8.3 \text{ ms}$
V_{FM}	Max. peak forward voltage	0.98	1.25	0.98	1.25	V	$T_a = 25^\circ\text{C}$ $I_F = 1\text{A}$ for 11DF $I_F = 3\text{A}$ for 31DF
I_{RM}	Max. peak reverse current	10	20	10	20	μA	$V_R = V_{RRM}$ $T_a = 25^\circ\text{C}$
t_{rr}	Max. reverse recovery time	35	30	35	30	ns	$T_a = 25^\circ\text{C}$ For 11DF Series: $I_{FM} = 1\text{A}$ $di/dt = 50 \text{ A}/\mu\text{s}$ For 31DF Series: $I_{FM} = 3\text{A}$

THERMAL-MECHANICAL SPECIFICATIONS

T_J	Max. operating junction temperature range	-40 ~ +150		$^\circ\text{C}$	
T_{stg}	Storage temperature range	-40 ~ +150		$^\circ\text{C}$	
R_{thJA}	Max. thermal resistance, dc	115	80	deg. C/W	Without Fin or P.C. Board
		81	34		With Fin.
wt	Approximate weight	0.33 (0.012)	1.2 (0.042)	g/oz.	
	Case Style	DO-204AL (DO-41)	C-16		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

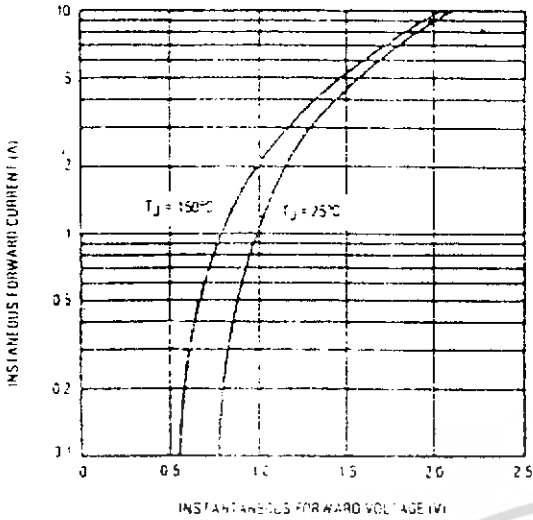


Fig. 1 — Forward Voltage Vs. Forward Current

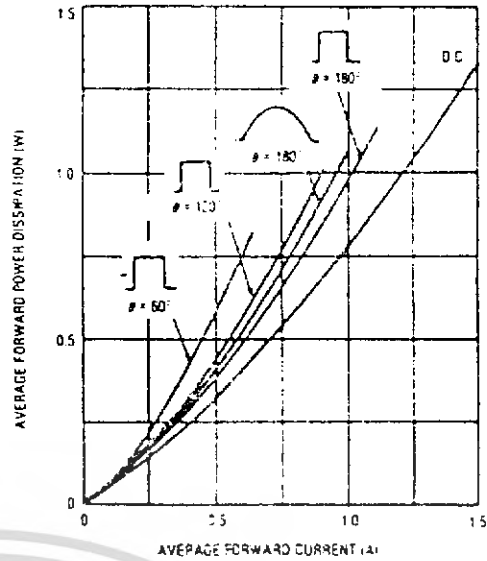


Fig. 2 — Average Forward Power Dissipation Vs. Average Forward Current

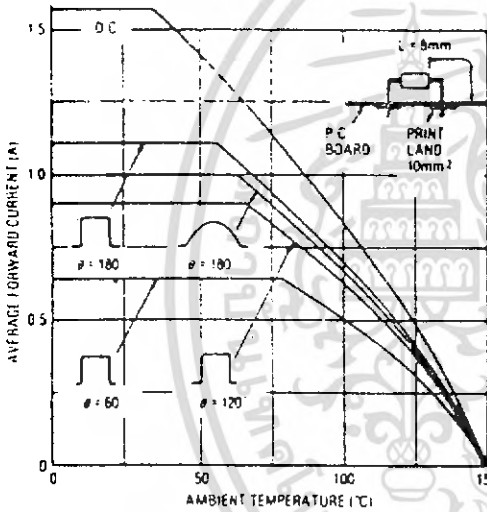


Fig. 3 — Average Forward Current Vs. Ambient Temperature

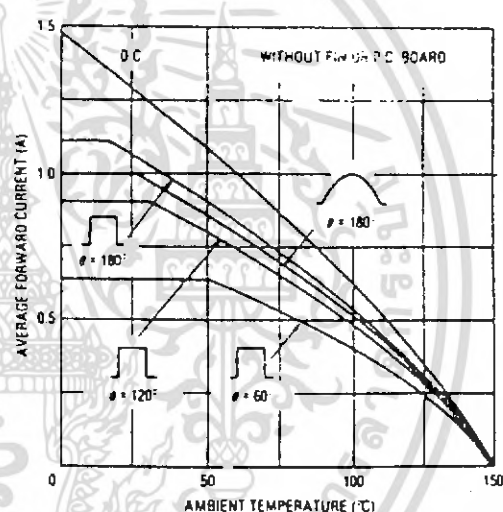


Fig. 4 — Average Forward Current Vs. Ambient Temperature

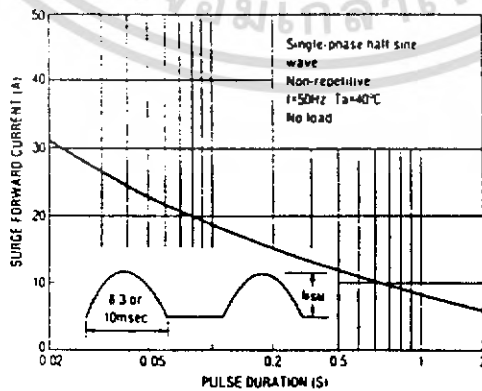


Fig. 5 — Surge Current Ratings

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

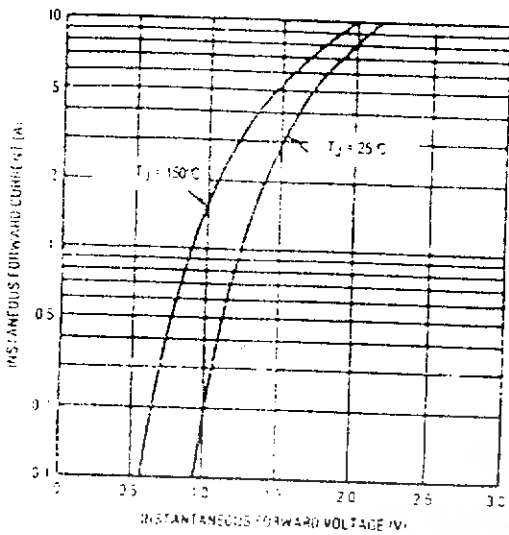


Fig. 6 — Forward Voltage Vs. Forward Current

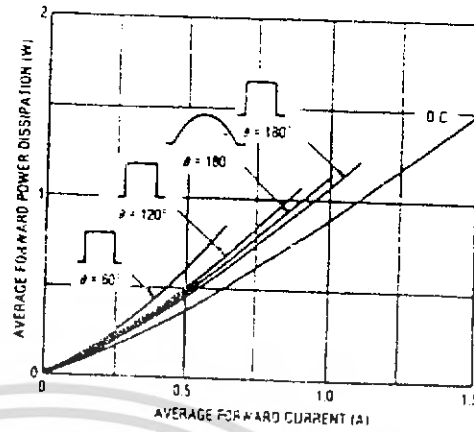


Fig. 7 — Average Forward Power Dissipation Vs. Average Forward Current

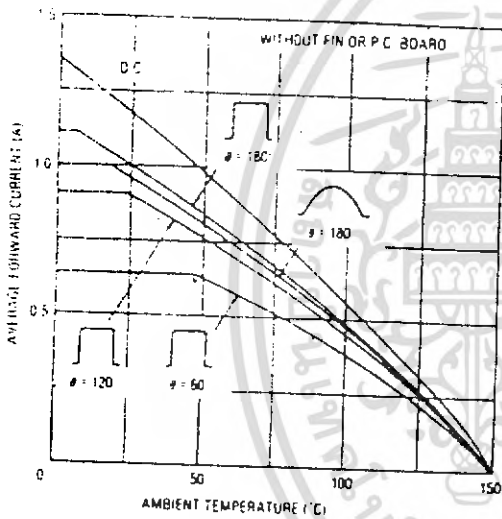


Fig. 8 — Average Forward Current Vs. Ambient Temperature

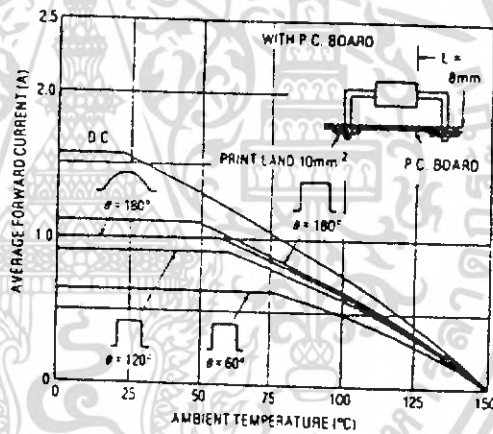


Fig. 9 — Average Forward Current Vs. Ambient Temperature

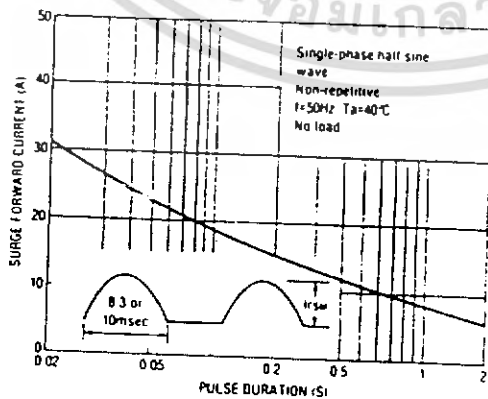


Fig. 10 — Surge Current Ratings

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

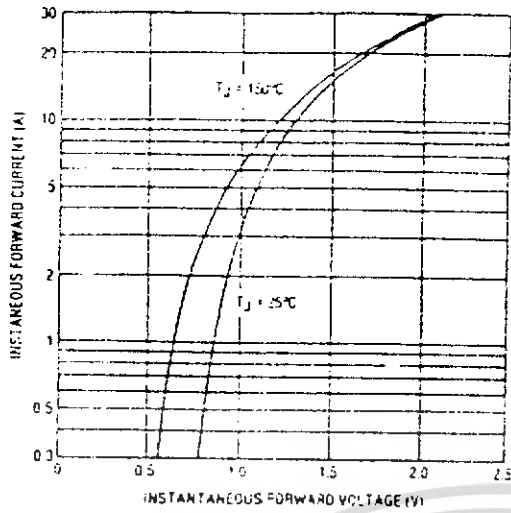


Fig. 11 — Forward Voltage Vs. Forward Current

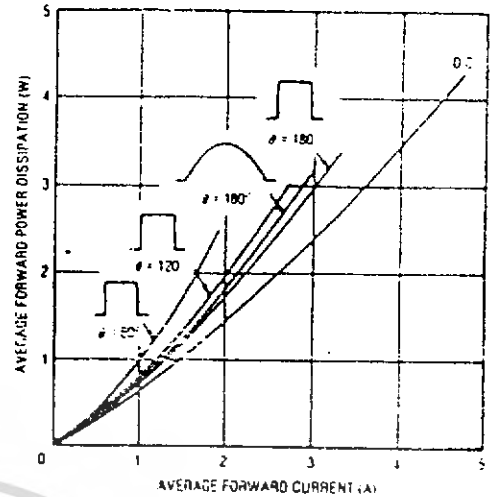


Fig. 12 — Average Forward Power Dissipation Vs. Average Forward Current

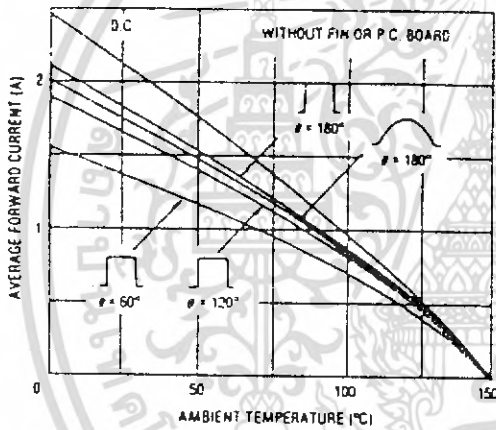


Fig. 13 — Average Forward Current Vs. Ambient Temperature

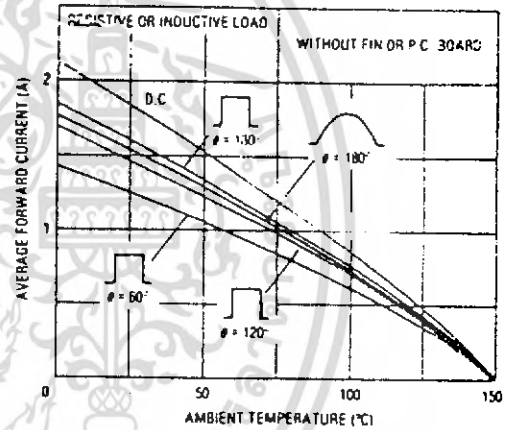


Fig. 14 — Average Forward Current Vs. Ambient Temperature

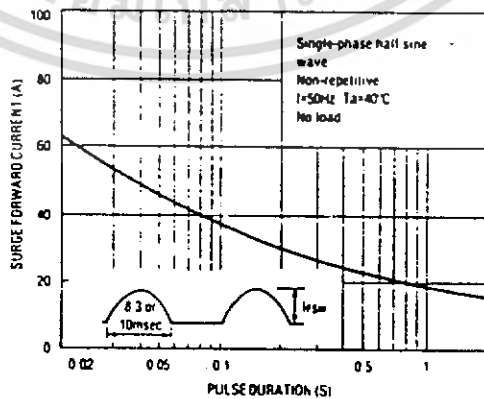


Fig. 15 — Surge Current Ratings

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

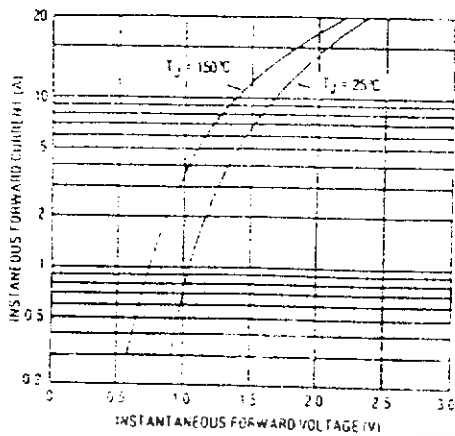


Fig. 16 — Forward Voltage Vs. Forward Current

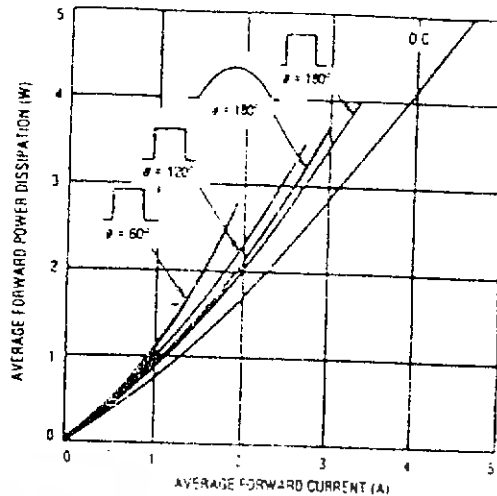


Fig. 17 — Average Forward Power Dissipation Vs. Average Forward Current

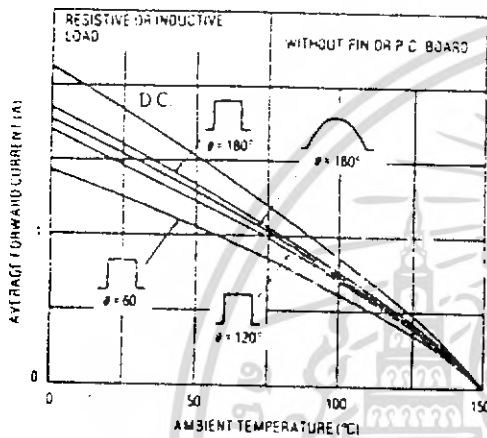


Fig. 18 — Average Forward Current Vs. Ambient Temperature

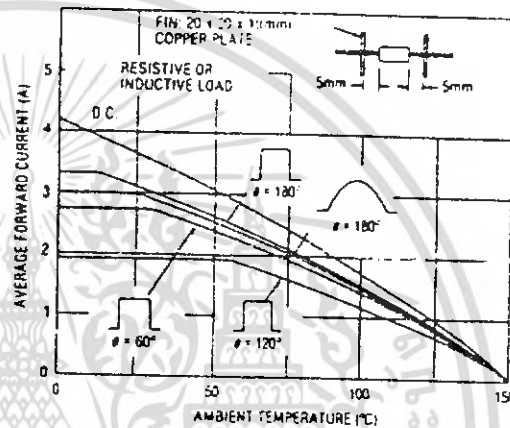


Fig. 19 — Average Forward Current Vs. Ambient Temperature

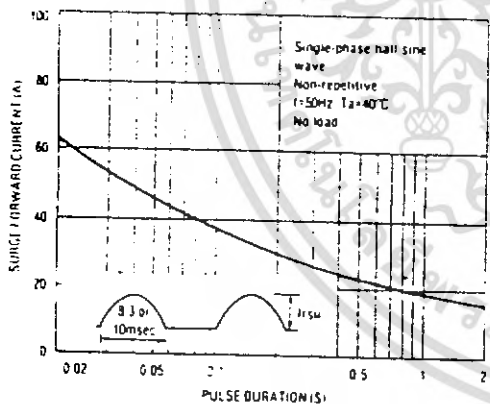
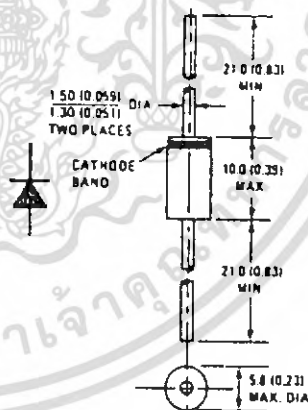


Fig. 20 — Surge Current Ratings



IR Case Style C-16, 31DF Series

International
IOR Rectifier

WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245. Tel: (213) 772-2000. Tlx: 4720403
EUROPEAN HEADQUARTERS: Hurst Green, Oxford, Surrey RH6 9BB. Tel: (068 33) 3215/4231. Tlx: 95219

INADA: 101 Bentley St., Markham, Ontario L3R 3J1. Tel: (416) 475-1897; 280 Dorval Ave., Suite 201A, Dorval, Quebec H9S 3H4. Tel: (514) 831-4696. IR FRANCE: 123, rue de Petit Vaux, 91360
by Sur Orge. Tel: 33 1 64 54 83 29. IR GERMANY: Savignystrasse 55, D-6000 Frankfurt/Main 1. Tel: (0611) 74 26 74. IR ITALY: Via Liguria 49, 10071 Bogaro, Torino. Tel: (011) 470 1484. IR
K: International House, L.B.S. Marg, Vikhroli, Bombay 400-083. Tel: (022) 58 15 84. IR FAR EAST: 3-30-4 Nishi-Ikebukuro Toshima-ku, K&H Building 2F, Tokyo 171. Tel: (03) 983 0641 U.S.
East Zone Office: 2100 Manchester Rd., Suite 501, Wheaton, IL 60187. Tel: (312) 690-7700 U.S. Eastern Zone Office: 71 Grand Ave., Palisades Park, NJ 07650. Tel: (201) 943-4554.

Printed in U.S.A. 9/86

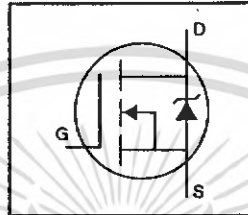
Sales Offices, Agents and Distributors in Major Cities Throughout the World.

Data and specifications subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HEXFET® Power MOSFET

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

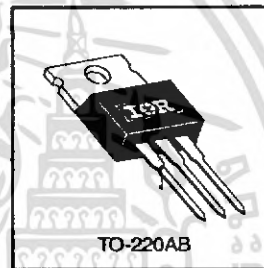


$V_{DSS} = 400V$
$R_{DS(on)} = 1.8\Omega$
$I_D = 3.3A$

Description

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

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



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	3.3
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	2.1
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	13
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	50
	Linear Derating Factor	0.40
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy ②	190
I_{AR}	Avalanche Current ①	3.3
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy ①	5.0
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	4.0
T_J	Operating Junction and	-55 to +150
T_{STG}	Storage Temperature Range	
	Soldering Temperature, for 10 seconds	370 (1.6mm from case)
	Mounting Torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf·in (1.1 N·m)

Thermal Resistance

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	—	2.5
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	—	0.50	—
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	—	62

Electrical Characteristics @ T_J = 25°C (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
V _{BRDSS}	Drain-to-Source Breakdown Voltage	400	—	—	V	V _{GS} =0V, I _D =250μA
ΔV _{BRDSS} /ΔT _J	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.51	—	V/°C	Reference to 25°C, I _D =1mA
R _{DS(on)}	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	1.8	Ω	V _{GS} =10V, I _D =2.0A ①
V _{GS(th)}	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	V _{DS} =V _{GS} , I _D =250μA
g _{fs}	Forward Transconductance	1.7	—	—	S	V _{DS} =50V, I _D =2.0A ①
I _{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	V _{DS} =400V, V _{GS} =0V V _{DS} =320V, V _{GS} =0V, T _J =125°C
I _{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	V _{GS} =20V
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100	nA	V _{GS} =-20V
Q _g	Total Gate Charge	—	—	20	nC	I _D =3.3A
Q _{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	3.3	nC	V _{DS} =320V
Q _{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	11	nC	V _{GS} =10V See Fig. 6 and 13 ①
t _{d(on)}	Turn-On Delay Time	—	10	—	ns	V _{DD} =200V
t _r	Rise Time	—	14	—	ns	I _D =3.3A
t _{d(off)}	Turn-Off Delay Time	—	30	—	ns	R _G =18Ω
t _f	Fall Time	—	13	—	ns	R _D =56Ω See Figure 10 ①
L _D	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6 mm (0.25in.) from package and center of die contact
L _S	Internal Source Inductance	—	7.5	—	nH	
C _{iss}	Input Capacitance	—	410	—	pF	V _{GS} =0V
C _{oss}	Output Capacitance	—	120	—	pF	V _{DS} =25V
C _{rss}	Reverse Transfer Capacitance	—	47	—	pF	f=1.0MHz See Figure 5

Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
I _S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	3.3	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I _{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	13	A	
V _{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.6	V	T _J =25°C, I _S =3.3A, V _{GS} =0V ①
t _{rr}	Reverse Recovery Time	—	270	600	ns	T _J =25°C, I _F =3.3A
Q _{rr}	Reverse Recovery Charge	—	1.4	3.0	μC	di/dt=100A/μs ①
t _{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L _S +L _D)				

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature (See Figure 11)
- ② V_{DD}=50V, starting T_J=25°C, L=30mH R_G=25Ω, I_{AS}=3.3A (See Figure 12)
- ③ I_{SD}≤3.3A, di/dt≤65A/μs, V_{DD}≤V_{BRDSS}, T_J≤150°C
- ④ Pulse width ≤ 300 μs; duty cycle ≤2%.

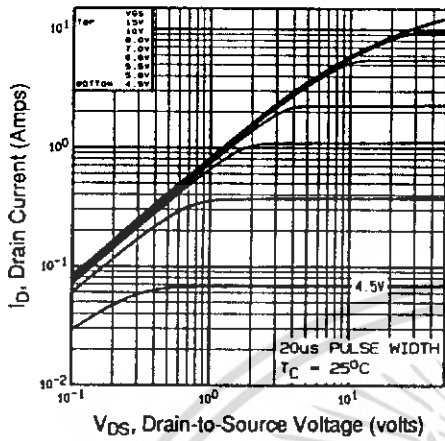


Fig 1. Typical Output Characteristics, $T_C=25^\circ\text{C}$

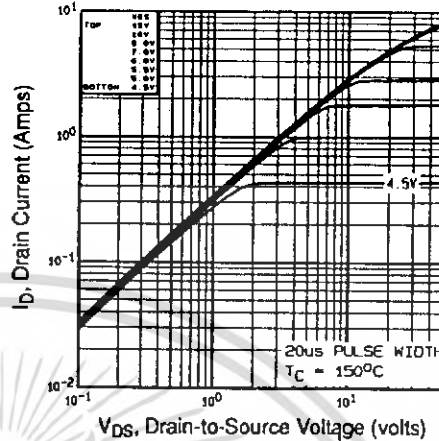


Fig 2. Typical Output Characteristics, $T_C=150^\circ\text{C}$

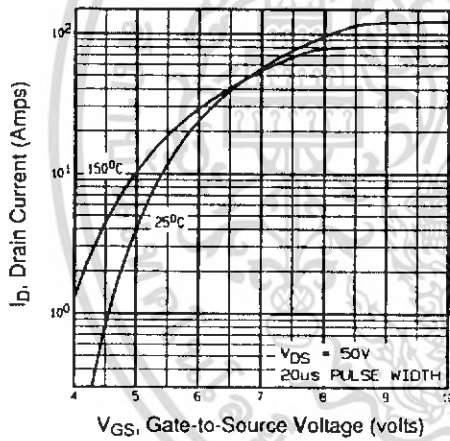


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

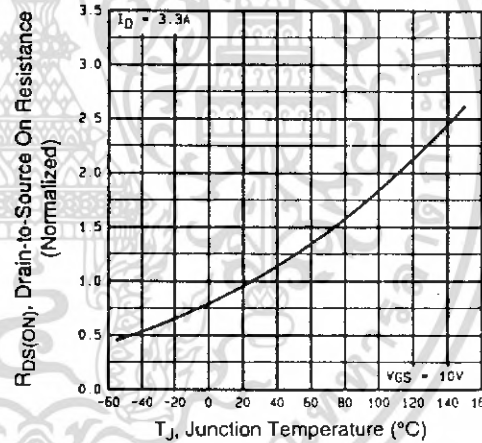


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

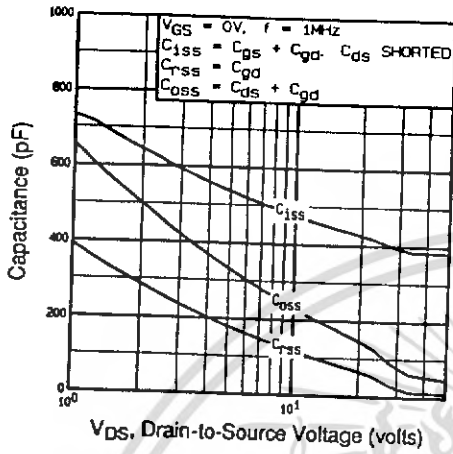


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

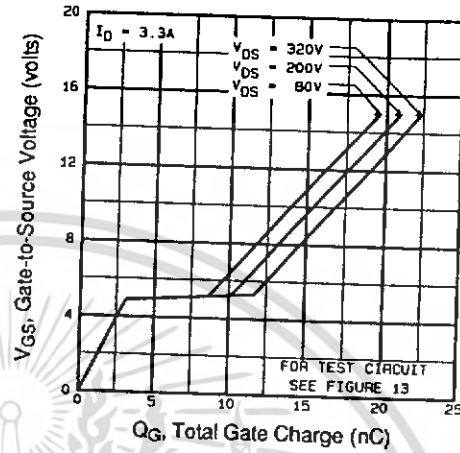


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

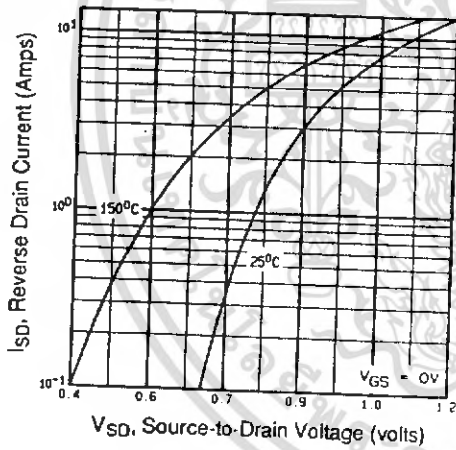


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

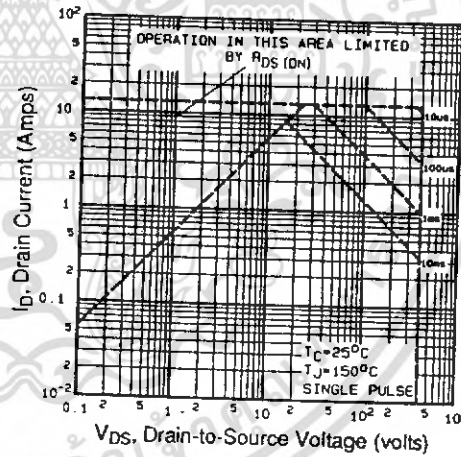


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

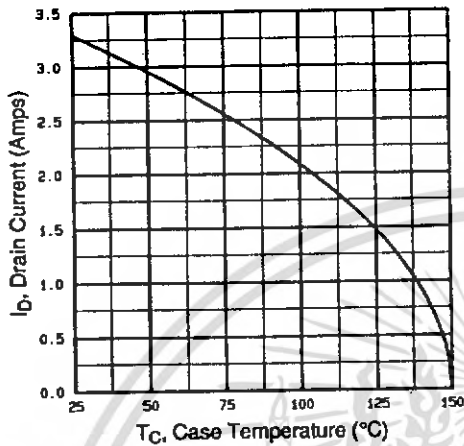


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

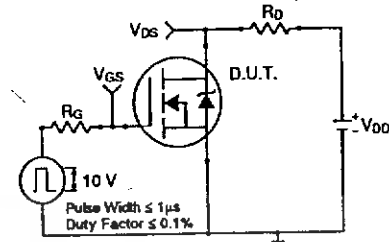


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

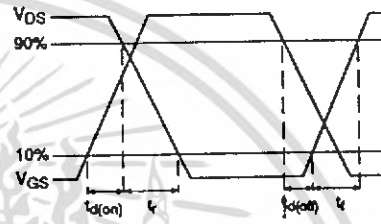


Fig 10b. Switching Time Waveforms

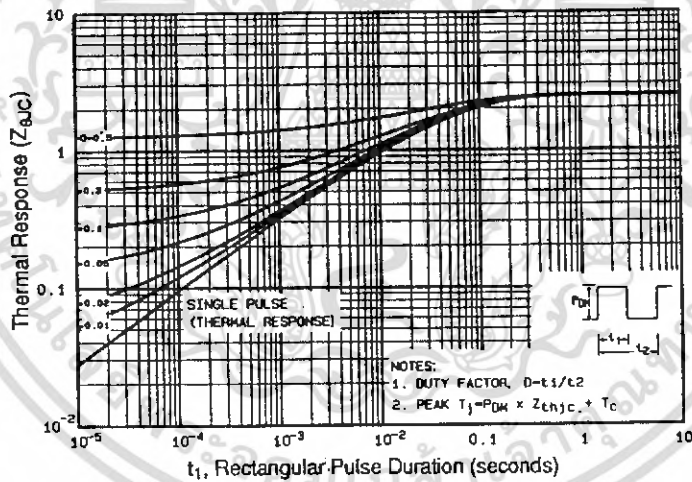


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

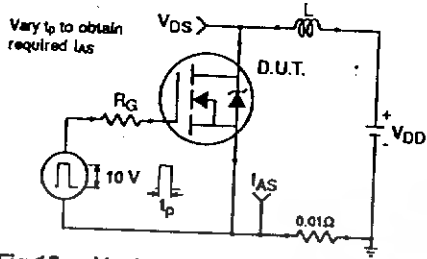


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

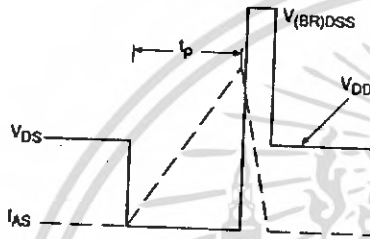


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

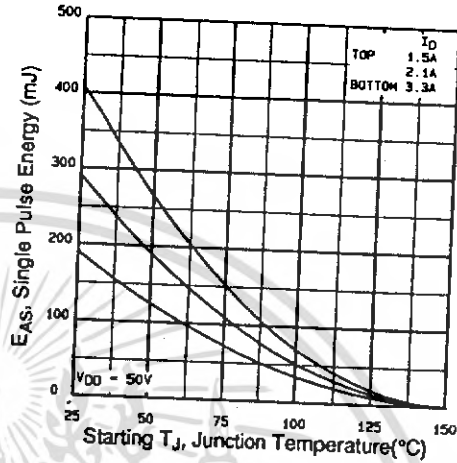


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

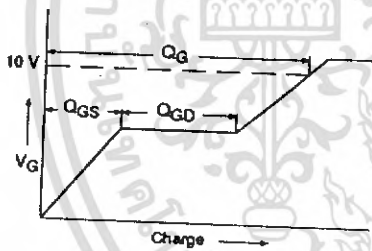


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

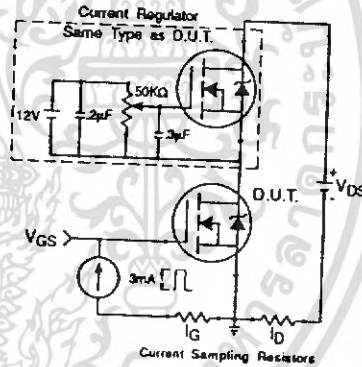


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

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

Appendix B: Package Outline Mechanical Drawing – See page 1509

Appendix C: Part Marking Information – See page 1516

Appendix E: Optional Leadforms – See page 1525

International
IR Rectifier