

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง

HIGH POWER LED EMERGENCY LIGHT



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... **62754**
วัน,เดือน,ปี...**2.1.ศ.ศ. 2549**

b..... 111701401
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2548

ไฟฉุกเฉิน โดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง
HIGH POWER LED EMERGENCY LIGHT



โดย
นาย ชัชชัย ทนนไชย
นาย นรากร วรรณชะรา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สุพัฒน์ กิตติรัตน์สัจจา

ดร.สมภาพ ผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

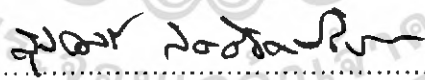
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

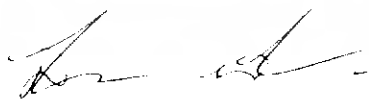
เรื่อง ไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง

ผู้จัดทำ

1. นาย ธวัชชัย ทนนไชย
2. นาย นรากร วรรณชะธา




.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพัฒน์ กิตติรัตน์สัจจา)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร. สมภาพ ผลไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง

นายรัชชัย ทนินไชย

นายนรากร วรรณชะรา

ผศ.ดร.สุวัฒน์ กิตติรัตนัสัจจา อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.สมภพ ผลไม้ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอเกี่ยวกับไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง ซึ่งวงจรหลักประกอบด้วยวงจรอัดประจุไฟฟ้าโดยประยุกต์มาจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ทำการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ และวงจรขับหลอดซึ่งใช้วงจรบูสต์คอนเวอเตอร์ โดยขณะเหตุการณ์ปกติวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์จะทำการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ แต่เมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ เช่น ไฟฟ้าดับหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจร โดยรีเลย์ซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับแรงดันจะเปลี่ยนสถานะการทำงาน ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าไหลจากแบตเตอรี่ผ่านวงจรบูสต์คอนเวอเตอร์เพื่อขับหลอดให้แสงสว่างในขณะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย และยังสมารถที่จะขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงให้ทำงานในสภาวะเหตุการณ์ปกติได้ด้วยวงจรออฟไลน์

โครงการนี้ได้ทำการศึกษาหลักการทำงานของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์และวงจรบูสต์คอนเวอเตอร์ แล้วทำการออกแบบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ รวมทั้งจำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นจึงทำการสร้างไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง และทำการทดสอบสมรรถนะ

HIGH POWER LED EMERGENCY LIGHT

Tawatchai Tananchai

Narakorn Wanchara

Assist.Prof.Dr. Supat Kittiratsutcha Advisor

Dr. Sompob Polmai Advisor

2005

ABSTRACT

This project presents an emergency light system using high power LED. The system comprises of battery charger and the LED driver circuits. The charger is implemented from fly back converter and boost converters is function as the LED drivers. When there is an interruption, the relay contact will change status. Consequently, the LED drivers are connected to the battery and the LEDs are ignited. Moreover this system is designed to operate in offline conditional.

This project studies the principle of fly - back converter and the boost converter. The circuit's parameters have been designed and simulated in computer program. A prototype is built for verifications.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจกันมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่รักของคณะผู้จัดทำ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุวัฒน์ กิตติรัตน์สังจา และ ดร.สมภพ ผลไม้ ที่
ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ให้คำปรึกษา อบรมสั่งสอนทั้งในเรื่อง โครงการตลอดจนการใช้ชีวิต
ในสังคม

ขอขอบคุณ มูลนิธิของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ให้ความสะดวกสบายในการเยี่ยมชม
อุปกรณ์การทดลอง พร้อมให้คำแนะนำ

ขอขอบคุณพี่ๆ นักศึกษาปริญญาโท ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ

ขอขอบคุณเพื่อนภาควิชาไฟฟ้าทุกคน ที่คอยให้กำลังใจกันเสมอมา

และที่สำคัญขอขอบคุณสมาชิกในกลุ่มที่ร่วมกันแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่างๆจนทำให้
โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำ

นาย รัชชัย ทนไฉย

นายนรากร วรรณชะรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญรูปภาพ	III
สารบัญตาราง	IV
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดในการวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 หลักการทำงานของไฟฟูกเงินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง.....	4
2.2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรง เป็นกระแสตรง.....	5
2.2.1 วงจรบีกคอนเวอเตอร์.....	6
2.2.2 วงจรบูสต์คอนเวอเตอร์.....	6
2.2.3 วงจรบีก – บูสต์คอนเวอเตอร์.....	7
2.3 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของแหล่งจ่ายไฟสวิตชิง.....	7
2.4 รูปแบบและหลักการทำงานของแหล่งจ่ายไฟสวิตชิง.....	9
2.4.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	9
2.4.2 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอเตอร์.....	10
2.4.3 วงจรพุก-พูลคอนเวอเตอร์.....	11
2.4.4 วงจรฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอเตอร์.....	12
2.4.5 วงจรฟูล –บริดจ์คอนเวอเตอร์.....	13
2.5 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	13
2.6 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น.....	16
2.7 ทฤษฎีของหม้อแปลงความถี่สูง.....	17
2.7.1 ส่วนประกอบของหม้อแปลงความถี่สูง.....	18
2.7.2 การพันขดลวดทองแดงและการกำหนดขนาดของขดลวด.....	20
2.7.3 ผลกระทบของช่องอากาศในหม้อแปลงความถี่สูง.....	21
2.8 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรฟิลเตอร์.....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.9 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรสับเบอร์	23
2.10 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรอัดประจุไฟฟ้า	24
2.11 แบตเตอรี่แบบอัดประจุได้	25
2.12 การควบคุมแบบ PI Controller	29
2.13 หลอดแอลอีดีกำลังสูง	30
บทที่ 3 การออกแบบวงจร	33
3.1 การออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์	33
3.2 การออกแบบวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น	37
3.3 การออกแบบวงจรสับเบอร์	38
3.4 การออกแบบวงจรอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่	39
3.5 การออกแบบวงจรขับหลอด	40
3.6 การออกแบบวงจรตรวจจับแรงดัน	41
3.7 การออกแบบวงจรออฟไลน์	42
บทที่ 4 ผลการจำลองวงจรในโปรแกรม Pspice	43
4.1 การจำลองแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์	43
บทที่ 5 ผลการทดลองจากการออกแบบสร้างวงจร	48
5.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์	48
5.2 วงจรอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่	52
5.3 วงจรออฟไลน์	58
5.4 วงจรขับหลอด	58
5.5 วงจรตรวจจับแรงดัน	59
บทที่ 6 วิจารณ์และบทสรุป	60

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงแผนภาพการทำงานของไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง (High Power LED Emergency Light).....	4
2.2 แสดงวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง.....	5
2.3 แสดงแรงดันไฟฟ้าของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง.....	5
2.4 แสดงวงจรบั๊กคอนเวอเตอร์.....	6
2.5 แสดงวงจรบูสต์คอนเวอเตอร์.....	6
2.6 แสดงวงจรบั๊ก – บูสต์คอนเวอเตอร์.....	7
2.7 แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น.....	7
2.8 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	9
2.9 แสดงวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอเตอร์.....	10
2.10 แสดงวงจรฟูล-พูลคอนเวอเตอร์.....	11
2.11 แสดงวงจรฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอเตอร์.....	12
2.12 แสดงวงจรฟูล-บริดจ์คอนเวอเตอร์.....	13
2.13 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	14
2.14 แสดงสัญญาณกระแสไฟฟ้าของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง(DCM).....	15
2.15 แสดงสัญญาณของกระแสไฟฟ้าของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ ในโหมดกระแสต่อเนื่อง(CCM).....	16
2.16 แสดงวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอด พร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ.....	17
2.17 แสดงวงจร LC ฟิลเตอร์เพื่อลดสัญญาณรบกวน RFI.....	22
2.18 แสดงการต่อวงจรสแน็บเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส.....	23
2.19 แสดงการต่อวงจรสแน็บเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน.....	24
2.20 แสดงแผนภาพบล็อกที่ประกอบด้วย Proportional plus Integral.....	29
2.21 แสดงการตอบสนองของ PI controller.....	29
2.22 แสดงลักษณะของหลอดแอลอีดีกำลังสูงที่มีรูปแบบการกระจายแสงต่าง ๆ.....	30
2.23 แสดงรูปหลอดแอลอีดีกำลังสูงแบบ Lambertian.....	31
2.24 แสดงลักษณะการกระจายแสงหลอดแอลอีดีกำลังสูงแบบ Lambertian.....	31
2.25 แสดงรูปความยาวคลื่นสเปกตรัมของหลอดแอลอีดีกำลังสูงแบบ White.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
3.1 แสดงวงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าในวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	33
3.2 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ที่ได้จากการออกแบบ.....	36
3.3 แสดงลักษณะของการอัดประจุไฟฟ้า.....	39
3.4 แสดงวงจรการอัดประจุไฟฟ้า.....	39
3.5 แสดงวงจรขับโหลด.....	40
3.6 แสดงกระแสไหลสูงสุดที่แรงดันอินพุตต่าง ๆ.....	41
3.7 แสดงวงจรตรวจจับแรงดัน.....	41
3.8 แสดงวงจรของรีเลย์.....	42
3.9 แสดงวงจรออฟไลน์.....	42
4.1 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ จำลองด้วยโปรแกรม Pspice.....	43
4.2 แสดงสัญญาณแรงดันเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	44
4.3 แสดงสัญญาณระลอกคลื่นแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตของ วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	44
4.4 แสดงสัญญาณกระแสเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	45
4.5 แสดงสัญญาณระลอกคลื่นกระแสด้านเอาต์พุตของ วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	45
4.6 สัญญาณกระแสสูงสุดที่ขดลวด L1 ด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	46
4.7 สัญญาณกระแสสูงสุดที่ขดลวด L1 ด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	46
4.8 สัญญาณแรงดันเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ ที่แรงดันกระแสตรงอินพุต 373 โวลต์.....	47
4.9 สัญญาณแรงดันเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ ที่แรงดันกระแสตรงอินพุต 249 โวลต์.....	47
5.1 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันกระแสสลับอินพุต 60 โวลต์.....	48
5.2 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันกระแสสลับอินพุต 140 โวลต์.....	48
5.3 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันกระแสสลับอินพุต 220 โวลต์.....	49
5.4 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันกระแสสลับอินพุต 260 โวลต์.....	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
5.5 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลด วงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 60 โวลต์.....	50
5.6 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลด วงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 140 โวลต์.....	50
5.7 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลด วงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 220 โวลต์.....	51
5.8 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลด วงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 260 โวลต์.....	51
5.9 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 60 โวลต์.....	52
5.10 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 100 โวลต์.....	52
5.11 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 140 โวลต์.....	53
5.12 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 180 โวลต์.....	53
5.13 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 220 โวลต์.....	54
5.14 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 260 โวลต์.....	54
5.15 แสดงข้อมูลของกระแสที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่เป็นเวลา 2 ชั่วโมง.....	55
5.16 แสดงข้อมูลของกระแสที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่จนเต็ม.....	57
5.17 แสดงสัญญาณจากวงจรออฟไลน์ ณ แรงดันอินพุต 220 โวลต์.....	58
5.18 แสดงสัญญาณจากวงจรขับโหลด ณ แรงดันอินพุต 220 โวลต์.....	58
5.19 แสดงสัญญาณจากรีเลย์ที่ใช้ตรวจจับแรงดัน ณ แรงดันอินพุต 106 โวลต์.....	59
5.20 แสดงสัญญาณจากรีเลย์ที่ใช้ตรวจจับแรงดัน ณ แรงดันอินพุต 108 โวลต์.....	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างแหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น.....	8
2.2 แสดงขนาดเส้นลวดจาก Standard Wire Gauge (SWG)	19
2.3 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลคุณสมบัติต่างๆของแบบอัดประจุไฟชนิดต่างๆ โดยใช้แบตเตอรี่แอลคาไลน์เป็นตัวอย่าง.....	27
2.4 แสดงข้อดีและข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ และชนิดลิเทียมไอออน.....	28
2.5 แสดงค่า Absolute Maximum Ratings ของหลอดแอลอีดีกำลังสูง แบบ Lambertian.....	31
5.1 แสดงข้อมูลของกระแสที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่เป็นเวลา 2 ชั่วโมง.....	55
5.2 แสดงข้อมูลของกระแสที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่จนเต็ม.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ระบบไฟฟ้าในปัจจุบันนี้ถือได้ว่าเข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ไปแล้ว เพื่อให้สามารถตอบสนองกับอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยบางสถานที่นั้นจะต้องมีความน่าเชื่อถือเชื่อถือในระบบไฟฟ้ามาก ก็จะต้องมีการสำรองไฟฟ้าทั้งจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงหรือแบตเตอรี่ เป็นต้น เพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดสามารถที่จะทำงานต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง เช่น โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ และสถานที่สำคัญต่างๆ เป็นต้น อีกระบบหนึ่งที่จะต้องให้ความสำคัญก็คือระบบแสงสว่างเพราะสถานที่บางแห่งต้องการแสงสว่างตลอดเวลา เพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน จึงได้มีการคิดระบบไฟฉุกเฉินขึ้น ณ สภาวะปกติจะทำการเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ โดยผ่านวงจรอัดประจุไฟฟ้า และสามารถที่จะทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับหลอดไฟได้ทันที ในกรณีที่ไฟดับ ซึ่งในโครงการของกลุ่มจะเป็นไฟฉุกเฉินที่สามารถเลือกโหมดทำงานเป็นแบบออนไลน์ที่เป็นสถานะการทำงานของไฟฉุกเฉินทุกๆ ไป หรือโหมดออฟไลน์ที่สามารถเปิดหลอดให้สว่างได้ โดยรับไฟฟ้าจากแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ และนำหลอดแอลอีดีกำลังสูง (High Power LED) มาประยุกต์ใช้ เพราะมีประสิทธิภาพสูง อายุการใช้งานมากกว่าหลอดที่นิยมใช้งานกันในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลอดชนิดนี้กำลังจะเข้ามาแทนหลอดไฟทุกๆ ไป ในอนาคตข้างหน้า

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการทำงานของแหล่งจ่ายไฟสวิตชิงชนิดฟลายแบคคอนเวอเตอร์
2. เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการทำงานของหม้อแปลงความถี่สูงของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์
3. เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการของวงจรอัดประจุไฟฟ้าและการคายพลังงานของแบตเตอรี่ชนิดที่สามารถอัดประจุใหม่ได้
4. เพื่อศึกษาการนำหลอดแอลอีดีกำลังสูงมาใช้ในการให้แสงสว่าง แทนหลอดไฟทั่วๆ ไป
5. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของวงจรตรวจจับแรงดันที่นารีเลย์มาประยุกต์ใช้งาน
6. เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้ประกอบในการออกแบบไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง(High Power LED Emergency Light)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดในการวิจัย

ในการศึกษาเกี่ยวข้องกับหัวข้อหลักๆ ดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ผลการศึกษาโดยใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์
2. ออกแบบวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นและวงจรกรองสัญญาณ
3. สร้างวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โดยใช้หม้อแปลงความถี่สูง
4. ออกแบบและวิเคราะห์ผลของวงจรอัดประจุไฟฟ้าและแบตเตอรี่เพื่อหาความสามารถในการสำรองพลังงานของแบตเตอรี่ที่นำมาใช้งาน
5. ทำการออกแบบวงจรขับโหลดแอลอีดีกำลังสูงโดยใช้บูสต์คอนเวอเตอร์
6. ทำการออกแบบวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟฟ้า
7. วิเคราะห์ผลของการทดสอบไฟฉุกเฉินโดยใช้โหลดแอลอีดีกำลังสูง ด้วยการจำลองเหตุการณ์ที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นได้กับระบบไฟฟ้า

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาการทำงาน การจำลอง และออกแบบสร้างวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์
2. ศึกษาและออกแบบสร้างหม้อแปลงความถี่สูงของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์
3. วิเคราะห์ผลแรงดันเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ จากการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบก่อนเข้าสู่วงจร
4. ศึกษาการออกแบบสร้างวงจรอัดประจุไฟฟ้าและเลือกแบตเตอรี่เพื่อสำรองพลังงาน
5. ออกแบบสร้างวงจรขับโหลดแอลอีดีกำลังสูงโดยใช้วงจรบูสต์คอนเวอเตอร์
6. ออกแบบสร้างวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟฟ้า
7. ออกแบบวงจรรักษาระดับแรงดันเพื่อนำมาขับโหลดแอลอีดีกำลังสูงด้วยการรับระดับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์
8. นำหลักการต่างๆ มาสร้างและวิจารณ์ผลของไฟฉุกเฉินโดยใช้โหลดแอลอีดีกำลังสูงที่สามารถทำงานได้ทั้งสถานะออนไลน์และออฟไลน์ พร้อมทั้งทำการทดสอบสมรรถนะในการใช้งาน
9. วิเคราะห์ผลและสรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ด้านวิชาการ ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์จากการเรียนรู้ที่ผ่านมา ดังนี้

1. เข้าใจพื้นฐานการทำงานของแหล่งจ่ายไฟชนิดต่าง ๆ ว่ามีข้อดี - ข้อเสียแตกต่างกันอย่างไร

2. เข้าใจถึงหลักการทำงานและการออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

3. เข้าใจถึงลักษณะการอัดประจุไฟฟ้าจากวงจรอัดประจุและการคายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่

4. เข้าใจถึงคุณสมบัติของไฟฉุกเฉิน พร้อมกับการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ ดังเช่นหลอดแอลอีดีกำลังสูง มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ด้านสังคม และจริยธรรม ดังนี้

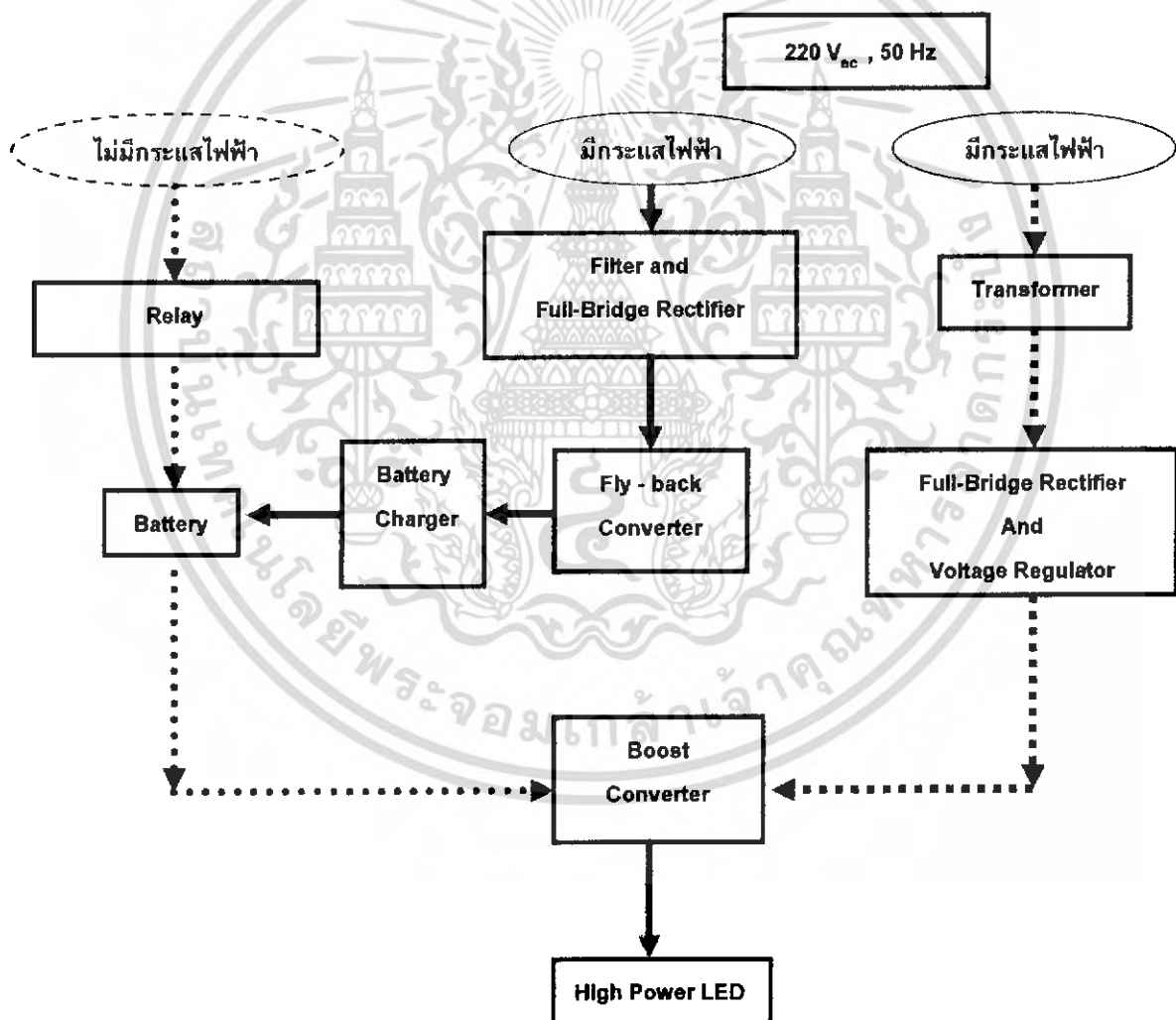
1. ฝึกฝนการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงาน

2. เกิดความรับผิดชอบต่อนหน้าที่และตรงต่อเวลาเกี่ยวกับงานที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งจะเป็นการพัฒนาบุคลิกภาพให้สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของไฟฉุกเฉินที่ใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง (High Power LED Emergency Light)

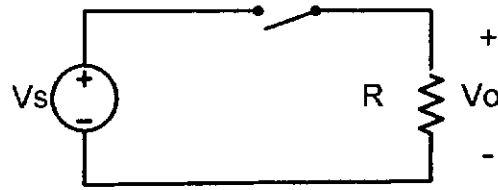
ไฟฉุกเฉินที่ใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูงนี้จะทำการรับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิรต แล้วทำการเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นจากวงจรเรียงกระแสและฟิลเตอร์ จากนั้นผ่านวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์เข้าวงจรอัดประจุไฟฟ้า เพื่อทำการอัดประจุไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ในสภาวะปกติ หากเกิดเหตุการณ์ไฟดับ รีเลย์ก็จะสั่งให้แบตเตอรี่ทำการจ่ายไฟให้กับวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง ทำให้หลอดติดและเกิดแสงสว่างขึ้นมาตามที่ต้องการนั่นเอง ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงแผนภาพการทำงานของไฟฉุกเฉินที่ใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง (High Power LED Emergency Light)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง



รูปที่ 2.2 แสดงวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง

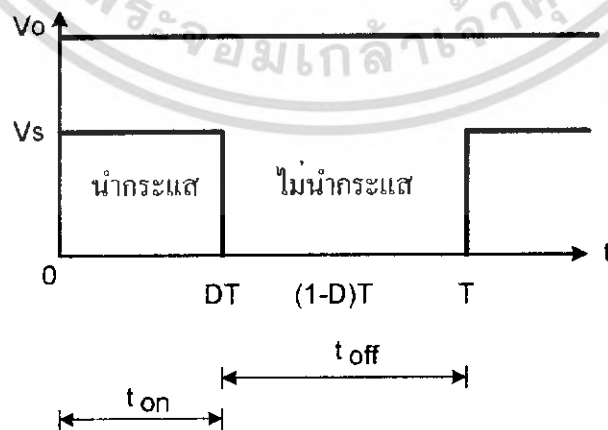
เป็นวงจรที่นิยมมากในงานอุตสาหกรรมและคอมพิวเตอร์ เพราะมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า วงจรแปลงกำลังเชิงเส้น เมื่อทำการออกแบบจะต้องคำนึงถึงความต้องการของแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุต ซึ่งจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการสวิตซ์ เช่น มอสเฟต ไอจีบีที มีโหมดการทำงานคือ โหมดนำกระแส และหยุดนำกระแสดังรูปที่ 2.2

โดยที่ช่วงเวลานำกระแสกำหนดให้เป็น t_{on} และช่วงเวลาไม่นำกระแส t_{off} และช่วงเวลาหนึ่งคาบการสวิตซ์เท่ากับ T ได้ความสัมพันธ์

$$t_{on} + t_{off} = T \quad (2.1)$$

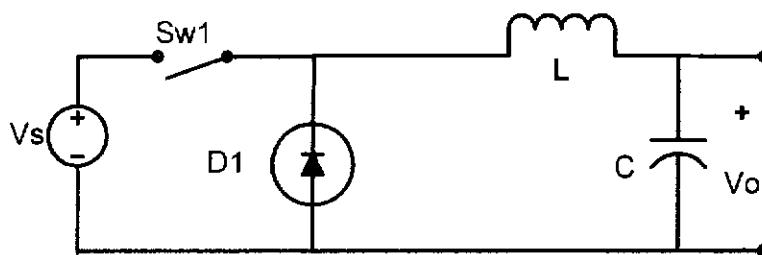
$$D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}}, \quad t_{on} = DT, \quad t_{off} = (1-D)T \quad (2.2)$$

โดยที่ D : Duty cycle คือ อัตราส่วนของช่วงเวลาที่สวิตซ์นำกระแสต่อช่วงเวลาหนึ่งคาบการสวิตซ์ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงแรงดันไฟฟ้าของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงวงจรบัคคอนเวอเตอร์

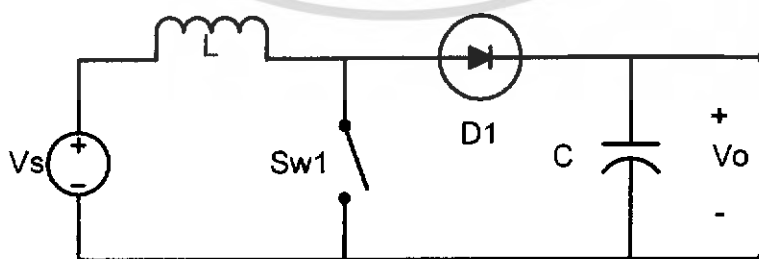
วงจรประเภทนี้ได้แก่ วงจรบัคคอนเวอเตอร์ วงจรบูสต์คอนเวอเตอร์ วงจรบัค – บูสต์ วงจรซุก

2.2.1 วงจรบัคคอนเวอเตอร์หรือวงจรทอนแรงดัน เป็นวงจรที่ทำให้ได้แรงดันเอาต์พุตมีค่าต่ำกว่าแรงดันด้านอินพุต เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตมีความเป็นกระแสตรงมาก ๆ จะนิยมใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ดังรูปที่ 2.4

จากรูปช่วงที่ Sw1 นำกระแสจะมีไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ L ไปยังโหลด โดยที่กระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะไปเก็บที่ตัวเก็บประจุ และช่วงที่ Sw1 หยุดนำกระแส ไดโอดจะถูกไบแอสให้นำกระแส ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ เกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง

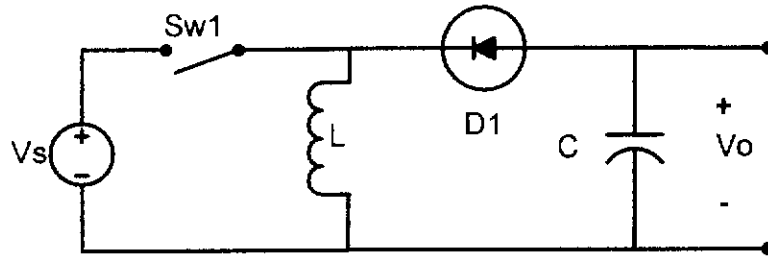
2.2.2 วงจรบูสต์คอนเวอเตอร์หรือวงจรทบแรงดัน เป็นวงจรที่ทำการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตให้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุต ดังรูปที่ 2.5

จากรูปเมื่อ Sw1 นำกระแส กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งขณะนี้ไดโอดจะถูกไบแอสกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้ และในช่วงที่ Sw1 หยุดนำกระแส กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดไม่ได้ ไดโอดจะถูกไบแอสตรง ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.5 แสดงวงจรบูสต์คอนเวอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



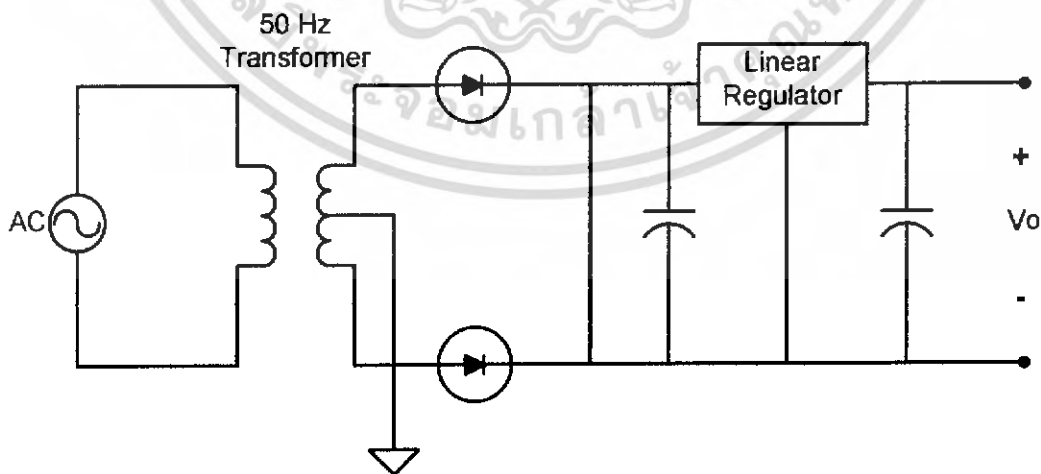
รูปที่ 2.6 แสดงวงจรบัก - บูสต์คอนเวอเตอร์

2.2.3 วงจรบัก - บูสต์คอนเวอเตอร์เป็นวงจรที่สามารถทำการลดทอนหรือเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตให้ต่ำกว่าหรือสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตได้ ดังรูปที่ 2.6

จากรูปเมื่อ Sw1 นำกระแส กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้กระแสตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งขณะนี้ไดโอดจะถูกไบแอสกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้ และในช่วงที่ Sw1 หยุดนำกระแส กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดไม่ได้ ไดโอดจะถูกไบแอสตรง ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง

2.3 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของแหล่งจ่ายไฟสวิตชิง

แหล่งจ่ายไฟสวิตชิงนั้น เป็นวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ที่แยกส่วนออกจากกันโดยใช้หม้อแปลงความถี่สูง ซึ่งพัฒนามาจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในอดีตซึ่งเป็นแบบเชิงเส้น ซึ่งแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบก่อนนั้นจะมีขนาดใหญ่เนื่องจากจะต้องใช้หม้อแปลงทำการปรับลดระดับแรงดันให้ได้ตามต้องการก่อน แล้วจึงผ่านวงจรเรียงกระแส ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พัฒนาไปมาก โดยเฉพาะอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจึงนิยมใช้แหล่งจ่ายไฟสวิตช์ซึ่งมากกว่าเพราะมีขนาดเล็กลง สามารถพัฒนาใช้กับเครื่องมือติดต่อสื่อสาร เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กต่าง ๆ มากมายได้ เช่น เครื่องคิดเลข หรือแม้แต่คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก เป็นต้น ดังนั้นการออกแบบจะต้องกำหนดขนาดและคุณสมบัติต่างๆ ให้ถูกต้องและเหมาะสมก่อน เพื่อนำมาใช้ในการสร้างเพื่อให้สามารถทำงานตามความต้องการได้

แหล่งจ่ายไฟสวิตช์ซึ่งนิยมที่จะนำมาทำการแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ไปเป็นแรงดันไฟฟ้าตรงอีกค่าหนึ่งตามต้องการ ซึ่งหม้อแปลงที่นำมาใช้จะต้องทนแรงดันได้ 220 โวลต์ เหมือนกันกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น แต่แหล่งจ่ายไฟสวิตช์ซึ่งประสิทธิภาพจะสูงกว่า ขนาดเล็กกว่า และน้ำหนักน้อยกว่าแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น เพราะข้อจำกัดทางหม้อแปลงนั่นเอง แหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นนั้นจะมีหม้อแปลงที่ใหญ่และน้ำหนักมาก ส่วนใหญ่จะใช้พาวเวอร์ทรานซิสเตอร์ต่ออนุกรมที่เอาต์พุตเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าและรักษาระดับแรงดัน จึงก่อให้เกิดความสูญเสียทางกำลังไฟฟ้าและความร้อนสูงทำให้ต้องใช้แผ่นระบายความร้อนขนาดใหญ่ ปกติแล้วประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นจะประมาณ 30% ถึง 50 % แต่ประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายไฟสวิตช์ซึ่งจะประมาณ 65% ถึง 80% แหล่งจ่ายไฟสวิตช์ซึ่งจะมีช่วงเวลาไฮลด์อัพ (หมายถึงช่วงเวลาแหล่งจ่ายไฟสามารถยังคงจ่ายแรงดันเอาต์พุตต่อไปได้อีกแม้แรงดันอินพุตขาดหายไป) ประมาณ 20 – 50 มิลลิวินาที ขณะที่แหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นได้แค่เพียง 2 มิลลิวินาทีเท่านั้น แต่แหล่งจ่ายไฟสวิตช์ซึ่งยังมีข้อเสียนั้นเมื่อใช้งานกับความถี่ที่มีค่าสูงทำให้เกิดสัญญาณรบกวนกับระบบ (Electromagnetic Interference: EMI และ Radio Frequency Interference: RFI) ได้ระหว่างการสวิตช์ที่ความถี่สูง รวมถึงมีความซับซ้อนมากกว่า ทำให้มีราคาสูงกว่า

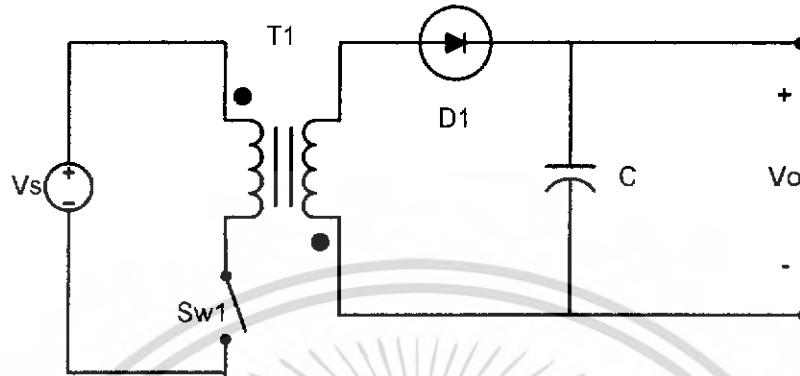
ตารางที่ 2.1 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างแหล่งจ่ายไฟสวิตช์กับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น

แหล่งจ่ายไฟสวิตช์	แหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น
<ul style="list-style-type: none"> - ประสิทธิภาพสูง - กำลังสูญเสียน้อย - ให้กำลังไฟฟ้าต่อน้ำหนักสูง - เกิดค่าแรงดันกระเพื่อมสูง - วงจรซับซ้อนมากออกแบบและซ่อมยาก - เกิดสัญญาณรบกวน EMI/RFI สูง - ในส่วนของเรกูเลเตอร์มีลักษณะเป็นโหลดที่ดึงกำลังคงที่ - การใช้งานที่ก่้างไฟฟ้าต่ำจะราคาแพง แต่ที่ก่้างไฟฟ้าสูงจะมีราคาถูกกว่า 	<ul style="list-style-type: none"> - ประสิทธิภาพต่ำ - เกิดกำลังสูญเสียในรูปความร้อน - ให้กำลังไฟฟ้าต่อน้ำหนักต่ำ - เกิดค่าแรงดันกระเพื่อมต่ำ - วงจรไม่ซับซ้อนออกแบบและซ่อมแซมง่าย - เกิดสัญญาณรบกวน EMI/RFI ต่ำ - ในส่วนของเรกูเลเตอร์มีลักษณะเป็นโหลด ที่ดึงกระแสคงที่ - การใช้งานที่ก่้างไฟฟ้าต่ำจะถูกกว่า แต่ที่ก่้างไฟฟ้าปานกลางหรือสูงขึ้นไปจะมีราคาแพงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 รูปแบบและหลักการทำงานของแหล่งจ่ายไฟสวิตชิง

2.4.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

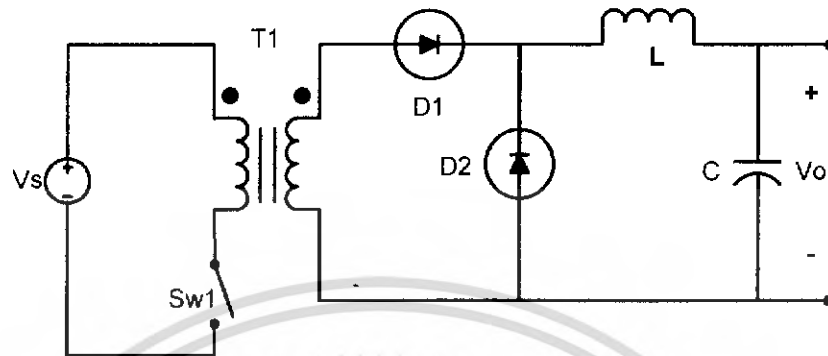


รูปที่ 2.8 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

จากรูปที่ 2.8 เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ $Sw1$ ในฟลายแบคคอนเวอเตอร์จะทำงานในลักษณะเป็นสวิตช์ และจะนำกระแสตามคำสั่งของพัลส์สี่เหลี่ยมที่ป้อนให้กับขาเบส เนื่องจากหม้อแปลง $T1$ จะกำหนดขดปฐมภูมิและทุติยภูมิให้มีลักษณะกลับเฟสกันอยู่ ดังนั้นเมื่อ $Sw1$ นำกระแสไดโอด $D1$ จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส ทำให้มีการสะสมพลังงานที่ขดปฐมภูมิของหม้อแปลง $T1$ แทน เมื่อ $Sw1$ หยุดนำกระแส สนามแม่เหล็ก $T1$ ยุบตัว ทำให้เกิดการกลับขั้วแรงดันที่ขดปฐมภูมิ และทุติยภูมิ $D1$ ก็จะถูกไบแอสตรง พลังงานที่สะสมในขดปฐมภูมิของหม้อแปลงก็จะถูกส่งถ่ายเทออกไปยังขดทุติยภูมิ ทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด $D1$ ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต C และโหลด

ฟลายแบคคอนเวอเตอร์เป็นคอนเวอเตอร์ที่ให้พิกัดกำลังไฟฟ้าได้ไม่สูงมากนัก โดยอยู่ในช่วงไม่เกิน 150 วัตต์ และให้ค่าสัญญาณรบกวน RFI/EMI ค่อนข้างสูง รวมทั้งแกนเหล็กของหม้อแปลงจะต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะรองรับกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นมาได้ แต่โครงสร้างของวงจรไม่ซับซ้อน จึงใช้อุปกรณ์จำนวนน้อย และมีราคาถูก ทำให้เป็นที่นิยมใช้งานที่ต้องการกำลังไฟฟ้าน้ำหนักเบา ๆ

2.4.2 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอเตอร์

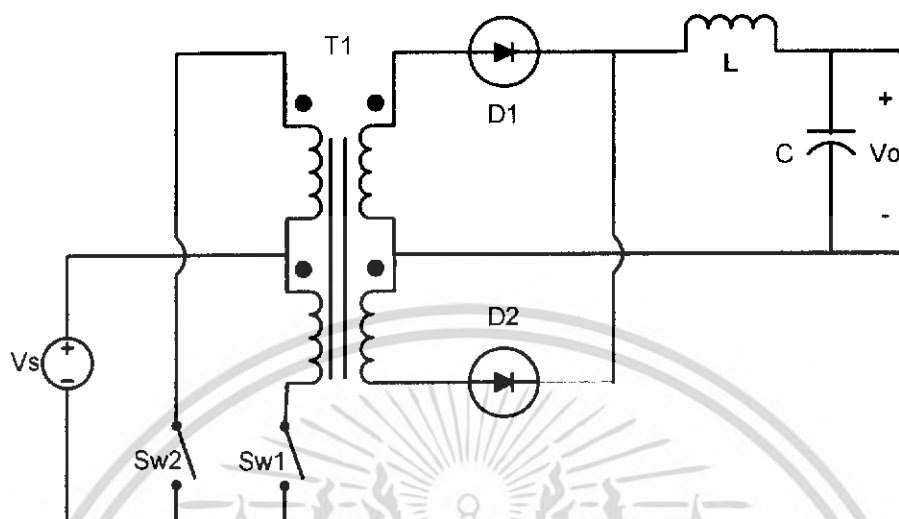


รูปที่ 2.9 แสดงวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอเตอร์

จากรูปที่ 2.9 จะเห็นได้ว่าฟอร์เวิร์ดคอนเวอเตอร์มีลักษณะใกล้เคียงกับฟลายแบคคอนเวอเตอร์ แต่หม้อแปลง T1 ในฟอร์เวิร์ดคอนเวอเตอร์จะกำหนดขนาดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิให้มีเฟสตรงกัน ดังนั้นเมื่อ Sw1 นำกระแส ไดโอด D1 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรงกระแสจึงไหลผ่านไดโอด D1 และตัวเหนี่ยวนำ L ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต C และไหลลงได้ แต่ D2 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส ขณะที่กระแสไหลผ่าน L จะมีการสะสมพลังงานไว้ในตัว เมื่อ Sw1 หยุดนำกระแส ไดโอด D1 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับ ทำให้ไม่มีกระแสไหลจากขดทุติยภูมิ สนามแม่เหล็กใน L จะยุบตัวทำให้มีการกลับชั่วแรงแรงดันที่ตกคร่อมตัวมันอยู่ กระแสไหลผ่าน ไดโอด D2 ออกไปยังโหลดได้ ทำให้มีการกระเพื่อมของแรงดันที่เอาต์พุตต่ำกว่าฟลายแบคคอนเวอเตอร์

ฟอร์เวิร์ดคอนเวอเตอร์ให้พิคดกำลังไฟฟ้าได้ในช่วง 150 ถึง 500 วัตต์ ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ และมีสวิตช์เพียงหนึ่งตัวเหมือนกัน แต่มีแกนเหล็กของหม้อแปลงที่มีขนาดเล็กกว่า ข้อเสียของวงจรคือแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมมีค่าที่สูงและต้นทุนสูงเพราะต้องเพิ่มในส่วนของตัวเหนี่ยวนำตัวนำออก

2.4.3 วงจรฟุซ - พูลคอนเวอเตอร์

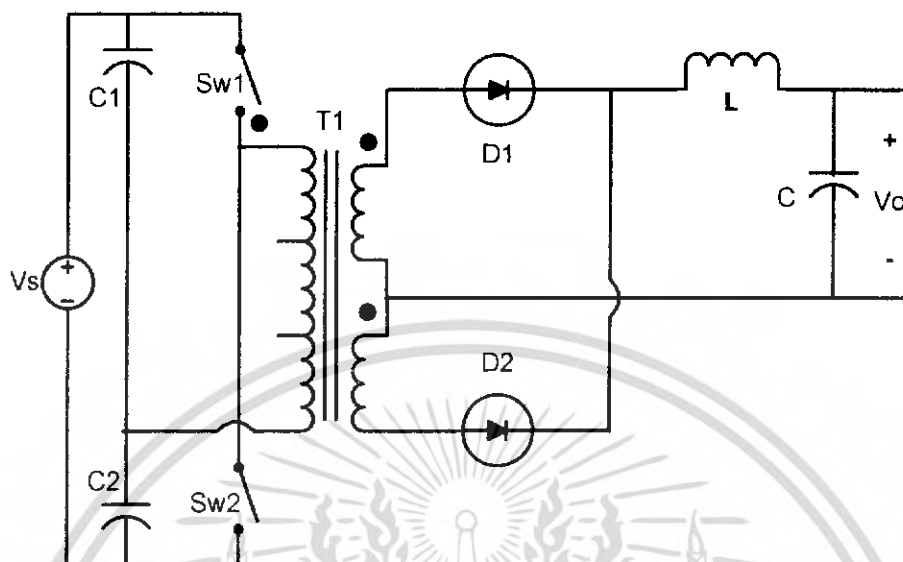


รูปที่ 2.10 แสดงวงจรฟุซ - พูลคอนเวอเตอร์

จากรูปที่ 2.10 Sw1 และ Sw2 จะผลัดกันนำกระแสในแต่ละครึ่งคาบเวลาการทำงาน เมื่อ Sw1 นำกระแส D1 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับ แต่ D2 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง และนำกระแสผ่าน L ไปยังโหลดได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นโหลดจึงมีกระแสไหลต่อเนื่องได้ตลอดเวลา กระแสที่ได้ทางเอาต์พุตจึงค่อนข้างเรียบ อย่างไรก็ตามเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่เพิ่มเข้ามาจะมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการสร้างวงจรฟุซ - พูลคอนเวอเตอร์เช่นกัน

ฟุซ - พูลคอนเวอเตอร์เป็นคอนเวอเตอร์ที่สามารถจ่ายกำลังงานได้สูงตั้งแต่ 500 วัตต์ขึ้นไป แต่มีข้อเสียคือ มักเกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์แม่เหล็กของแกนหม้อแปลง ซึ่งจะมีผลต่อการพังเสียหายของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้ง่าย อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันเทคนิคการควบคุมแบบควบคุมกระแส จะทำให้ลดปัญหานี้ลงได้ ดังนั้นฟุซ - พูลคอนเวอเตอร์จึงเป็นคอนเวอเตอร์ที่น่าสนใจสำหรับวงจรสวิตชิงที่ต้องการกำลังงานสูงๆ

2.4.4 วงจรฮาร์ฟ - บริดจ์คอนเวอเตอร์

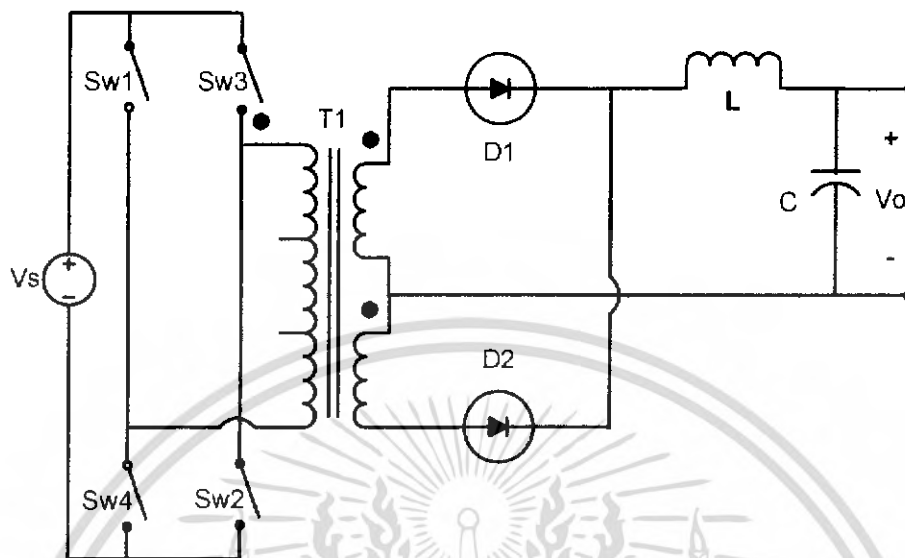


รูปที่ 2.11 แสดงวงจรฮาร์ฟ - บริดจ์คอนเวอเตอร์

จากรูปที่ 2.11 จะเห็นได้ว่าหากเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งนำกระแส ค่าแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ตัวที่เหลือจะมีค่าเพียงแรงดันอินพุตเท่านั้น เมื่อ Sw1 และ Sw2 สลับกันนำกระแส ผลที่ได้จะมีลักษณะเดียวกับการทำงานของฟูล - พูลคอนเวอเตอร์ ยกเว้นค่าแรงดันตกคร่อมขณะทำงานของขดปฐมภูมิจะมีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของแรงดันที่อินพุต เนื่องจากผลของการต่อตัวเก็บประจุ C1 และ C2 เพื่อแบ่งครึ่งแรงดัน กระแสที่ไหลผ่านขดลวดทุติยภูมิจึงมีค่าสูง ซึ่งเป็นการจำกัดกำลังงานของคอนเวอเตอร์

ฮาร์ฟ - บริดจ์คอนเวอเตอร์จัดเป็นคอนเวอเตอร์ในตระกูลเดียวกับฟูล - พูลคอนเวอเตอร์และให้กำลังงานได้ค่อนข้างสูง ข้อดีของฮาร์ฟ - บริดจ์คอนเวอเตอร์ คือ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรมีค่าแรงดันตกคร่อมขณะไม่นำกระแสต่ำกว่าคอนเวอเตอร์ทั้ง 3 แบบที่ได้กล่าวมาแล้ว และลดการเกิดไม่สมมาตรฟลักซ์ได้ โดยกำลังสูงสุดที่ฮาร์ฟ - บริดจ์คอนเวอเตอร์สามารถทำได้จะอยู่ในช่วงไม่เกิน 500 วัตต์

2.4.5. วงจรฟูล - บริดจ์คอนเวอเตอร์



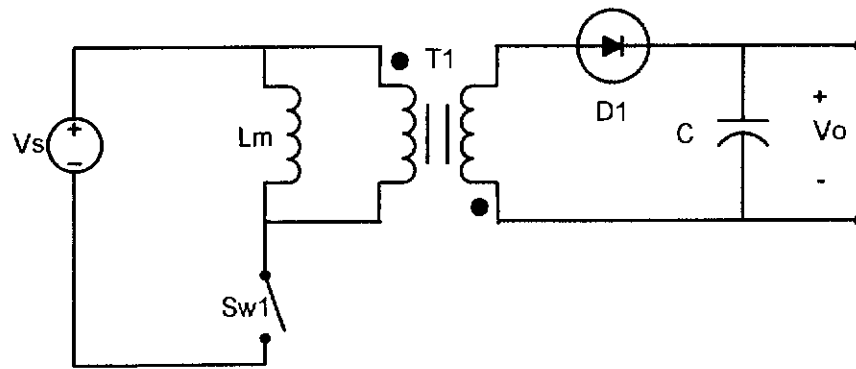
รูปที่ 2.12 แสดงวงจรฟูล - บริดจ์คอนเวอเตอร์

จากรูปที่ 2.12 จะเห็นได้ว่ามีเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรทั้งหมดถึง 4 ตัว แต่จะทำงานสลับกันเป็นคู่ๆ โดย Sw1 จะนำกระแสพร้อมกันกับ Sw2 และ Sw3 จะนำกระแสพร้อมกันกับ Sw4 กระแสที่ไหลผ่านขดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะมีลักษณะเช่นเดียวกับฮาล์ฟ - บริดจ์คอนเวอเตอร์ แต่ข้อได้เปรียบของฟูล-บริดจ์คอนเวอเตอร์ก็คือ ขณะทำงานที่ขดปฐมภูมิจะมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับค่าแรงดันอินพุต กระแสที่ไหลผ่านขดปฐมภูมิจึงมีค่าต่ำกว่า วงจรฟูล-บริดจ์คอนเวอเตอร์ทำให้สามารถจ่ายกำลังงานได้สูงกว่า ดังนั้นวงจรสวิตช์ที่ต้องการกำลังงานสูงๆ ตั้งแต่ 500 วัตต์ ถึง 1000 วัตต์ ทำให้มักนิยมใช้คอนเวอเตอร์แบบฟูล - บริดจ์คอนเวอเตอร์เป็นหลัก

2.5 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ ประกอบด้วย มอสเฟตกำลังซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ ไดโอดกำลังเพื่อเลือกการไบแอสตามทิศทางของกระแส ตัวเก็บประจุไฟฟ้าเอาต์พุตทำหน้าที่รักษาระดับให้เป็นแรงดันกระแสตรง และหม้อแปลงความถี่สูงทำหน้าที่ลดระดับแรงดันที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิต่อทุติยภูมิเท่ากับ N_1/N_2 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวแยกกราวนด์ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตออกจากกัน โดยที่ L_m คือค่าความเหนี่ยวนำของหม้อแปลงฟลายแบค ดังรูปที่ 2.13

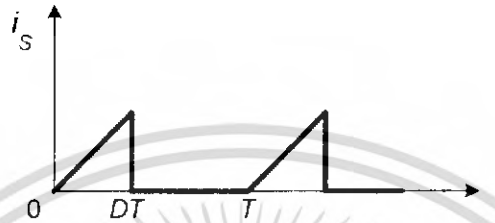
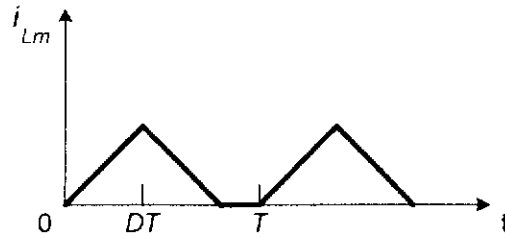
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

หลักการทำงานเป็นดังนี้ เมื่อ Sw1 นำกระแสไฟฟ้าจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงฟลายแบค แต่เนื่องจากว่าขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิมีการพันในลักษณะของทิศทางตรงข้ามกันอยู่ ดังนั้นขณะที่ Sw1 นำกระแสไฟฟ้า ไดโอดกำลังทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงฟลายแบคจะอยู่ในลักษณะไบแอสกลับ ทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลทางด้านเอาต์พุตและเกิดการสะสมพลังงานในหม้อแปลงฟลายแบค เมื่อ Sw1 หยุดนำกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็กในแกนเหล็กของหม้อแปลงฟลายแบค Lm เกิดการยุบตัว ทำให้เกิดการกลับขั้วของแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงฟลายแบค ทำให้ไดโอดกำลังอยู่ในลักษณะไบแอสตรง พลังงานที่สะสมในหม้อแปลงฟลายแบค Lm จะถูกถ่ายเทไปยังโหลด ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 2 โหมด นั่นคือ

2.5.1 โหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Current Mode: DCM) หมายถึงพลังงานที่ถูกเก็บสะสมไว้ในหม้อแปลงฟลายแบคถูกถ่ายเทจนหมดก่อนจะจบคาบของการสวิตช์ (กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำของหม้อแปลงฟลายแบคจะมีค่าเป็นศูนย์ก่อนที่จะจบคาบของการสวิตช์) มี 3 ช่วงพิจารณาตั้งรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงสัญญาณกระแสไฟฟ้าของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์
ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง(DCM)

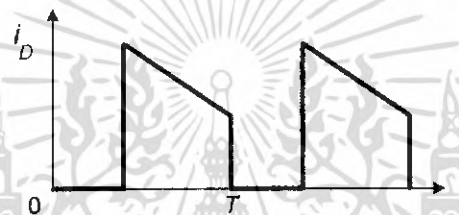
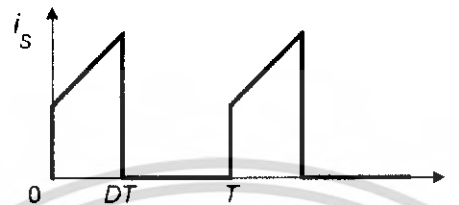
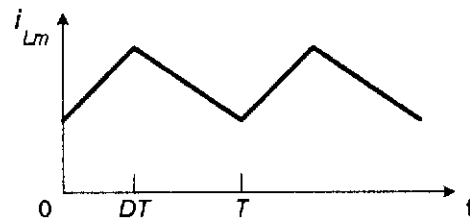
ช่วงที่ 1 กระแสจะเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้น ในช่วงที่ Sw_1 นำกระแส เนื่องจากการสร้าง
ฟลักซ์แม่เหล็กที่ขดลวดทางด้านปฐมภูมิ

ช่วงที่ 2 Sw_1 หยุดนำกระแส กระแสที่ขดลวดปฐมภูมิจะเริ่มลดลงและจะเพิ่มขึ้นที่
ขดลวดทุติยภูมิเช่นกัน เนื่องจากทฤษฎีของฟาราเดย์ โดยกระแสที่ไหลผ่านขดลวดไม่สามารถ
เปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ทำให้เกิดการเปลี่ยนทิศทางของแรงดัน ทำให้ไดโอดกำลังไบแอสตรง
และมีกระแสไฟฟ้าไหลไปยังโหลด

ช่วงที่ 3 เป็นช่วงที่สนามแม่เหล็กภายในแกนเฟอร์ไรต์ลดลงจนเป็นศูนย์ จะไม่เกิดการ
ไหลของกระแสทั้งด้านปฐมภูมิและทุติยภูมินั้นเอง แต่ตัวเก็บประจุที่อยู่ด้านโหลดก็จะเป็นตัวจ่าย
กระแสให้กับโหลด

2.5.2 โหมดกระแสต่อเนื่อง (Continuous Current Mode: CCM) หมายถึงพลังงานที่ถูก
เก็บสะสมไว้ในหม้อแปลงฟลายแบคถูกถ่ายเทออกยังไม่หมดก่อนจะจบคาบของการสวิตช์
(กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำของหม้อแปลงฟลายแบคจะมีค่ามากกว่าศูนย์ในขณะที่เริ่มคาบของ
การสวิตช์ใหม่) ดังรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



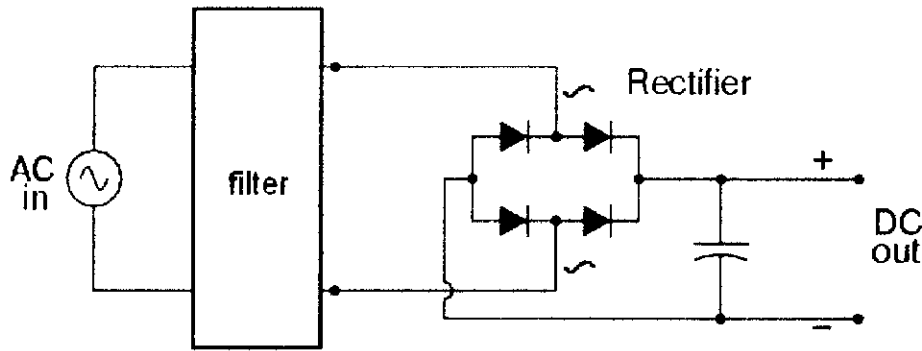
รูปที่ 2.15 แสดงสัญญาณของกระแสไฟฟ้าของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์
ในโหมดกระแสต่อเนื่อง(CCM)

ข้อแตกต่างระหว่างโหมดกระแสต่อเนื่อง(CCM) กับโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง (DCM) ก็คือในช่วงพิจารณาที่ 3 นั้นกระแสทางด้านปฐมภูมิจะเริ่มที่ค่าๆหนึ่ง เป็นผลเนื่องมาจากค่ากระแสทางด้านทุติยภูมิลดลงมาไม่ถึงค่าศูนย์นั่นเอง ทำให้เสมือนว่าไม่เกิดช่วงพิจารณาที่3 ที่โหมดต่อเนื่อง ซึ่งการรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตให้มีค่าคงที่ กระแสสูงสุดที่พุ่งขึ้นมาทางด้านปฐมภูมิในช่วงที่ Sw1 นำกระแส จะต้องมามีค่าสมดุลกับกระแสสูงสุดที่ลดลงทางด้านทุติยภูมิในช่วงที่ Sw1 หยุดนำกระแส

2.6 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น

วงจรเรียงกระแสมีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงผันกำลังไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยต้องการที่จะได้แรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตเป็นไฟฟ้ากระแสตรงมากที่สุด โดยมีทั้งแบบครึ่งคลื่นและแบบเต็มคลื่น ซึ่งข้อดีของแบบเต็มคลื่น ก็คือจะมีค่าตัวประกอบระลอกคลื่น(ripple factor) ต่ำกว่าทำให้สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้านอกสูงกว่าแบบวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวครึ่งคลื่น และการต่อตัวเก็บประจุที่มีค่าสูงๆ หนานกับโหนดของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอด จะสามารถทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตใกล้เคียงกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้มากขึ้น ดังรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรเรียงกระแสเฟสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอด พร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ

จากรูปวงจรประกอบไปด้วย

1. ฟิวเตอร์ เป็นวงจรทางด้านอินพุต แหล่งจ่ายไฟสวิตซ์ซึ่งทำงานในลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกระแสอย่างเฉียบพลันที่กระแสสูงๆ และกระทำตัวเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนได้เป็นอย่างดี ดังนั้นแหล่งจ่ายไฟสวิตซ์จึงต้องมีวงจรกรองสัญญาณ(Filter) เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่ออกไปสู่ภายนอกให้อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งโดยทั่วไปกระทำได้โดยการต่อ LC ฟิวเตอร์คั่นที่อินพุตกับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ
2. บริดจ์ไดโอดซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันกระแสสลับให้เป็นสัญญาณกระแสตรงแบบเต็มคลื่นเพื่อจ่ายแรงดันอินพุตให้กับวงจรคอนเวอเตอร์
3. ตัวเก็บประจุฟิวเตอร์ จะเป็นตัวกรองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากการเรียงกระแสของไดโอดให้มีค่าที่เรียบมากขึ้น และช่วยให้กระแสที่ได้มีค่าเพียงพอตามที่คอนเวอเตอร์ต้องการ การทำงานของตัวเก็บประจุฟิวเตอร์เป็นในลักษณะของการชาร์จและคายประจุ ค่ากระแสขณะชาร์จและคายประจุจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความจุของตัวเก็บประจุและสถานะของโหลดที่เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส

2.7 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของหม้อแปลงความถี่สูง

หลักการทำงานของหม้อแปลงก็คือจะทำการถ่ายเทพลังงานจากขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่งที่อยู่ในวงจรแม่เหล็กเดียวกัน เนื่องมาจากการจ่ายกระแสเข้าที่ขดลวดด้านปฐมภูมิ ในกรณีที่ไม่มีกระแสไหลจะก่อให้เกิดกระแสกระตุ้นขึ้นที่ขดลวดปฐมภูมิทำให้เกิดแรงเคลื่อนแม่เหล็ก(Magneto motive force; m.m.f.) และสร้างเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น(Mutual flux) ผ่านแกนเหล็กและไปตัดกับขดลวดด้านทุติยภูมิก่อให้เกิดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้านั้นเอง ซึ่งจำนวนแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อขดลวดหนึ่งรอบ (e.m.f. per turn) จะมีค่าเท่ากัน ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (E) ทั้งหมดที่เกิดขึ้นของแต่ละขดจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนรอบ (N) ของแต่ละขดลวดเช่นกัน ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.3)$$

โดยปกติแล้วกระแสในกรณีที่ไม่มีการจ่ายโหลดจะเกิดขึ้นด้วยกัน 2 ส่วนคือกระแสที่จะสร้าง Mutual flux กับกระแสที่สูญเสียคือ eddy current loss และ core loss เมื่อมีการต่อโหลด จะมีกระแสไหลไปที่โหลดตามกฎของเลนซ์ คือ เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากกระแส I_2 จะต้านกับเส้นแรงแม่เหล็กของขดลวดปฐมภูมิ นั่นคือจำนวนแรงเคลื่อนไฟฟ้า (m.m.f.) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนแอมแปร์-เทิร์นของขดลวดนั้นๆ ซึ่งค่า m.m.f. ของแต่ละขดจะมีค่าเท่ากันได้ว่า

$$N_1 I_1 = N_2 I_2 \quad (2.4)$$

เนื่องจากค่าความสูญเสียมีค่าน้อยมากและ Power factor เข้าใกล้ 1 ทำให้ได้ว่า

$$V_1 I_1 = V_2 I_2 \quad (2.5)$$

หม้อแปลงประเภทนี้มีความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากต้องใช้งานที่ความถี่สูง ในวงจรคอนเวอเตอร์ จึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสมต่างๆ ในการใช้งาน เพื่อความปลอดภัยและลดกำลังงานที่สูญเสียในหม้อแปลงขณะใช้งาน

2.7.1 ส่วนประกอบของหม้อแปลงความถี่สูง

มีหน้าที่ลดทอนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่อินพุตของวงจรคอนเวอเตอร์ซึ่งมีค่าสูงประมาณ 310 โวลต์ ให้ลดระดับแรงดันไฟฟ้าลงมาที่ค่าเอาต์พุต ซึ่งจะแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต เพื่อป้องกันอันตรายจากการถูกไฟฟ้าดูด ส่วนประกอบที่สำคัญมีดังนี้

1. แกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite core)

เฟอร์ไรต์เป็นวัสดุประเภทเฟอร์โรแมกเนติก การเหนี่ยวนำแม่เหล็กบนแกนเฟอร์ไรต์จะมีผลทำให้เกิดความหนาแน่นแม่เหล็กสูงกว่าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนแกนอากาศมาก เฟอร์ไรต์มีค่าจลุมตัวแม่เหล็กสูง ประมาณในช่วง 3,000 – 4,000 เกาส์ และเกิดการสูญเสียในตัวเองต่ำที่ความถี่สูงๆ ดังนั้นจึงมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไปตามการใช้งานและมาตรฐานการออกแบบ

2. บอบบิ้น (Bobbin)

บอบบิ้นหรือแบบรองพัน ปกติจะทำมาจากพลาสติกที่ทนความร้อนได้สูงและไม่ติดไฟ ซึ่งจะช่วยในการพันขดลวดบนแกนเฟอร์ไรต์ให้สะดวกขึ้น และป้องกันปัญหาการลัดวงจรระหว่างแกนเฟอร์ไรต์กับขดลวด โดยส่วนใหญ่จะออกแบบให้มีขาพักลวดทองแดง เพื่อสะดวกในการพันขดลวดและการบัดกรีติดกับบอร์ด

3. ลวดทองแดงอาบน้ำยา (Enameled copper wire)

การพันขดลวดของหม้อแปลงความถี่สูงที่ใช้กับกำลังไฟต่ำๆ จะนิยมใช้ขดลวดที่ทำการอาบน้ำยามาเรียบร้อยแล้ว ขนาดของขดลวดที่ใช้พันนั้นขึ้นอยู่กับขนาดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดนั่นเอง ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงขนาดเส้นลวดจาก Standard Wire Gauge (SWG)

Wire Number	Standard Wire Gauge (SWG)		Wire Number	Standard Wire Gauge (SWG)	
	in.	mm.		in.	mm.
0000000(7/0)	0.5000	12.700	000000(6/0)	0.4640	11.786
00000 (5/0)	0.4320	10.973	0000 (4/0)	0.4000	10.160
000 (3/0)	0.3720	9.449	00 (2/0)	0.3480	8.8390
0 (1/0)	0.3240	8.230	1	0.3000	7.6200
2	0.2760	7.010	3	0.2520	6.4010
4	0.2320	5.893	5	0.2120	5.3850
6	0.1920	4.877	7	0.1760	4.4700
8	0.1600	4.064	9	0.1440	3.6580
10	0.1280	3.251	11	0.1160	2.9460
12	0.1040	2.642	13	0.0920	2.3370
14	0.0800	2.032	15	0.0720	1.8290
16	0.0640	1.626	17	0.0560	1.4220
18	0.0480	1.219	19	0.0400	1.0160
20	0.0360	0.914	21	0.0320	0.8130
22	0.0280	0.711	23	0.0240	0.6100
24	0.0220	0.599	25	0.0200	0.5080
26	0.0180	0.457	27	0.0164	0.4170
28	0.0148	0.376	29	0.0136	0.3450
30	0.0124	0.315	31	0.0116	0.2950
32	0.0108	0.275	33	0.0100	0.2540
34	0.0092	0.234	35	0.0084	0.2130
36	0.0075	0.193	37	0.0068	0.1730
38	0.0060	0.152	39	0.0052	0.1320
40	0.0048	0.122	41	0.0044	0.1120
42	0.0040	0.102	43	0.0036	0.0914
44	0.0032	0.0813	45	0.0028	0.0711
46	0.0024	0.0610	47	0.0020	0.0508
48	0.0016	0.0406	49	0.0012	0.0305
50	0.0010	0.0254	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เทปฉนวน(Insulation type)

เป็นฉนวนที่ใช้กันระหว่างขดลวดทางด้านปฐมภูมิให้แยกออกจากขดลวดทางด้านทุติยภูมิ วัสดุที่ใช้ทำเทปฉนวนอาจเป็นพวกไมลาร์(Mylar) หรือโพลีเอสเตอร์ (Polyester) ที่มีความหนาประมาณ 0.05 – 0.1 มิลลิเมตร การเลือกใช้งานขึ้นอยู่กับการออกแบบโดยต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้งานเป็นหลัก แต่ถ้าเป็นการใช้งานที่กำลังไฟฟ้าและกระแสที่ต่ำ ๆ นั้นสามารถที่จะไม่ต้องกันระหว่างขดลวดทั้งสองด้านก็ได้

คุณสมบัติของเนื้อสารที่ใช้ทำแกนเฟอร์ไรต์จะมีผลของเส้นโค้งฮิสเตอร์รีซิส(Hysteresis Curve) และค่าการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์ (Core Loss) โดยเส้นโค้งฮิสเตอร์รีซิสจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนแกนเฟอร์ไรต์ กับความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดการเหนี่ยวนำของขดลวดที่พันบนแกน ค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเข้มสนามแม่เหล็กมีค่ามากขึ้น จนถึงจุดจุดหนึ่งที่ค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยมาก แม้จะมีการเพิ่มค่าของความเข้มสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้นแล้วก็ตาม หรือที่เรียกว่า จุดอิ่มตัวของฟลักซ์แม่เหล็ก ดังนั้นการใช้งานแกนเฟอร์ไรต์จะต้องคำนึงไม่ให้เกิดการอิ่มตัว และหากค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว จะทำให้แรงดันตกคร่อมขดลวดปฐมภูมิมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว แรงดันอินพุตจะไปตกคร่อมที่สวิตช์ ขณะที่นำกระแสสูงๆ แทน ทำให้เกิดความเสียหายกับหม้อแปลงได้ และความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงจะทำให้เกิดการสูญเสียในแม่เหล็กสูงด้วย ดังนั้นการกำหนดค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดที่ยอมรับได้ที่เกิดขึ้นขณะทำงานจะต้องคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ คือแกนเฟอร์ไรต์ต้องไม่อิ่มตัวขณะทำงานและค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดที่เกิดขึ้นในขณะทำงานจะต้องเกิดการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์ต่ำที่สุด

2.7.2 การพันขดลวดทองแดงและการกำหนดขนาดของขดลวด

ตามปกติแล้วการพันขดลวดในหม้อแปลงความถี่สูงจะใช้ขดลวดทองแดงอาบน้ำยาเป็นตัวพัน ในขณะที่หม้อแปลงทำงานที่ความถี่สูงๆ นั้น ลวดทองแดงจะนำกระแสเพียงที่ผิว ซึ่งเป็นผลทำให้พื้นที่หน้าตัดของขดลวดในการนำกระแสไฟฟ้ามีค่าลดลง การสูญเสียในขดลวดจะมีค่ามากขึ้น รวมไปถึงการเรียงซ้อนกันก็มีผลต่อกำลังการสูญเสียในขดลวดเช่นเดียวกัน กำลังสูญเสียตัวนี้มีผลทำให้เกิดความร้อน ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในขณะทำงาน การกำหนดขนาดและวิธีการพันขดลวดทองแดงจึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสม เพื่อลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นในขดลวดทองแดงให้มีค่าต่ำที่สุด

2.7.3 ผลกระทบของช่องอากาศในหม้อแปลงความถี่สูง

จากการเปรียบเทียบพลังงานสะสมระหว่างแม่เหล็ก และในช่องอากาศ จะได้สมการ

$$W_{\text{core}} = \frac{1}{2 \times \mu} \times H_c^2 \quad (2.6)$$

และ
$$W_{\text{air}} = \frac{1}{2 \times \mu_0} \times H_g^2 \quad (2.7)$$

เมื่อให้ $H_c = H_g$ จะเห็นได้ว่าพลังงานที่สะสมในแกนเหล็กจะมีค่าน้อยกว่าพลังงานที่สะสมในช่องอากาศ เพราะค่าซึมซาบได้สัมผัสของแกนเหล็กจะมีค่ามากกว่าอากาศประมาณ 10 – 1000 เท่า ทำให้การสร้างหม้อแปลงความถี่สูงที่ต้องการให้ทำหน้าที่สะสมพลังงานจะต้องมีช่องอากาศ ซึ่งจะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำแม่เหล็ก L_m มีค่าคงที่

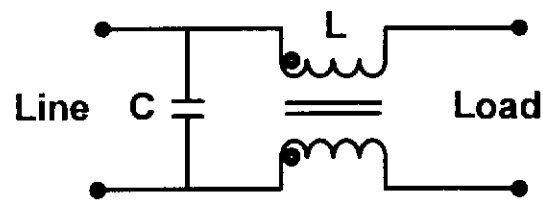
2.8 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรฟิลเตอร์

RFI (Radio Frequency Interference) ซึ่งอาจจะเรียกว่า องค์กรประกอบความถี่สูง ก็ได้ การทำงานของแหล่งจ่ายสวิตช์ซึ่งเป็นการทำงานในลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกระแสอย่างฉับพลันที่ค่ากระแสสูงๆ แหล่งจ่ายสวิตช์ซึ่งจำเป็นต้องมีวงจรฟิลเตอร์เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่จะออกไปภายนอก ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ วิธีการลดสัญญาณรบกวน ที่จะออกไปภายนอกที่ใช้กันโดยทั่วไปสำหรับแหล่งจ่ายสวิตช์ก็คือ การต่อ LC ฟิลเตอร์กันที่อินพุตกับระบบแรงดันไฟสลับ เพื่อลดสัญญาณ RFI ทั้งสัญญาณโหมดความแตกต่าง (Differential Mode) และสัญญาณโหมดร่วม (Common Mode)

หลักการการทำงานของ RFI ฟิลเตอร์

เมื่อมีองค์กรประกอบความถี่สูง (Noise) หรือส่วนประกอบของสัญญาณที่มีความถี่สูงอันเนื่องมาจากการสวิตช์หรือจากภายในระบบไฟฟ้าเอง หลังจากที่ผ่านมาวงจร RFI ฟิลเตอร์ แล้วจะต้องไม่มีส่วนประกอบความถี่สูงนั้นอีก หรือพูดได้ว่าเป็นตัวสกัดกั้นสัญญาณที่มีความถี่สูง โดยภายในวงจรจะประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุ, ตัวเหนี่ยวนำ เป็นส่วนประกอบหลัก ถ้าองค์กรประกอบที่มีความถี่สูงเข้ามาตัวเก็บประจุจะมีสถานะเสมือนลัดวงจรเนื่องมาจาก $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$ ณ ความถี่สูง C จะมีความต้านทานน้อย และ ณ ความถี่สูงตัวเหนี่ยวนำจะมีสถานะเสมือนเปิดวงจรเนื่องมาจาก $X_L = \omega L = 2\pi fL$ ทำให้ L มีความต้านทานสูง ซึ่งภายในวงจรเราออกแบบให้ L ต่ออนุกรมระหว่างไลน์กับโหนด เพื่อต้านองค์กรประกอบความถี่สูงและ C ต่อลงกราวนด์ เพื่อจับองค์กรประกอบความถี่สูงให้ลงกราวนด์

ในโครงการเราเลือกใช้ RFI ฟิลเตอร์ ชนิด Commercial Filter with Capacitors to ground มีพารามิเตอร์ต่างๆ ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงวงจร LC ฟิวเตอร์เพื่อลดสัญญาณรบกวน RFI

วงจร RFI ฟิวเตอร์ดังรูปที่ 2.17 ควรกำหนดค่าของตัวเก็บประจุและค่าของตัวเหนี่ยวนำให้มีค่าดังนี้

C เท่ากับ 2200 pF ถึง 0.033 μ F

L เท่ากับ 1.8 mH ที่ 25 mA ถึง 47 mH ที่ 0.3 A



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

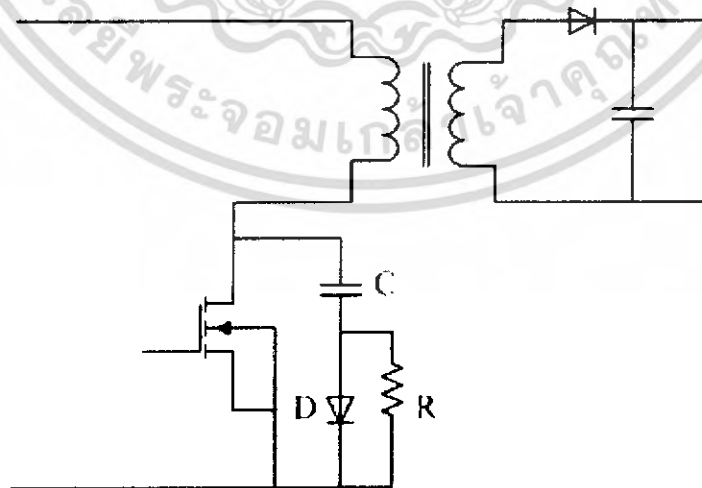
2.9 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรสแน็บเบอร์

วงจรสแน็บเบอร์ เป็นส่วนที่เพิ่มเข้ามาในวงจรคอนเวอเตอร์ เพื่อลดกำลังงานสูญเสียและป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งในขณะที่วงจรทำงานปกติ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและไดโอด ในบางครั้งอาจเรียกว่า วงจร RCD สแน็บเบอร์ แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. วงจรสแน็บเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส (Turn off Snubber) จากการสูญเสียกำลังที่เกิดขึ้นบนสวิตซ์ไม่ว่าจะเป็น มอสเฟต หรือ ทรานซิสเตอร์ มักจะสูญเสียในขณะที่เปลี่ยนสถานะการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะเริ่มหยุดนำกระแส ก่อนที่สวิตซ์จะหยุดนำกระแส นั้น กระแสจะลดลงอย่างช้า ๆ ในขณะที่แรงดันเพิ่มขึ้นสู่ค่าแรงดันอินพุตอย่างรวดเร็ว จึงมีพลังงานบางส่วนที่สูญเสียไปในรูปของความร้อน

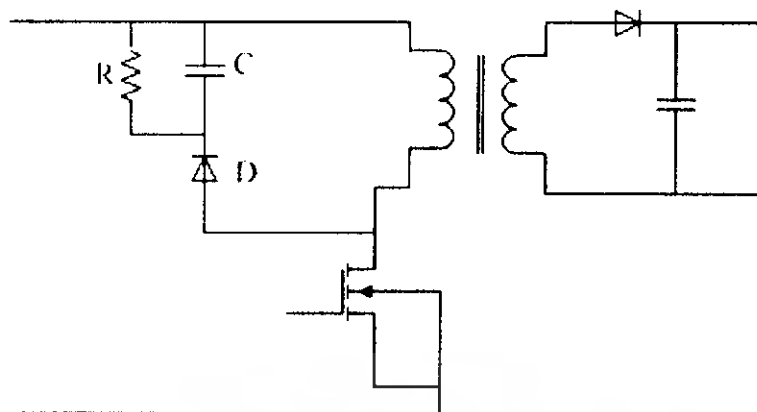
เพื่อลดการสูญเสียดังกล่าวอาจทำได้โดยการต่อวงจรสแน็บเบอร์เข้ากับตัวสวิตซ์ เพื่อควบคุมให้แรงดันเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งกระแสที่ไหลผ่านตัวสวิตซ์ลดลงได้ทันกันดังรูปที่ 2.18

การทำงานของวงจรสแน็บเบอร์ช่วงเริ่มหยุดนำกระแสจะเป็นดังนี้คือ เมื่อสวิตซ์เริ่มหยุดนำกระแส แรงดันตกคร่อมสวิตซ์จะมีค่าสูงขึ้นทำให้มีกระแสบางส่วนไหลผ่านตัวเก็บประจุ C และไดโอด D ของวงจรสแน็บเบอร์ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม C ด้วย แรงดันตกคร่อม C จะทำให้แรงดันตกคร่อมสวิตซ์เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ดังนั้นถ้าให้ค่าของ C มีค่ามากพอ การเพิ่มขึ้นของแรงดันที่ตกคร่อมสวิตซ์ในขณะที่สวิตซ์หยุดนำกระแสจะถูกหน่วงออกไปเพื่อให้กระแสที่ไหลผ่านสวิตซ์ค่อย ๆ ลดลง และสามารถลดการสูญเสียกำลังในตัวสวิตซ์ได้ ขณะที่สวิตซ์เริ่มนำกระแสใหม่อีกครั้ง C จะคายประจุผ่านตัวต้านทาน R ทิ้งไปแรงดันตกคร่อม C จึงลดลงและสามารถทำงานได้ใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 2.18 แสดงการต่อวงจรสแน็บเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงการต่อวงจรสแน็บเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน

2. วงจรสแน็บเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน (Clamp Snubber) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของแรงดันที่ตกคร่อมสวิตช์ในขณะที่สวิตช์เริ่มหยุดนำกระแส หรือที่เรียกกันว่า แรงดันสไปล์ ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมสวิตช์มีค่าเกินกว่าค่าแรงดันสูงสุดที่สวิตช์จะทนได้ เป็นผลทำให้เกิดความเสียหายแก่สวิตช์ วงจรสแน็บเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน จึงมีหน้าที่ป้องกันค่าแรงดันสไปล์ที่เกิดขึ้นไม่ให้เกินค่าแรงดันสูงสุดที่สวิตช์สามารถทนได้ โดยการต่อวงจรทำได้ดังรูปที่ 2.19

2.10 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรอัดประจุไฟฟ้า

การอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่มีหลายวิธียกตัวอย่าง เช่น วิธีการใช้กระแสคงที่ วิธีการใช้พัลส์ของกระแส วิธีการใช้กระแสค่าต่ำๆ (Trickle Method) วิธีการใช้กระแสที่มีค่าลดลงเรื่อยๆ (Taper Current) นอกจากนี้การอัดประจุยังสามารถแบ่งเป็นหลายช่วง ในช่วง soft start จะเป็นการปรับสภาพแบตเตอรี่เพื่อให้พร้อมกับการอัดประจุ โดยในช่วงนี้กระแสจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นสู่กระแสสูงสุดในเวลาประมาณ 2 นาที ช่วง fast charge จะเป็นช่วงหลักของการอัดประจุ โดยค่ากระแสเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง $C/2$ ถึง $4C$ ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบเครื่องอัดประจุ เมื่อจบช่วง fast charge แบตเตอรี่จะเต็มถึงประมาณ 80-90% หลังจากนั้นจะเป็นช่วง topping charge เพื่อเติมประจุให้เต็มและช่วง maintenance charge เพื่อรักษาประจุให้เต็มอยู่เสมอ ในสองช่วงนี้กระแสเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ $C/10$ และ $C/40$ ตามลำดับ ทั้งนี้ในแต่ละช่วงอาจใช้กระแสที่มีค่าไม่คงที่ โดยอาจใช้กระแสที่มีลักษณะเป็นพัลส์หรือเป็นพัลส์บวกสลับกับพัลส์ลบสั้นๆก็ได้

การตรวจจ็บบว่าแบตเตอรี่ได้รับการอัดประจุจนเต็มแล้วก็มีหลายวิธี เช่นกัน การตรวจความเปลี่ยนแปลงของแรงดันของแบตเตอรี่ (Voltage slope termination) การตรวจจ็บบอุณหภูมิของตัวแบตเตอรี่ (Temperature termination) และการจับเวลา (Time termination) โดยทั่วไปแรงดันและอุณหภูมิของแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วก่อนที่ประจุจะเต็ม ดังนั้นตัวแปรทั้งสองจึงสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการวัดประจุเต็มได้ ส่วนการจับเวลามักใช้เป็นวิธีสำรองเพื่อเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

safety backup เท่านั้น เครื่องอัดประจุไฟโดยทั่วไปมักจะใช้มากกว่าหนึ่งวิธีเพื่อเพิ่มความแม่นยำและป้องกันการอัดประจุเกิน โดยการอัดประจุแบ่งออกได้เป็นดังนี้

2.10.1 การอัดประจุแบบแรงดันคงที่ (**Constant Voltage Charging**) ซึ่งการอัดประจุแบบนี้มีความต้องการให้แบตเตอรี่อยู่ในสภาวะประจุเต็ม (**Fully Charge**) เสมอ โดยจะต้องระวังในเรื่องการอัดประจุสูงเกินไป ซึ่งการอัดประจุแบบนี้ทำให้แรงดันเอาต์พุตมีเสถียรภาพพร้อมทั้งมีความจุกระแสสูง ซึ่งในช่วงที่แรงดันแบตเตอรี่มีค่าต่ำๆ ค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่มีค่าน้อยมาก ฉะนั้นกระแสที่อัดประจุจึงมีค่าสูงมาก เป็นผลให้เครื่องอัดประจุต้องมีขนาดใหญ่และราคาแพง อีกทั้งยังทำให้เกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่ ซึ่งปกติเครื่องอัดประจุแบบนี้จะมีอุปกรณ์ช่วยในการจำกัดกระแสเริ่มต้นโดยใช้ **Constant current regulation** และในตอนท้ายของการอัดประจุกระแสจะลดลงอย่างอัตโนมัติ

2.10.2 การอัดประจุแบบกระแสคงที่ (**Constant Current Charging**) ซึ่งวิธีการนี้มีข้อดีตรงที่ว่าไม่จำเป็นต้องชดเชยทางอุณหภูมิเหมือนการอัดประจุแบบแรงดันคงที่ แต่ก็มีข้อเสียคือต้องระวังเรื่องเวลาในการอัดประจุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการอัดประจุด้วยกระแสสูงๆ ซึ่งแบตเตอรี่จะเต็มภายในเวลาอันสั้นๆ เท่านั้น การอัดประจุด้วยอัตรากระแสสูงทำให้แรงดันที่แบตเตอรี่สูงเกินไป ส่งผลทำให้อายุของแบตเตอรี่มีค่าลดลง

2.10.3 การอัดประจุแบบลดค่ากระแส (**Tapered Current Charging**) ซึ่งเป็นวิธีการอัดประจุแบตเตอรี่ที่ง่ายและไม่ซับซ้อน ราคาถูก วงจรการอัดประจุประกอบด้วย หม้อแปลง วงจรเรียงกระแส และค่าความต้านทานที่เหมาะสม สำหรับจำกัดกระแส การอัดประจุแบบนี้สามารถใช้แทนการอัดประจุแบบกระแสคงที่ได้ ไม่เพียงเฉพาะการอัดประจุแบตเตอรี่หลายลูกในครั้งเดียวเท่านั้น ยังสามารถใช้ในระบบ **Trick Charge** ได้ด้วย

2.10.4 การอัดประจุแบบรวม (**Combination Charging: two - step**) ซึ่งวิธีการนี้บางทีเรียกว่า **Two - Rate** โดยการนำเอาการอัดประจุแบบกระแสคงที่ และแบบแรงดันคงที่ รวมเข้าด้วยกัน โดยในการอัดประจุขั้นแรกนั้น จะใช้วิธีการอัดประจุเร็ว และขั้นที่สอง จะใช้การอัดประจุด้วยกระแสต่ำ การสวิตช์จากขั้นแรกไปขั้นที่สอง อาจทำได้หลายวิธี เช่น การตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ หรือ ควบคุมเวลาในการอัดประจุ หรือ ตรวจสอบกระแสในการอัดประจุ เป็นต้น

2.11 แบตเตอรี่แบบอัดประจุได้

แบตเตอรี่แบบอัดประจุได้ (**Rechargeable Battery**) ที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันมีอยู่ 3 ชนิด คือ ชนิดนิกเกิลแคดเมียม (**NiCd**) ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (**NiMH**) และชนิดลิเทียมไอออน (**Li ion**) โดยมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

2.11.1 แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม (**NiCd**)

แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียมเป็นแบตเตอรี่แบบอัดประจุได้สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้แพร่หลายที่สุดและมีราคาต่ำที่สุด โดยมีขั้วแอโนดหรือขั้วบวกของแบตเตอรี่ทำมาจากนิกเกิลที่ถูกรอกออกซิไดซ์ (**Nickel Oxyhydroxide**) ในขณะที่คาโทดหรือขั้วลบทำมาจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคดเมียมและมีโอเล็กโตรไลต์ที่เป็นสารละลายของเหลวของ Potassium Hydroxide แรงดันต่อเซลล์มีค่าค่อนข้างคงที่ที่ 1.2 โวลต์เกือบคงที่ตลอดช่วงการใช้งาน แบตเตอรี่ชนิดนี้มีความทนทานสูงทั้งทางด้านกายภาพและทางด้านไฟฟ้า สามารถจ่ายกระแสได้สูงตลอดช่วงการใช้งาน (ทั้งในขณะที่มีประจุเต็มและประจุเกือบหมด) ดังนั้นจึงเหมาะสมเป็นพิเศษกับเครื่องใช้ที่ต้องใช้กระแสสูง ๆ

แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียมมีข้อเสียหลายอย่าง ที่สำคัญที่สุดคือ ปรากฏการณ์ความจำหรือ **memory effect** ปรากฏการณ์นี้ คือการที่แบตเตอรี่สามารถเก็บประจุได้น้อยลงหากตัวแบตเตอรี่ถูกนำไปอัดประจุขณะที่ยังใช้ประจุไฟไม่หมดเป็นเวลาหลาย ๆ ครั้ง นอกจากนี้ แบตเตอรี่ชนิดนี้มีความสามารถในการเก็บประจุไฟต่อหน่วยน้ำหนักต่ำ มีอัตราการสูญเสียประจุเมื่อไม่ได้ถูกใช้งานสูงถึงประมาณ 20 % ต่อเดือน ที่สำคัญที่สุดคือ แคดเมียมเป็นสารก่อมะเร็งที่มีพิษสูงมาก ถึงแม้ว่าแบตเตอรี่ทุกชนิดจะมีส่วนประกอบที่เป็นสารพิษอยู่ไม่มากก็น้อยแต่แคดเมียมถือว่าร้ายแรงกว่าสารตัวอื่น ๆ มาก

2.11.2 แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (NiMH)

แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (NiMH) ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อเสียต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม แบตเตอรี่ชนิดนี้ถูกดัดแปลงมาจากชนิดนิกเกิลแคดเมียม โดยการเปลี่ยนสารที่ใช้ทำขั้วลบจากแคดเมียมเป็นอัลลอยของโลหะที่ดูดซึมไฮโดรเจนไว้ (**metalhydride**) เนื่องจากอัลลอยของโลหะความจุต่อปริมาตรสูงกว่าแคดเมียม ดังนั้นจึงมีปริมาตรเหลือให้ใช้ขั้วบวกที่ใหญ่ขึ้นได้ ผลก็คือ แบตเตอรี่มีความจุต่อหน่วยปริมาตรสูงกว่าแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียมประมาณ 1.5 ถึง 2 เท่า ลักษณะแรงดันของแบตเตอรี่ชนิดนี้จะคล้ายคลึงกับชนิดนิกเกิลแคดเมียมมาก ดังนั้นจึงสามารถนำไปทดแทนแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียมได้โดยไม่ต้องแก้ไขอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่อย่างใด ทั้งนี้มีข้อควรระวัง คือไม่ควรใช้แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์กับอุปกรณ์อัดประจุไฟของแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียมเนื่องจากความแตกต่างของลักษณะสมบัติในขณะอัดประจุไฟ

นอกจากความจุที่สูงกว่าแล้วแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ยังมีข้อดีอีกคือ ไม่มีปรากฏการณ์ความจำทำให้ใช้งานได้สะดวกขึ้น และไม่มีสารพิษแคดเมียม แบตเตอรี่ชนิดนี้มีจุดด้อยอยู่บ้าง คือ สามารถจ่ายกระแสต่ำกว่าชนิดนิกเกิลแคดเมียม แบตเตอรี่จะมีอุณหภูมิสูงในขณะอัดประจุทำให้การตรวจจับว่าแบตเตอรี่ถูกอัดประจุจนเต็มแล้วทำได้ยากขึ้น อัตราการรั่วไหลของประจุขณะไม่ใช้งานสูงถึง 30% ต่อเดือน และสามารถนำไปอัดประจุได้น้อยครั้งกว่าชนิดนิกเกิลแคดเมียม

2.11.3 แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน (Li ion)

ลิเทียมถูกนำมาพัฒนาเพื่อใช้ในแบตเตอรี่เพราะเป็นธาตุที่มีน้ำหนักเบา และมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีสูง ทำให้แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนมีความสามารถในการเก็บพลังงานต่อหน่วยน้ำหนักและต่อหน่วยความจุสูงกว่าแบตเตอรี่ตระกูลนิกเกิลที่ได้กล่าวมาข้างต้น ในขณะที่แบตเตอรี่แบบนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิกเกิลแคดเมียมเนื่องจากแอนโอดและอิเล็กโทรไลต์ทำมาจากสารชนิดเดียวกัน แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนมีคุณสมบัติที่ต่างไปมาก โดยแรงดันระกว่าการใช้งานจะเริ่มจากประมาณ 4.2 โวลต์ และจะตกลงเรื่อยๆจนถึงประมาณ 3.0 โวลต์ โดยมีค่ากลางที่ประมาณ 3.6 โวลต์ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนใช้ขั้วลบที่ทำจาก กราไฟต์ หรือ **Petroleum coke** และขั้วบวกที่ทำจาก LiCoO_2 หรือ LiNiO_2 หรือ LiMn_2O_4 โดยลิเทียมไอออนจะวิ่งกลับไปกลับมาระหว่างขั้วทั้งสองในขณะที่แบตเตอรี่กำลังจ่ายไฟหรือถูกอัดประจุไฟ บางครั้งเทคโนโลยีของลิเทียมจึงเรียกว่า เทคโนโลยีเก้าอี้โยก (**Rocking chair technology, RCT**) อิเล็กโทรไลต์ของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมจะเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ (**Organic solvent**) ที่มีเกลือละลายอยู่

ข้อดีของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนนอกจากความจุสูงและน้ำหนักเบาแล้ว ก็คือแรงดันจำเพาะที่เป็น 3.6 โวลต์ แรงดันนี้สูงพอที่จะขั้วบางจอร์อิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่ โดยใช้แบตเตอรี่ลิเทียมเพียงก้อนเดียวได้ ในแง่ของการใช้งานแบตเตอรี่ชนิดนี้มีความสามารถทำงานที่อุณหภูมิสูงและต่ำกว่าแบตเตอรี่ตะกั่วชนิดนิกเกิล นอกจากนี้ยังสามารถอัดประจุได้อย่างรวดเร็วในเวลาเพียงหนึ่งชั่วโมง ข้อควรระวังในการใช้งานแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ การอัดประจุจนเกินขีดจำกัด เนื่องจากตัวคาโธดหรือขั้วลบกับอิเล็กโทรไลต์จะ **Decompose** ทำให้ความดันในตัวแบตเตอรี่สูงขึ้น และเกิดการระเบิดได้

2.11.4 แบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ

นอกจากแบตเตอรี่ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นยังมีแบตเตอรี่แบบอัดประจุไฟฟ้าชนิดอื่นอีก เช่น แบตเตอรี่แบบกรดตะกั่ว (**Lead acid**) แบบสังกะสี-อากาศ (**Zinc-air**) แบบลิเทียมโพลีเมอร์ (**Lithium-polymer**)

ตารางที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลคุณสมบัติต่างๆของแบบอัดประจุไฟชนิดต่างๆ

โดยใช้แบตเตอรี่อัลคาไลน์เป็นตัวอ้างอิง

ชนิดแบตเตอรี่	แรงดันจำเพาะ (โวลต์)	พลังงานต่อหน่วยน้ำหนัก (Wh/kg)	พลังงานต่อหน่วยปริมาตร (Wh/l)	การสูญเสียประจุ (% ต่อเดือน)	จำนวนครั้งของการอัดประจุ
NiCd	1.2	40	90	10-20	500-700
NiMH	1.2	60	180	30	300-500
Li-ion	3.6	100	230	5-10	>1000
Li-polymer	3.0	100-200	150-350	1	200-1000
Alkaline	1.5	150	375	0.3	1

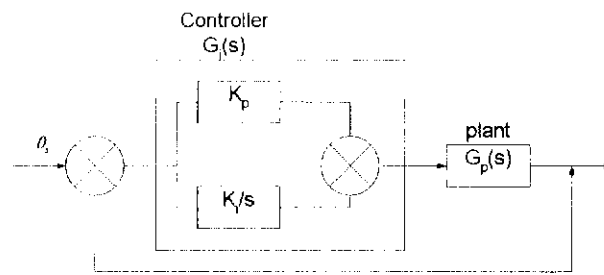
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงข้อดีและข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ และชนิดลิเทียมไอออน

ชนิดแบตเตอรี่	ข้อดี	ข้อเสีย
NiCd	<ul style="list-style-type: none"> - ราคาถูก - หาง่าย - จ่ายกระแสได้สูง - ความทนทานสูง 	<ul style="list-style-type: none"> - ความจุต่อหน่วยน้ำหนักและต่อหน่วยปริมาตรต่ำ - มีปรากฏการณ์ความจำ - แคดเมียมมีความเป็นพิษสูง
NiMH	<ul style="list-style-type: none"> - ความจุสูงกว่าชนิดนิกเกิลแคดเมียม 1.5- 2 เท่า - ไม่มีปรากฏการณ์ความจำ - ความเป็นพิษน้อยกว่าแคดเมียม - สามารถนำมาทดแทนแบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียมได้โดยตรง 	<ul style="list-style-type: none"> - จ่ายกระแสได้ต่ำกว่าชนิดนิกเกิลแคดเมียม - จำนวนครั้งของการอัดประจุต่ำกว่า - การตรวจจบบattery เต็มยากกว่าชนิดนิกเกิลแคดเมียม - การรั่วไหลของประจุสูงกว่า
Lithium ion	<ul style="list-style-type: none"> - แรงดันจำเพาะสูงถึง 3.6 โวลต์ - น้ำหนักเบา - ความจุต่อหน่วยน้ำหนักและปริมาตรสูงสุด 	<ul style="list-style-type: none"> - การอัดประจุต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ - ราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 การควบคุมแบบ PI Controller



รูปที่ 2.20 แสดงแผนภาพบล็อกที่ประกอบด้วย Proportional plus Integral

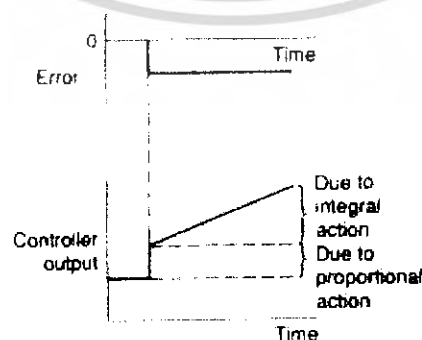
การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับแบบปริพันธ์ (Proportional plus Integral, PI) เพื่อแก้ไขระบบควบคุมที่มีความเสถียรสัมพัทธ์ลดลง จากการควบคุมแบบปริพันธ์ สามารถที่จะแก้ไขได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งลักษณะของระบบควบคุมจะเป็นดังรูปที่ 2.20 สำหรับระบบดังกล่าวจะมีเอาต์พุตของคอนโทรลเลอร์เป็น

$$\text{output} = K_p e + K_i \int_0^t e dt \quad (2.9)$$

และมีการตอบสนองของสัญญาณดังรูปที่ 2.21

คุณสมบัติของการกระบวนกรที่มีการควบคุมแบบ PI

1. กระบวนการจะมีอันดับสูงขึ้น (เนื่องจากการควบคุมแบบ I)
2. กระบวนการไม่มีการคลาดเคลื่อน(ไม่มี error) ในการควบคุมค่ากระบวนการจะมีค่าเข้าสู่เป้าหมายของการควบคุมเสมอ
3. การเพิ่มค่า K_p ทำให้การตอบสนองของกระบวนการสูงขึ้น (เนื่องจากกระบวนการควบคุมแบบ PI) กระบวนการจะมีการแกว่งมากขึ้น ค่าการตอบสนองของกระบวนการมีค่ามากขึ้นและเสถียรภาพของกระบวนการจะลดลง (เนื่องจากการควบคุมแบบ I)
4. การลดค่า Integral Time Constant จะทำให้เวลากระบวนการเร็วขึ้น กระบวนการจะมีการแกว่งมากขึ้น ค่าการตอบสนองสูงสุดและอัตราการลดทอนเพิ่มขึ้น (เนื่องจากการควบคุมแบบ I)



รูปที่ 2.21 แสดงการตอบสนองของ PI controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 หลอด High Power LED



Lambertian $2\theta_{1/2} = 140^\circ$



Batwing $\theta = \pm 40^\circ$



Side Emitting $\theta = \pm 80^\circ$



Focusing $2\theta_{1/2} = 60^\circ$

รูปที่ 2.22 แสดงลักษณะของหลอดแอลอีดีกำลังสูงที่มีรูปแบบการกระจายแสงต่าง ๆ

มีวิวัฒนาการมาจากหลอด LED ซึ่งหลอด LED ได้ผลิตขึ้นในปี ค.ศ.1962 และถูกนำไปใช้กับงานที่ให้แสงสว่างต่ำมาก ๆ ปัจจุบันได้ถูกพัฒนาเป็นหลอด High Power LED ซึ่งถูกนำมาใช้กับงานที่ไม่ต้องการความสว่างสูงมากนัก เช่น ระบบไฟฉุกเฉิน ไฟจราจร ไฟป้ายสัญลักษณ์ และไฟตกแต่งสถานที่ต่างๆ เนื่องจากมีข้อดีหลายข้อดังนี้

1. มีประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างสูงมากกว่าหลอดไส้ และหลอดฮาโลเจน
2. อายุการใช้งานนาน มากกว่า 100,000 ชั่วโมง
3. มีให้เลือกหลายสี คือ ขาว, เขียว, ฟ้าสด, เขียวน้ำเงิน, แดง, แดงส้ม, เหลืองอำพัน เป็นต้น

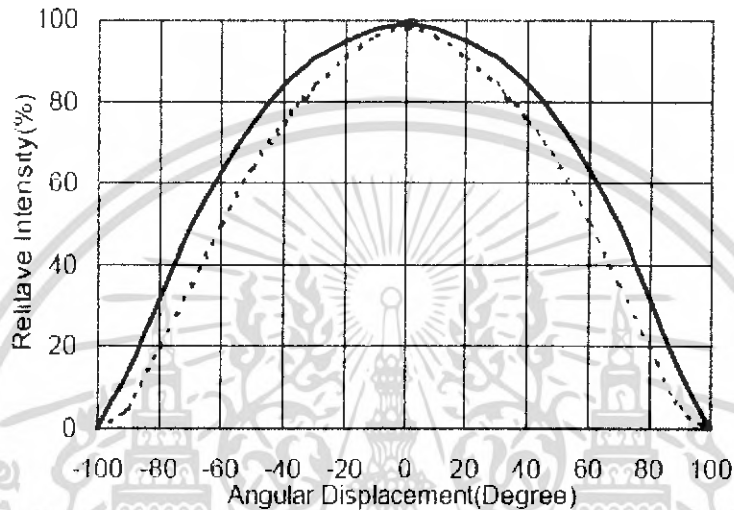
4. มีหลายรูปแบบการกระจายแสง คือ Lambertian, Batwing, Side Emitting และ Focusing ดังรูปที่ 2.22

5. ทำงานที่ไฟฟ้ากระแสตรงระดับแรงดันต่ำ
6. อุณหภูมิที่เกิดขึ้นต่ำ ปลอดภัยเมื่อจับต้อง
7. ให้แสงสว่างได้เร็ว ต่ำกว่า 100 ns
8. ไม่มีการแผ่รังสีอุลตราไวโอเล็ต
9. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 แสดงรูปหลอดแอลอีดีกำลังสูงแบบ Lambertian



รูปที่ 2.24 แสดงลักษณะการกระจายแสงหลอดแอลอีดีกำลังสูงแบบ Lambertian

ข้อมูลของหลอดที่เลือกใช้งาน

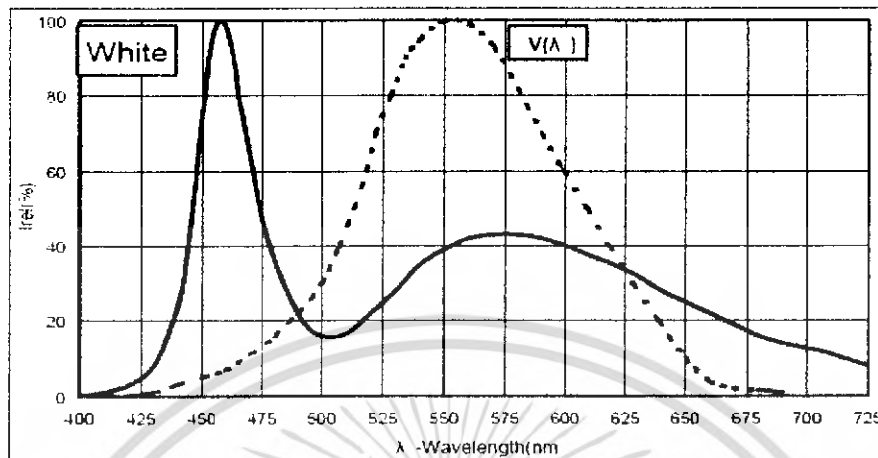
เป็นหลอดที่มีรูปแบบการกระจายแสงแบบ Lambertian แบบดังรูปที่ 2.23 และ รูปที่ 2.24 มีความสามารถในการให้แสงสว่างเท่ากับ 40 Lm/W Emission Angle 140° และ ค่า Absolute Maximum Ratings ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงค่า Absolute Maximum Ratings ของหลอดแอลอีดีกำลังสูงแบบ Lambertian

Parameter	Symbol	Rating	Units
DC forward Current	I_F	350	mA
Reverse Voltage	V_{R}	1000	V
Peak pulse current	I_{pulse}	5	mA
LED junction Temperature(at 350 mA)	T_J	125	°C
Operating Temperature	T_{opr}	-30 to +110	°C
Storage Temperature	T_{stg}	-40 to +120	°C
Manual Soldering Time at 260 °C(max)	T_{sol}	5	seconds

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในเชิงเทคนิคเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลระบบได้ดำเนินการแก้ไขค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และรูปความยาวคลื่นสเปกตรัมดังรูปที่ 2.25



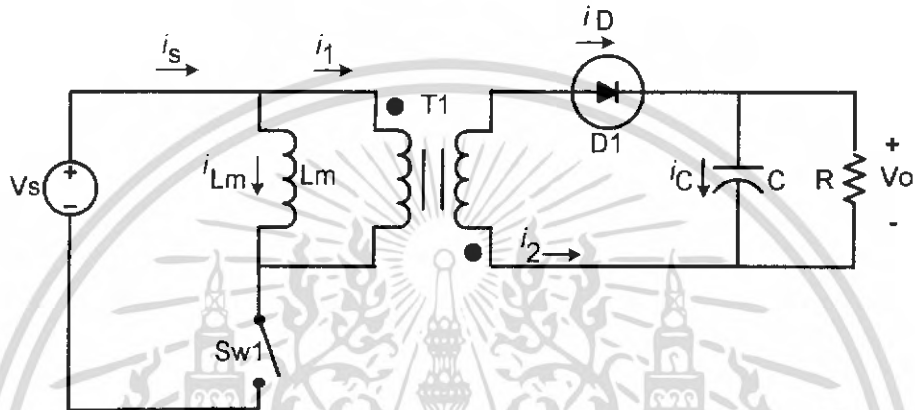
รูปที่ 2.25 แสดงรูปความยาวคลื่นสเปกตรัมของหลอดแอลอีดีกำลังสูงแบบ White

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 การออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์



รูปที่ 3.1 แสดงวงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าในวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์เป็นวงจรที่มีลักษณะคล้ายกับวงจรบัค-บูสต์คอนเวอเตอร์ แต่จะทำการเปลี่ยนจากตัวเหนี่ยวนำมาเป็นหม้อแปลงความถี่สูงซึ่งทำให้ลักษณะของแหล่งจ่ายไฟมีขนาดเล็กลง วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์จัดอยู่ในประเภทป้อนแบบแรงดันไฟฟ้า มีรูปแบบวงจรดังรูปที่ 3.1

เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ จึงต้องกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ดังนี้คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เช่น ไดโอดกำลัง และ สวิตช์จะถือว่าเป็นอุดมคติ ไม่มีตัวเหนี่ยวนำรั่วจากแกนเหล็กของหม้อแปลงความถี่สูงที่ใช้ แรงดันเอาต์พุตมีค่าคงที่ เมื่อพิจารณาในสภาวะคงตัว ให้ค่าดีวีดีไซเคิลของสวิตช์มีช่วงเวลานำกระแสเท่ากับ DT และช่วงเวลาหยุดนำกระแสมีค่าเท่ากับ $(1 - D)T$ โดยที่วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์นั้นคล้ายกับวงจรบัค-บูสต์คอนเวอเตอร์โดยที่ตัวเหนี่ยวนำ L_m จะทำการสะสมพลังงานไว้ในขณะที่สวิตช์นำกระแส และจะคายพลังงานให้กับวงจรช่วงเวลาที่ไม่สวิตช์ไม่นำกระแสนั้นเอง ซึ่งสามารถทำการพิจารณาได้ดังนี้

3.1.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โหมดกระแสต่อเนื่องหมายถึง ค่ากระแสจะมีการเพิ่มขึ้นในช่วงสวิตช์นำกระแสและลดลงแบบเชิงเส้นช่วงที่ไม่สวิตช์ไม่นำกระแส ทั้งสองช่วงกระแสที่ไหลผ่าน L_m ไม่มีช่วงใดเลยที่กระแสมีค่าเป็นศูนย์ แบ่งการพิจารณาได้เป็น 2 ช่วงดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โหมดกระแสต่อเนื่อง ช่วงสวิตช์นำกระแส
เมื่อพิจารณาด้านปฐมภูมิจะได้ค่าการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทำ
แม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าเท่ากับ

$$(\Delta i_{L_m})_{\text{Closed}} = \frac{V_s D T}{L_m} \quad (3.1)$$

ด้านทุติยภูมิจะได้

$$V_2 = V_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right) = V_s \left(\frac{N_2}{N_1} \right) , i_2 \text{ และ } i_1 = 0 \quad (3.2)$$

เนื่องมาจากว่าช่วงที่สวิตช์นำกระแส นั้น ไดโอดกำลังจะอยู่ในสภาวะไบแอสกลับ(เนื่องมาจาก
คุณสมบัติของหม้อแปลงที่กระแสไหลเข้าด้านที่มีขั้ว(Dotted) ของขดลวดปฐมภูมิก็จะไหลออก
ด้านมีขั้วของขดลวดทุติยภูมิ) เป็นผลให้กระแส i_2 ไหลทางด้านทุติยภูมิมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น
ด้านปฐมภูมิจึงไม่มีกระแส i_1 เช่นเดียวกัน แต่พลังงานที่เกิดขึ้นจะสะสมอยู่ในขดลวดตัวเหนี่ยวนำ
หน้า L_m ด้านปฐมภูมิ เมื่อถึงช่วงที่สวิตช์หยุดนำกระแสก็จะเกิดการคายพลังงานออกจากขดลวด
ตัวเหนี่ยวนำ L_m ในทิศทางตรงข้าม ทำให้ไดโอดสามารถที่จะนำกระแสได้เพราะอยู่ในสภาวะ
ไบแอสตรง จึงมีกระแส i_2 ไหลทางด้านทุติยภูมิ

3.1.1.2 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โหมดกระแสต่อเนื่อง ช่วงสวิตช์ไม่นำกระแส
จากที่กล่าวมาแล้วว่าเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส กระแสที่สะสมอยู่ในตัวเหนี่ยวนำจะทำการยุบตัว
กระแสไหลเข้าด้านไม่มีขั้วของหม้อแปลง ไดโอดทำการไบแอสตรง ทำให้กระแส i_2 ไหลทางด้าน
ทุติยภูมิเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

$$V_1 = -V_o \frac{N_1}{N_2} = V_2 \frac{N_1}{N_2} \quad (3.3)$$

การเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทำแม่เหล็กของหม้อแปลงเท่ากับ

$$(\Delta i_{L_m})_{\text{Opened}} = \frac{-V_o (1-D) T}{L_m} \times \frac{N_1}{N_2} \quad (3.4)$$

เมื่อทำการพิจารณารวม จากค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดตัวเหนี่ยวนำ L_m มีค่า
เท่ากับศูนย์จะได้

$$V_o = V_s \times \frac{D}{1-D} \times \frac{N_2}{N_1} \quad (3.5)$$

จะเห็นได้ว่ามีค่าคล้ายกับบัก-บูลคอนเวอเตอร์ แต่มีค่าอัตราส่วนของหม้อแปลง
(Transformer ratio) เป็นจำนวนเท่า

ส่วนค่าระลอกคลื่นนั้นมีค่าเท่ากับบัก-บูลคอนเวอเตอร์เพราะมีโครงสร้างทางด้าน
เอาต์พุตเหมือนกัน

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf_s} \quad (3.6)$$

3.1.2 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง เป็นโหมดที่กระแสไหลผ่านในขดลวดเหนี่ยวนำ L_m มีช่วงที่ค่ากระแสเป็นศูนย์ โดยที่กระแสจะเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นในช่วงสวิตช์นำกระแสและค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งเป็นศูนย์นั่นเอง

$$V_o = V_s \times D \times \sqrt{\frac{RT}{2L_m}} \quad (3.7)$$

ซึ่งจากทฤษฎีนี้เราสามารถที่จะนำออกมาออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ โดยการกำหนดให้ทำการป้อนอินพุตแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 310 โวลต์ (นำไฟฟ้ากระแสสลับผ่านวงจรฟิลเตอร์และวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น) 50 เฮิร์ตซ์ ให้ได้แรงดันเอาต์พุตเป็นไฟฟ้ากระแสตรงระดับแรงดัน 4 โวลต์

ได้ทำการออกแบบดังต่อไปนี้

ออกแบบวงจรเพื่อทำการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ขนาด 1 วัตต์ (1.2 โวลต์ x 3 ก้อน ที่ระดับกระแสอัดประจุ 250 mA) ดังนั้นจึงออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ที่มีขนาดกำลังทางด้านเอาต์พุต 1 วัตต์ ดังนี้

$$V_{in}(\min) = 220 \times 0.8 = 176 \text{ Vac} \quad , \quad V_{peak}(\min) = 249 \text{ Vdc}$$

$$V_{in}(\max) = 220 \times 1.2 = 264 \text{ Vac} \quad , \quad V_{peak}(\max) = 373 \text{ Vdc}$$

ให้ประสิทธิภาพเท่ากับ 70 % ดังนี้

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\text{eff.}} = \frac{1}{0.7} = 1.43 \text{ W} \quad (3.8)$$

หาค่ากระแสอินพุตจาก

$$I_{in(\text{avg})} = \frac{P_{in}}{V_{in(\text{low})}} \quad (3.9)$$

โดยที่ $V_{in(\text{low})} = V_{peak(\min)} - V_{ripple} - V_{diode}$ และ $V_{ripple} = 32\% V_{peak(\min)}$

$$\text{ดังนั้น} \quad I_{in(\text{avg})} = \frac{1.43}{249 - 80 - 1.5} = \frac{1.43}{167.5} = 8.54 \text{ mA}$$

$$I_{peak} = 2 \times I_{in(\text{avg})} \times \frac{t_{sw}}{t_{on}} = 2 \times 8.54 \times 10^{-3} \times \frac{10\mu\text{s}}{4\mu\text{s}} = 42.7 \text{ mA} \quad (3.10)$$

โดยที่ความถี่ในการสวิตช์ 100 KHz ค่า Duty เท่ากับ 0.4

จึงทำการเลือกใช้ไอซี NCP 1052 ที่สามารถทำการสวิตช์ความถี่ 100 kHz และมีค่าจำกัดกระแสขนาด 300 mA แรงดันที่ทนได้สูงสุด 700 โวลต์ เป็นเพาเวอร์มอสเฟตที่ใช้ในการสวิตช์ หากพิจารณาค่าความสูญเสียเป็นดังนี้

$$P_{loss} = P_{in} (1 - \text{eff.}) = P_{in} - P_{out} = 0.43 \text{ W} \quad (3.11)$$

$$\text{MOSFET Power Losses} = 0.43 \times 35\% = 0.15 \text{ W}$$

$$\text{Rectifier Power Losses} = 0.43 \times 60\% = 0.26 \text{ W}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หา Capacitor ด้านอินพุต

$$C_{in} = \frac{P_{in}}{f_{uc} \times (V_{peak(min)}^2 - V_{in(low)}^2)} = \frac{1.43}{50 \times (249^2 - 167.5^2)} = 85 \mu F \quad (3.12)$$

ออกแบบขนาดขดลวดของหม้อแปลงดังนี้

$$L_{pri} = \frac{V_{in(low)} \times Duty_{max}}{I_{peak} \times f_{sw}} = \frac{167.5 \times 0.4}{0.0427 \times 100 \times 10^3} = 15.7 \text{ mH} \quad (3.13)$$

พิจารณาต้านปรูมภูมิ

$$V_{FB} = \frac{V_{in(low)} \times t_{on}}{t_{off}} = \frac{167.5 \times 4 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-6}} = 111.67 \text{ V} \quad (3.14)$$

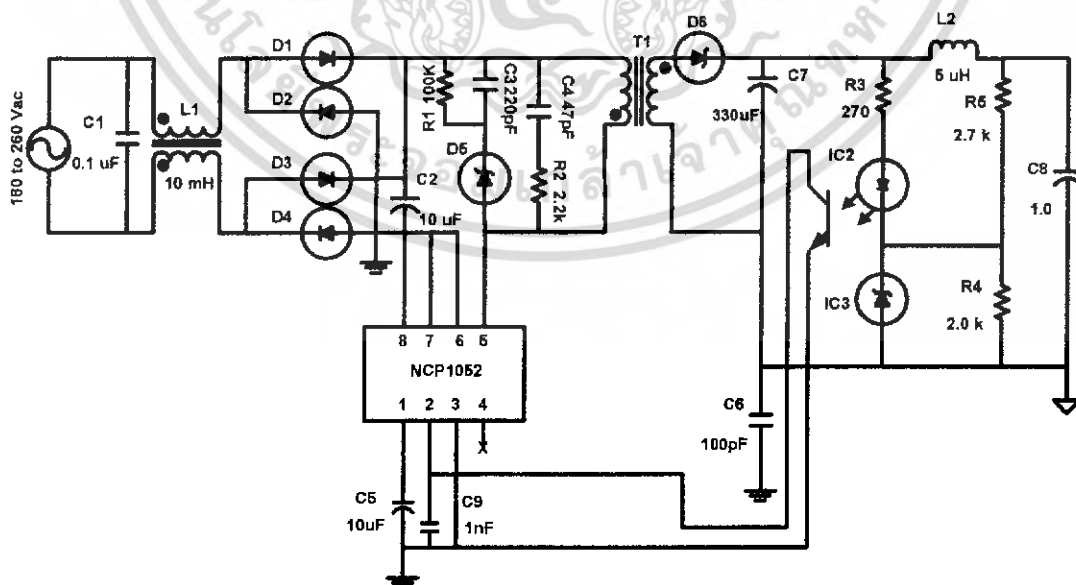
ขณะที่ t_{on} เท่ากับ $4 \mu s$ หรือ Duty 0.4 ที่ 100 kHz

หาขนาดขดลวดของหม้อแปลงด้านทุติยภูมิ

$$\frac{N_{pri}}{N_{sec}} = \frac{V_{FB}}{V_{out} + V_F} = \frac{111.67}{5 + 1.5} = 17.18 \text{ ประมาณ } 17 \text{ รอบ} \quad (3.15)$$

$$\text{ดังนั้น } L_{sec} = \left(\frac{N_{sec}}{N_{pri}} \right)^2 \times L_{pri} = \left(\frac{1}{17} \right)^2 \times 16.87 \times 10^{-3} = 58.37 \mu H \quad (3.16)$$

ได้วงจรดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โดยใช้ไอซี NCP 1052 ที่ได้จากการออกแบบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ญาติเห็นไปเซปกระดานการค้ำ ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกขนาดลวดทองแดงที่นำมาใช้กับหม้อแปลงของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

ค่าความหนาแน่นของกระแสอยู่ระหว่าง 2 – 5 แอมแปร์ต่อมิลลิเมตร²

เลือกค่า 4 แอมแปร์ต่อมิลลิเมตร² ดังนั้น

ด้านปฐมภูมิเลือกใช้ลวด SWG เบอร์ 36 จากตารางมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.193 มิลลิเมตร
ดังนั้นสามารถที่จะทนกระแสได้สูงสุด 117 มิลลิแอมป์

ด้านทุติยภูมิเลือกใช้ลวด SWG เบอร์ 30 จากตารางมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.315 มิลลิเมตร
ดังนั้นสามารถที่จะทนกระแสได้สูงสุด 312 มิลลิแอมป์

3.2 การออกแบบวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น

การพิจารณาเลือกตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ดังนี้

1. อัตราการทนกระแสระลอกของตัวเก็บประจุ (RMS Ripple Current Rating) โดยที่
จะต้องเลือกที่ค่ามากกว่าค่ากระแสระลอกที่คำนวณได้ เพื่อไม่ให้ตัวเก็บประจุร้อนขณะทำงาน
2. ค่าแรงดันกระเพื่อมที่เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส (Ripple Voltage) ซึ่งจะมีผล
ทำงานโดยตรงกับการทำงานของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ การกระเพื่อมที่แรงดันเอาต์พุต
ทำให้แรงดันอินพุตมีค่าไม่คงที่ หากยอมให้แรงดันกระเพื่อมทางด้านเอาต์พุตของวงจรเรียง
กระแสมีค่ามากก็ย่อมทำให้การรักษาความคงที่ของแรงดันเอาต์พุตของฟลายแบคคอนเวอเตอร์
มีค่าลดลงไป โดยปกติแล้วจะยอมให้วงจรเรียงกระแสมีขนาดไม่เกิน 10 % ของแรงดันเอาต์พุต
3. ช่วงเวลาโฮลด์อัปที่ต้องการ (Hold-up time) เป็นช่วงเวลาที่แหล่งจ่ายไฟยังคงค่า
แรงดันเอาต์พุตได้ตามปกติที่โหลดสูงสุด เมื่อหยุดจ่ายแรงดันไฟกระแสสลับหรือแรงดันไฟ
กระแสสลับมีค่าต่ำกว่าที่กำหนด ดังนั้นตัวเก็บประจุจะต้องมีค่ามากพอจ่ายกระแสให้กับวงจร
คอนเวอเตอร์เมื่อมีการหยุดจ่ายแรงดันไฟกระแสสลับ
4. อัตราทนแรงดันของตัวเก็บประจุ เพื่อความปลอดภัยแล้วควรจะเผื่อค่าอัตราทน
แรงดันไว้อย่างน้อยที่ค่าแรงดันไฟตรงสูงสุดที่เป็นไปได้ของคอนเวอเตอร์ เช่นแรงดันไฟ
กระแสสลับ 220 โวลต์ ก็ควรเลือกประจุฟิลเตอร์ที่มีขนาดมากกว่า 310 โวลต์ เป็นต้น
5. ขนาดและราคา เนื่องจากที่อัตราทนแรงดันสูงๆ ตัวเก็บประจุจะมีขนาดใหญ่และราคา
แพง ดังนั้นการเลือกตัวเก็บประจุที่มีอัตราทนแรงดันและค่าความจุสูงเกินไป จะเป็นการ
สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเกินความจำเป็น และยังเพิ่มขนาดให้กับวงจร ดังนั้นขนาดและราคาจึงต้อง
คำนึงถึงเป็นหลัก ซึ่งสามารถหาขนาดได้ดังต่อไปนี้

$$C \approx \frac{1}{2fR(\Delta V_o/V_m)} \quad (3.17)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

ค่าความจุของตัวเก็บประจุทางด้านเอาต์พุตเท่ากับ C

ความถี่ของสัญญาณเท่ากับ f

ค่าความต้านทานของโหลดทางด้านเอาต์พุตเท่ากับ R

ค่าแรงดันกระเพื่อมที่เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส (Ripple Voltage) $\Delta V_o/V_m$

ดังนั้นค่า C ที่เลือกใช้ในวงจรเรียงกระแสต้องมีค่ามากกว่า

$$\frac{1}{2 \times 50 \times 100 \times 10^3 \times (0.1)} > 1 \mu\text{F}$$

3.3 การออกแบบวงจรสับเบอ์

วงจรสับเบอ์นี้ทำงานโดยการถ่ายเทพลังงานสะสมในตัวเหนี่ยวนำแปลงอินเป็นตัวทำ
ให้เกิดแรงดันสไปค์ไปไว้ที่ตัวเก็บประจุ C แทน นั่นคือ

$$\frac{1}{2} C V_c^2 = \frac{1}{2} L_i I_{p(\text{peak})}^2 \quad (3.18)$$

เนื่องจาก V_c จะมีค่าได้ไม่เกิน $V_{ce0} - V_{\text{clamp}}$ ดังนั้นจะได้ว่า

$$C = \frac{L_i I_{p(\text{peak})}^2}{(V_{ce0} - V_{\text{clamp}})^2} \quad (3.19)$$

$$= \frac{15.7 \text{m} \times (42.7 \text{m})^2}{(700 - 310)^2} = 188 \text{pF}$$

L_i คือ ค่าความเหนี่ยวนำที่เกิดจากฟลักซ์รั่วของขดปฐมภูมิ

$I_{p(\text{peak})}$ คือ ค่ากระแสสูงสุดขณะเริ่มหยุดนำกระแสของสวิตช์

V_{ce0} คือ อัตราแรงดันตกคร่อมสูงสุดของสวิตช์

V_{clamp} คือ ค่าแรงดันสูงสุดที่ยอมให้เกิดได้เมื่อสวิตช์เริ่มหยุดนำกระแส

ค่าความต้านทาน R อาจหาได้จาก

$$R = \frac{t_{\text{off}(\text{min})}}{2 \times 3 \times C} \quad (3.20)$$

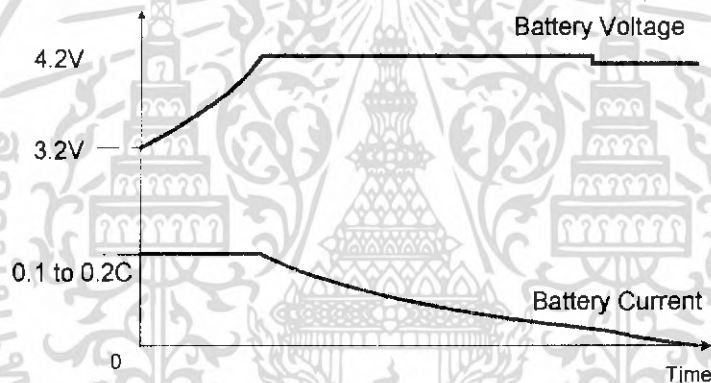
$$= \frac{6 \mu\text{s}}{2 \times 3 \times 220 \text{pF}} = 50 \text{k}\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

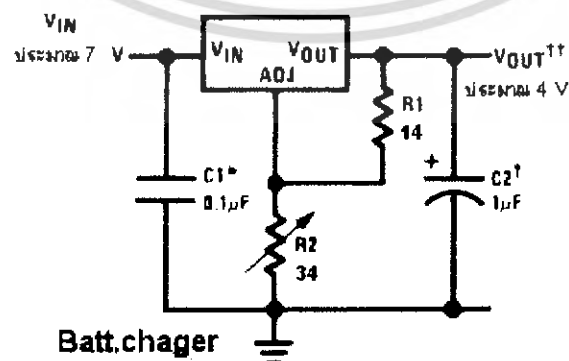
3.4 การออกแบบวงจรอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่

เป็นการอัดประจุแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charging) แบตเตอรี่อยู่ในสภาวะประจุเต็ม (Fully Charge) เสมอ ซึ่งการอัดประจุแบบนี้ทำให้แรงดันเอาต์พุตมีเสถียรภาพพร้อมทั้งมีความจุกระแสสูง แต่จะต้องระวังในเรื่องการอัดประจุสูงเกินไป เพราะในช่วงที่แรงดันแบตเตอรี่มีค่าต่ำๆ ค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่มีค่าน้อยมาก ฉะนั้นกระแสที่อัดประจุจึงมีค่าสูงมาก ทำให้เกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่ จึงต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการจำกัดกระแสเริ่มต้นซึ่งในตอนท้ายของการอัดประจุกระแสจะลดลงอย่างอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.3

ในวงจรเราใช้ LM317T ซึ่งเป็น Adjustable Regulator โดยลักษณะทางกายภาพมี 3 ขา ดังรูปที่ 3.4 สามารถจ่ายกระแสได้สูงถึง 1.5 A ปรับแรงดันเอาต์พุตได้ตั้งแต่ 1.2 ถึง 37 โวลต์ การใช้งานง่ายและต้องการตัวต้านทานภายนอกแค่ 2 ตัวในการปรับค่าแรงดันเอาต์พุตภายในมีการป้องกันกระแสเกิน อุณหภูมิ เป็นต้น



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของการอัดประจุไฟฟ้า



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรการอัดประจุไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเด่นและลักษณะพิเศษของ LM317T

- กระแสเอาต์พุต 1.5 A
- แรงดันเอาต์พุตปรับค่าได้ตั้งแต่ 1.2 ถึง 37 โวลต์
- มีการป้องกันอุณหภูมิภายในสูงเนื่องจากโหลดเกิน
- มีการป้องกันการลัดวงจรภายใน
- ไม่มีสารตะกั่วเป็นส่วนประกอบ

ซึ่งกระแส I_{adj} สามารถปรับให้มีค่าน้อยกว่า 100 ไมโครแอมป์ได้ เพื่อให้ค่าความผิดพลาดจากเทอม $I_{adj} \times R_2$ มีค่าน้อยลง จนอาจถือว่าแยกเว้นได้ (ซึ่งจากข้อมูลของ LM317T มีค่า I_{adj} เท่ากับ 50 ไมโครแอมป์)

ค่า C_1 ใส่เพื่อลด Noise ถ้าอยู่ไกลจาก Power Supply Filter

ค่า C_2 ใส่เพื่อปรับปรุงค่า Transient Response

$$\text{ดังนั้น สมการข้างต้นเหลือเป็น } V_{out} = 1.25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \quad (3.21)$$

ต้องการแรงดันเอาต์พุต 4.2 โวลต์ ดังนั้น $R_2 = 34$ และ $R_1 = 14$ โอห์ม

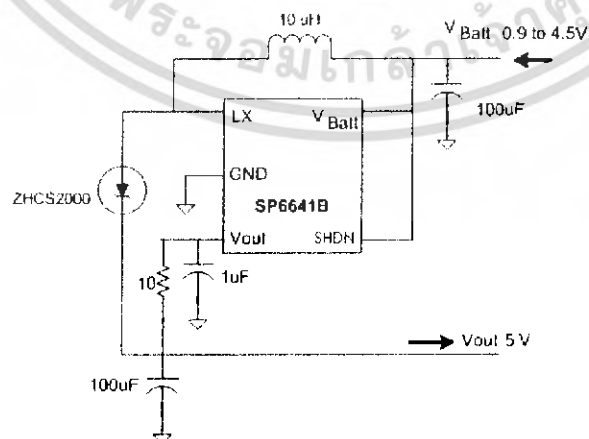
โดยมีค่าใกล้เคียงกับที่ได้ทำการออกแบบไว้ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

กระแสที่ใช้ในการอัดประจุหาจาก

กระแสที่ใช้ในการจ่ายให้กับโหลด คือ 4×600 มิลลิแอมป์ = 2400 มิลลิแอมป์ ดังนั้นเลือกแบตเตอรี่ ขนาด 2500 mAh สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้นานถึง 1 ชั่วโมง แรงดันที่ใช้ในการอัดประจุประมาณ 4 โวลต์ ทำการวัดโดยค่า ณ สถานะแบตเตอรี่เต็ม

การอัดประจุไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 0.1 - 0.2 เท่าของควมจุแบตเตอรี่นั้นคือไม่ควรเกิน 500 มิลลิแอมป์

3.5 การออกแบบวงจรขับโหลด

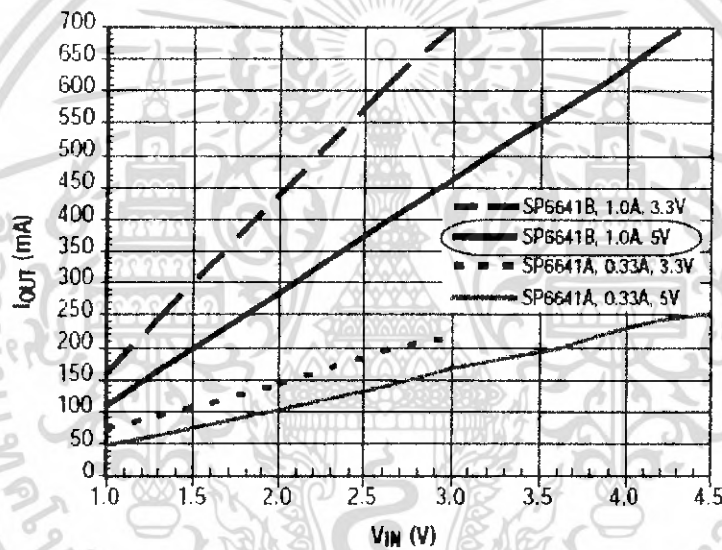


รูปที่ 3.5 แสดงวงจรขับโหลดโดยใช้ไอซี SP6641B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

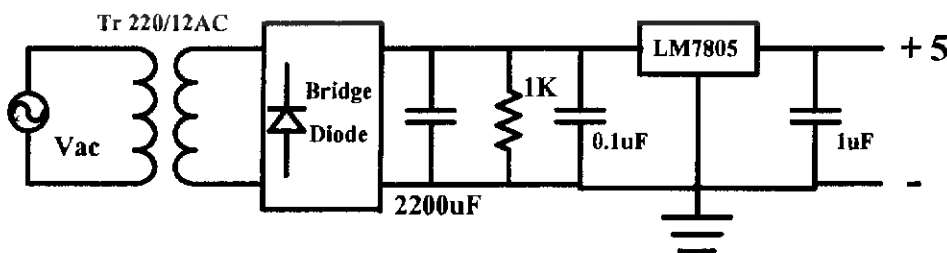
เนื่องมาจากระดับแรงดันและขนาดกระแสไม่เหมาะสมที่นำมาจะจ่ายให้กับหลอด High Power LED ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับหลอดได้ จึงจำเป็นต้องทำวงจรขับหลอดขึ้นมาโดยได้นำเอาวงจรรวมเบอร์ SP6641B ชนิด 5 โวลต์ ที่เป็นวงจรบูสต์คอนเวอเตอร์มาประยุกต์ใช้งานซึ่งได้วงจรดังรูปที่ 3.5

การทำงานเหมือนกับวงจรบูสต์คอนเวอเตอร์มีลักษณะการสวิตซ์ เมื่อสวิตซ์นำกระแสกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งขณะนี้ไดโอดจะถูกไบแอสกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้ และในช่วงที่สวิตซ์หยุดนำกระแส กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดไม่ได้ ไดโอดจะถูกไบแอสให้นำกระแส ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแรงดันอินพุตที่สามารถทำงานได้คือ 0.9 ถึง 4.5 โวลต์ จะให้กระแส จากนั้นจะป้อนกลับแรงดันมาเพื่อปรับค่าตัวดีให้ได้แรงดัน 5 โวลต์และควบคุมกระแสทางด้านเอาต์ให้เป็นดังรูปที่ 3.6



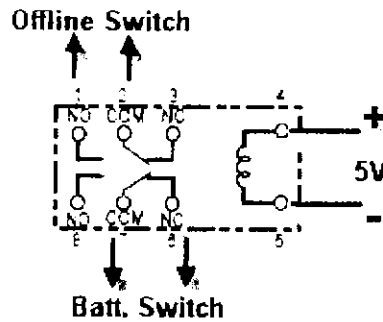
รูปที่ 3.6 แสดงกระแสไหลสูงสุดที่แรงดันอินพุตต่าง ๆ

3.6 การออกแบบวงจรตรวจจับแรงดัน



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรตรวจจับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

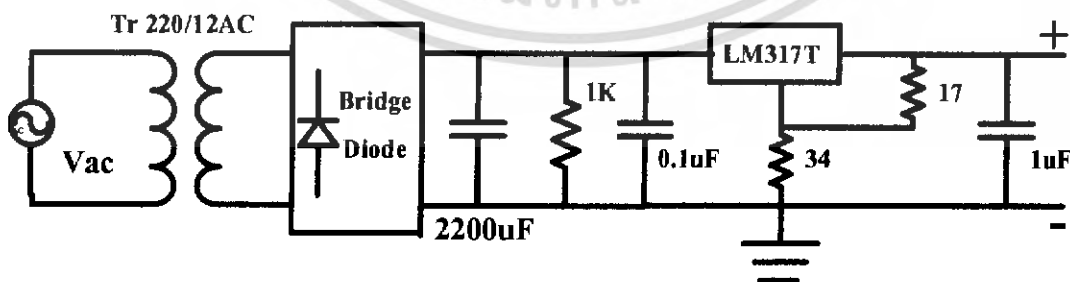


รูปที่ 3.8 แสดงวงจรของรีเลย์

จากรูปเป็นการประยุกต์ใช้งานรีเลย์มาตรฐานจذبแรงดัน ซึ่งรีเลย์ที่เลือกใช้งานจะมีหน้าสัมผัสอยู่ 2 สถานะคือ NO และ NC โดยเมื่อทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ เข้าที่คอล์ยของรีเลย์ หากมีไฟฟ้าในระบบ หน้าสัมผัสของรีเลย์จะอยู่ในสถานะตรงข้าม คือ Battery ก็จะมีสถานะ Open Circuit เมื่อไม่มีไฟฟ้าก็จะมีสถานะ Close Circuit ทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรขับหลอด ดังรูปที่ 3.8

3.7 การออกแบบวงจรออฟไลน์

เป็นวงจรที่ใช้เปิด-ปิดหลอดเมื่อมีความต้องการที่จะใช้งานในสภาวะปกติ ซึ่งส่วนหนึ่งประกอบด้วยวงจรแปลงแรงดันลงด้วยหม้อแปลงให้เหลือระดับแรงดันกระแสสลับ 12 โวลต์ ผ่านบริดจ์ไดโอดได้ระดับแรงดันกระแสตรงประมาณ 12 โวลต์ ผ่านวงจรลดทอนแรงดันจาก 12 โวลต์เหลือประมาณ 4 โวลต์โดยใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์ LM317T และออกแบบได้จากสมการ (3.21) จะได้ $R1 = 17$ และ $R2 = 34$ หลังจากนั้นก็จะผ่านวงจรขับหลอดเพื่อทำการขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรออฟไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

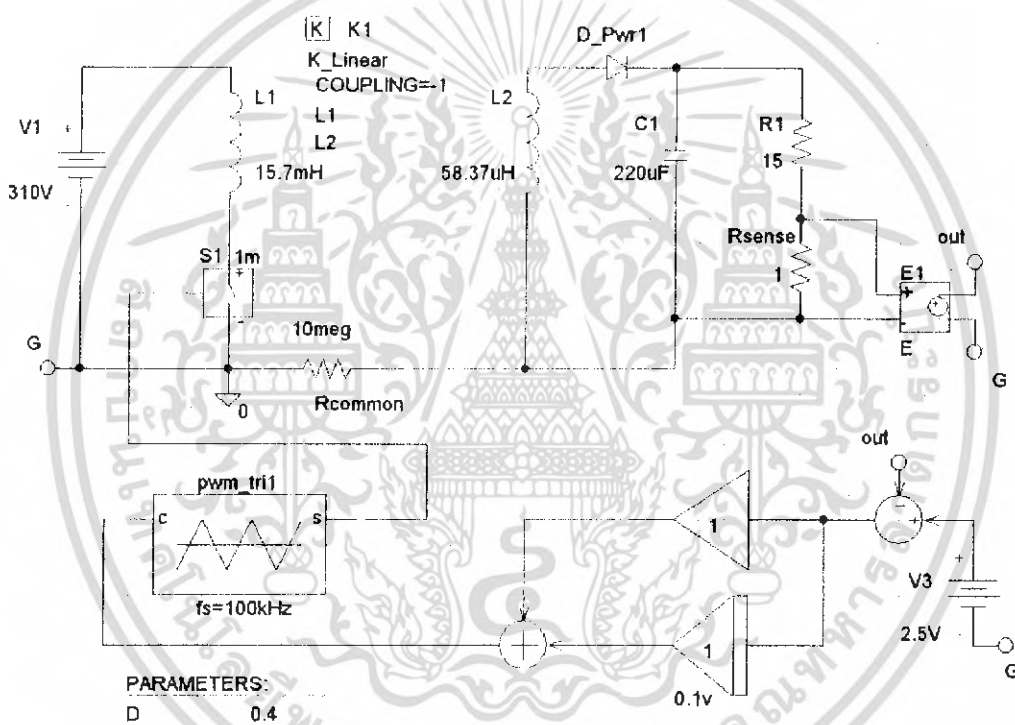
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การจำลองแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์

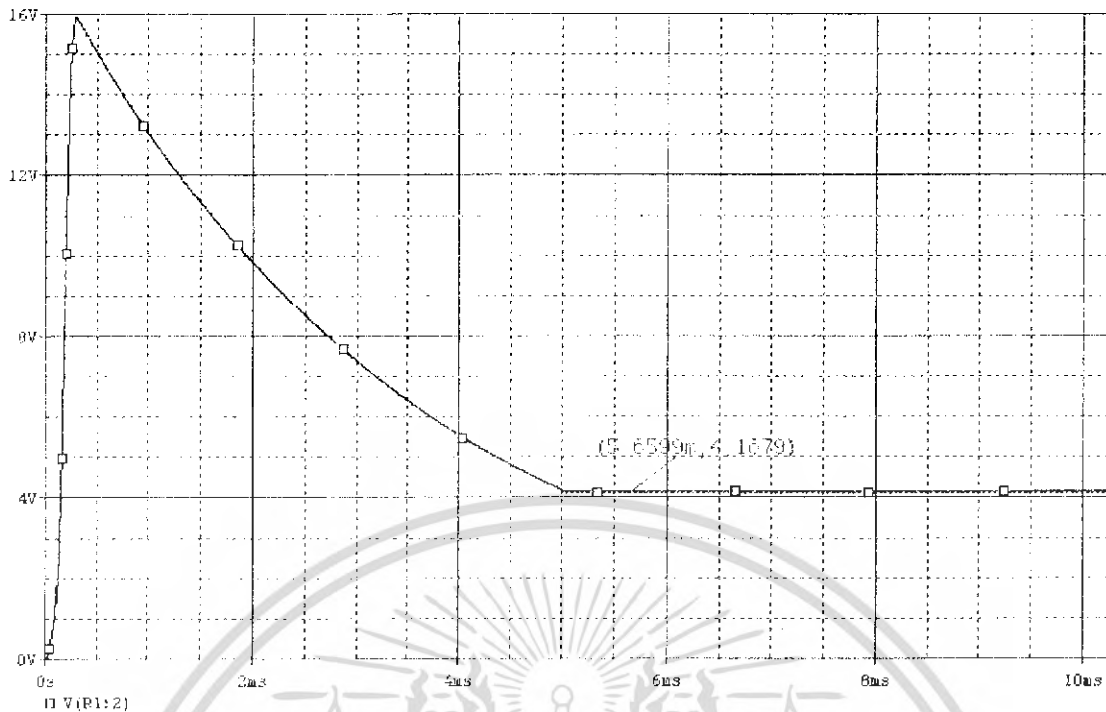
เป็นการจำลองวงจรที่ได้จากการคำนวณเพื่อให้สามารถวิเคราะห์และเปรียบเทียบสัญญาณที่ได้จากการจำลองวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4.1.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ เป็นวงจรที่ทำการรับไฟฟ้ากระแสตรงจากวงจรเรียงกระแส 310 V_{dc} จากนั้นทำการสวิตซ์ที่ความถี่ 100 kHz แล้วทำการวัดสัญญาณต่างๆ

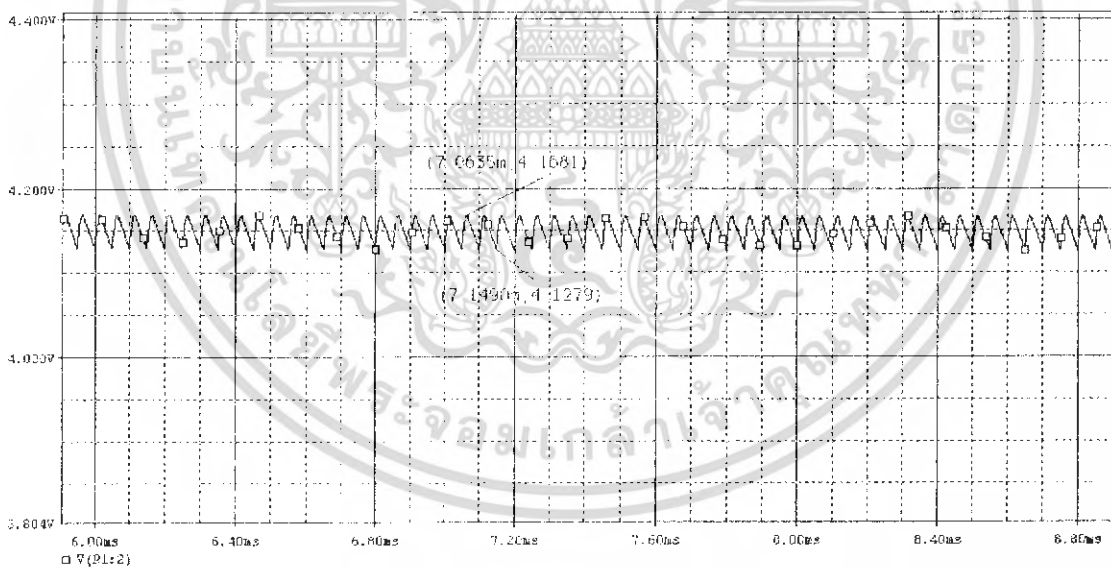


รูปที่ 4.1 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ จำลองด้วยโปรแกรม Pspice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

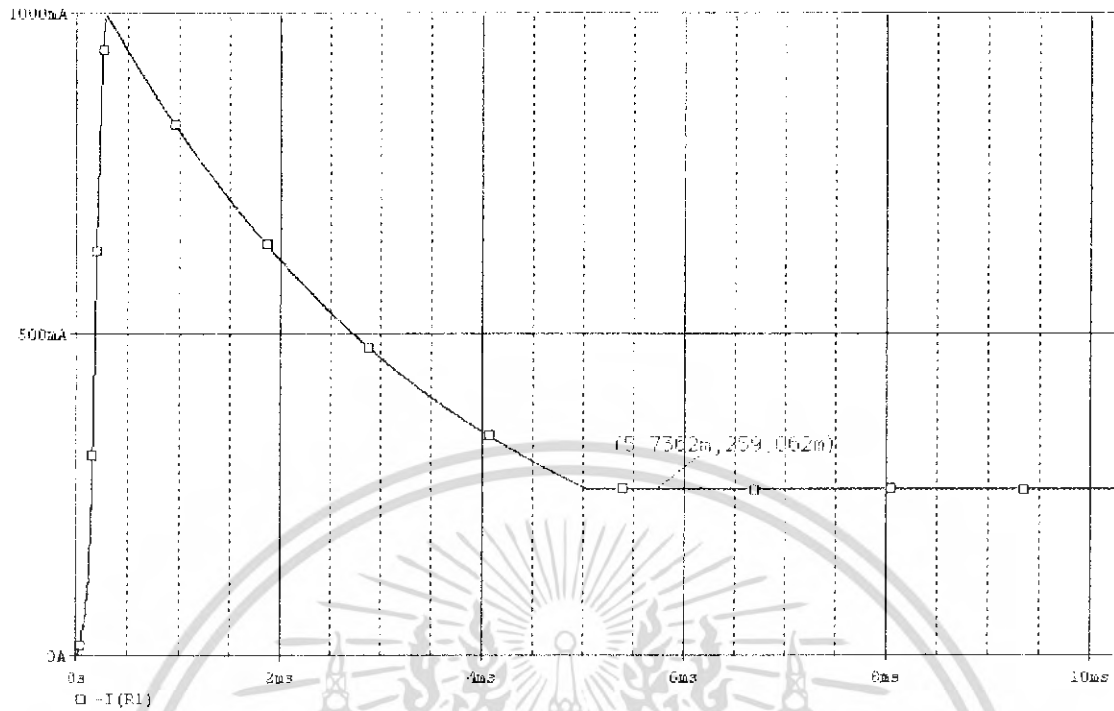


รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณแรงดันเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์
ซึ่งมีค่าประมาณ 4.16 โวลต์

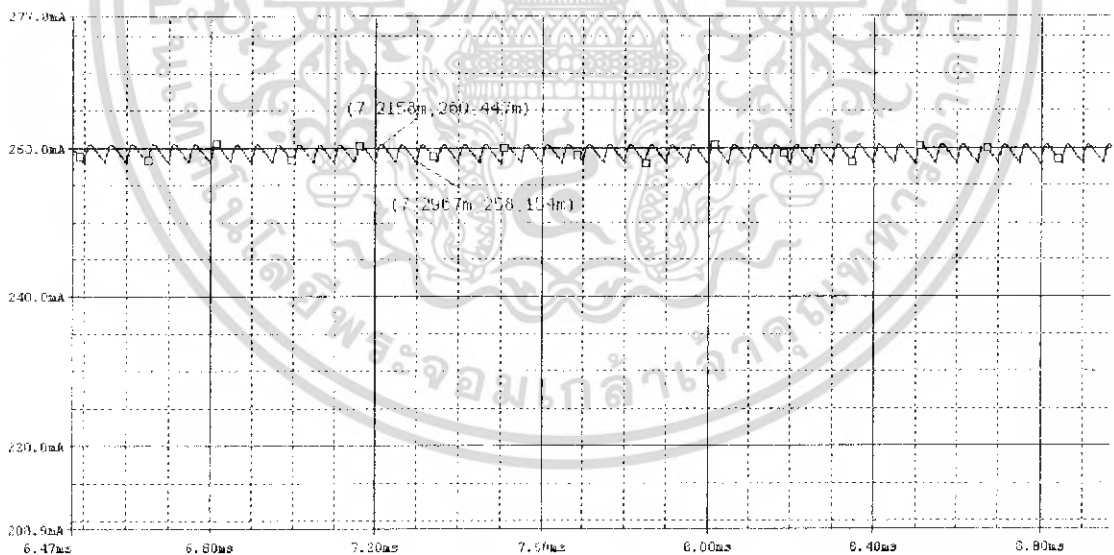


รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณระลอกคลื่นแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์
อยู่ระหว่าง 4.1279 โวลต์ ถึง 4.1681 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

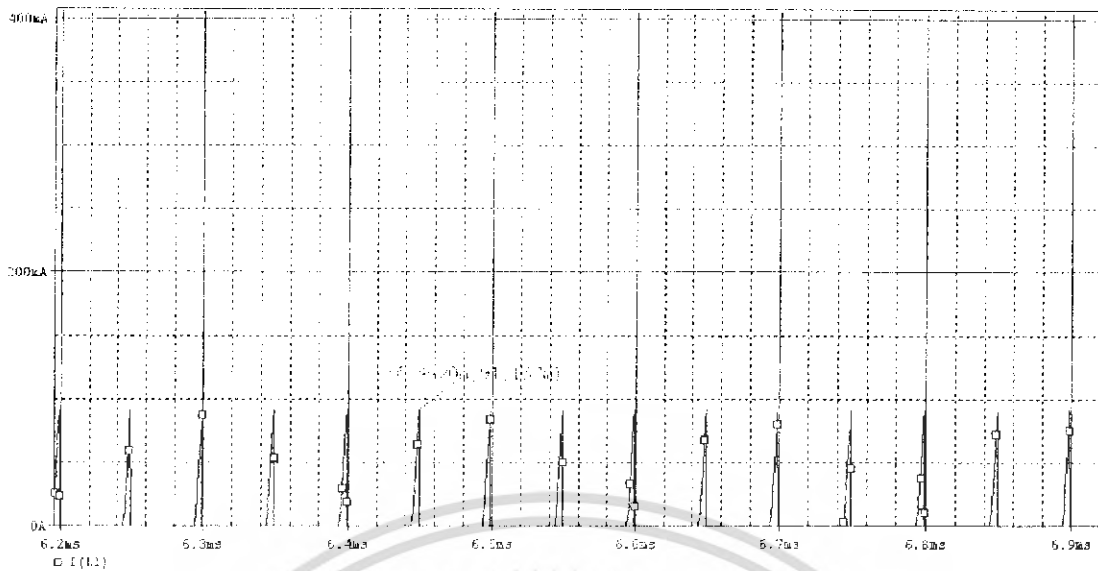


รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณกระแสเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์
ซึ่งมีค่าประมาณ 259 มิลลิแอมป์

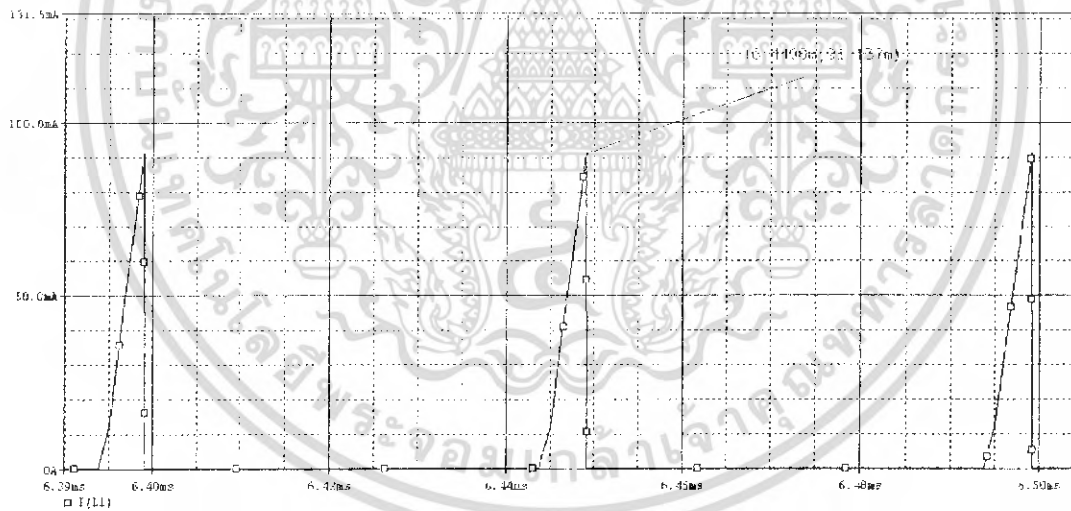


รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณระลอกคลื่นกระแสต้านเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์
อยู่ระหว่าง 258 มิลลิแอมป์ ถึง 260 มิลลิแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

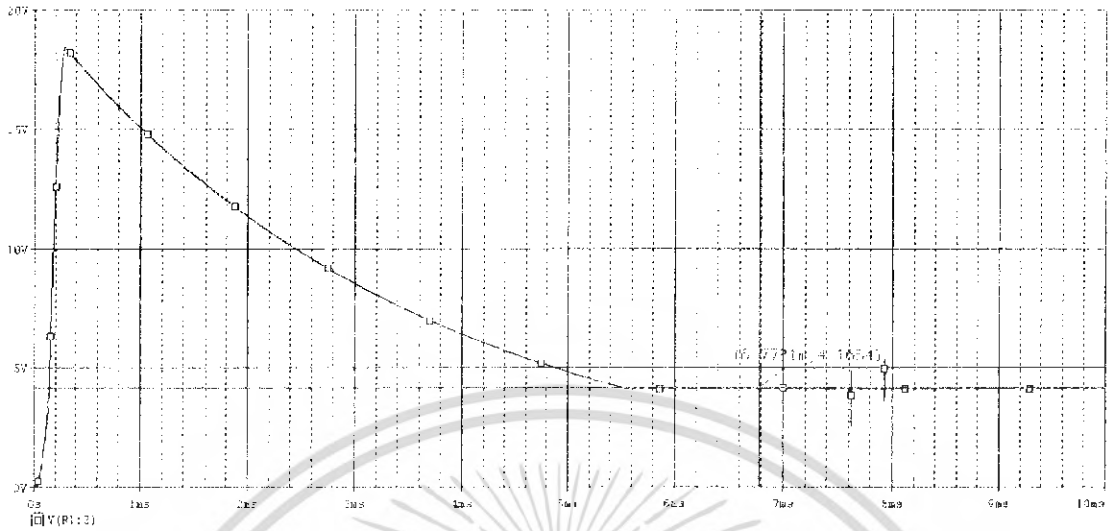


รูปที่ 4.6 สัญญาณกระแสสูงสุดที่ขดลวด L1 ด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ ซึ่งมีค่าประมาณ 91 มิลลิแอมป์ เป็นลักษณะโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง

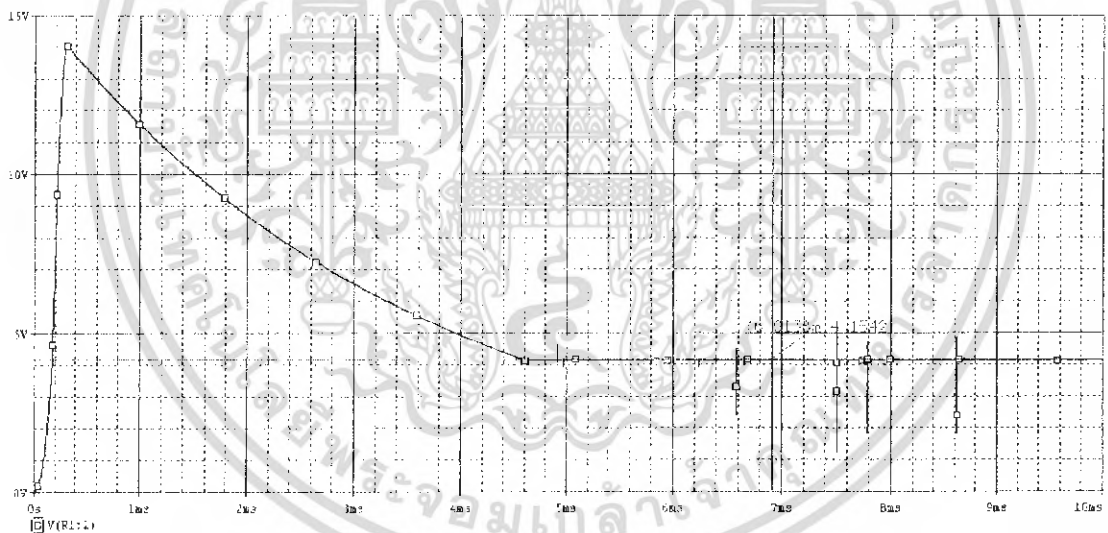


รูปที่ 4.7 สัญญาณกระแสสูงสุดที่ขดลวด L1 ด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ ซึ่งมีค่าประมาณ 91 มิลลิแอมป์ เป็นลักษณะโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 สัญญาณแรงดันแอมป์พัลส์ของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งมีค่าประมาณ 4.16 โวลต์ ที่แรงดันตรงอินพุต 373 โวลต์ มากกว่า 20% ของ 220 โวลต์



รูปที่ 4.9 สัญญาณแรงดันแอมป์พัลส์ของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งมีค่าประมาณ 4.16 โวลต์ ที่แรงดันตรงอินพุต 249 โวลต์ น้อยกว่า 20% ของ 220 โวลต์

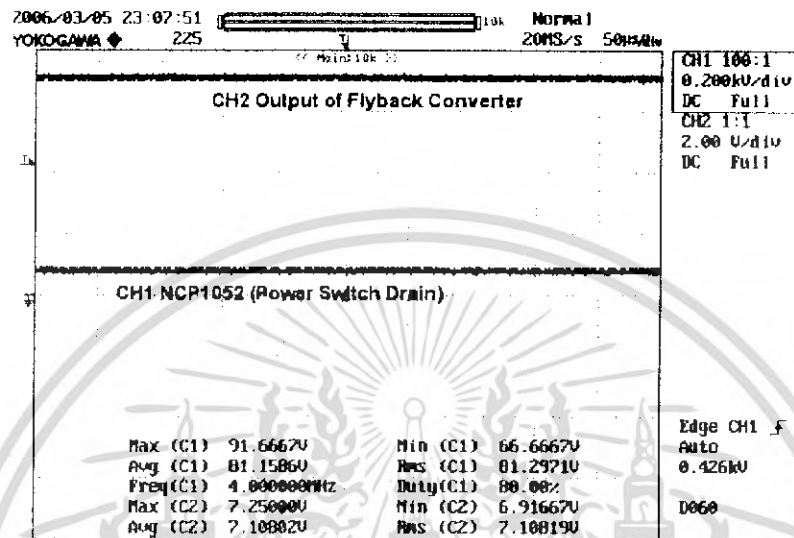
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลองจากการออกแบบสร้างวงจร

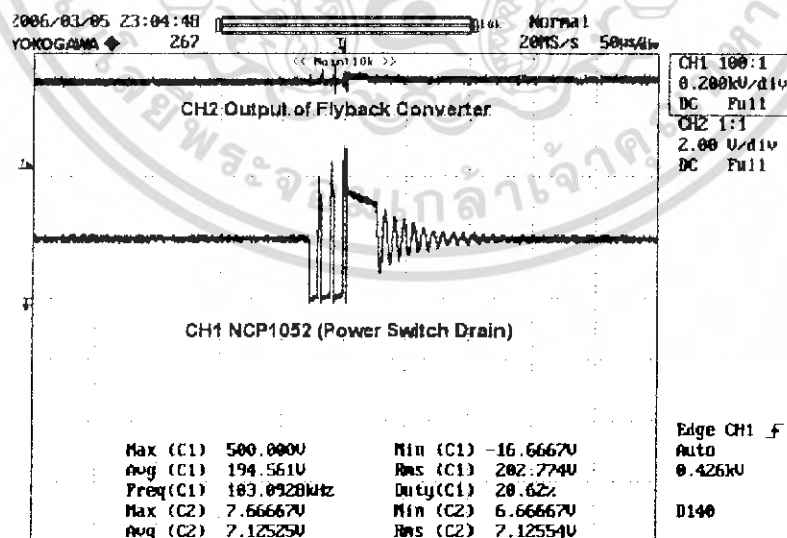
5.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

5.1.1 ผลการทดลองวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันอินพุต 60 โวลต์



รูปที่ 5.1 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันกระแสสลับอินพุต 60 โวลต์

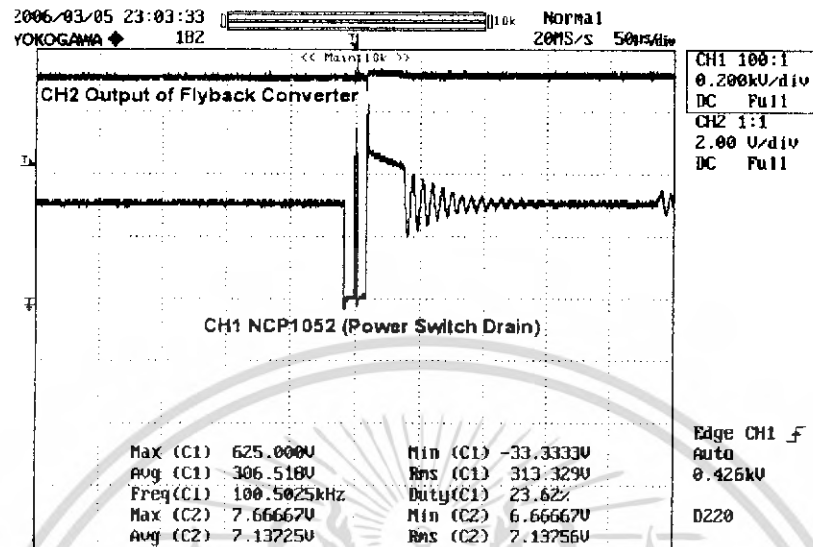
5.1.2 ผลการทดลองวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันอินพุต 140 โวลต์



รูปที่ 5.2 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด

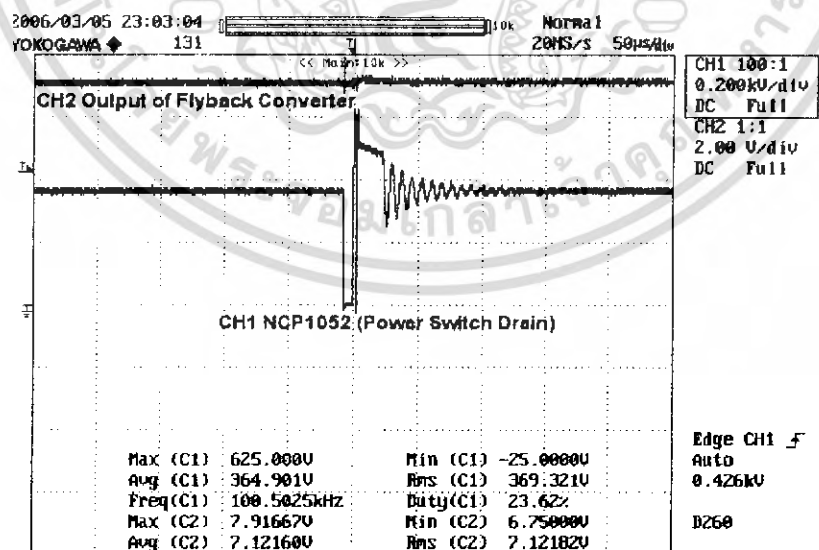
ณ แรงดันกระแสสลับอินพุต 140 โวลต์ นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ผลการทดลองวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันอินพุต 220 โวลต์



รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันกระแสสลับอินพุต 220 โวลต์

5.1.4 ผลการทดลองวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันอินพุต 260 โวลต์

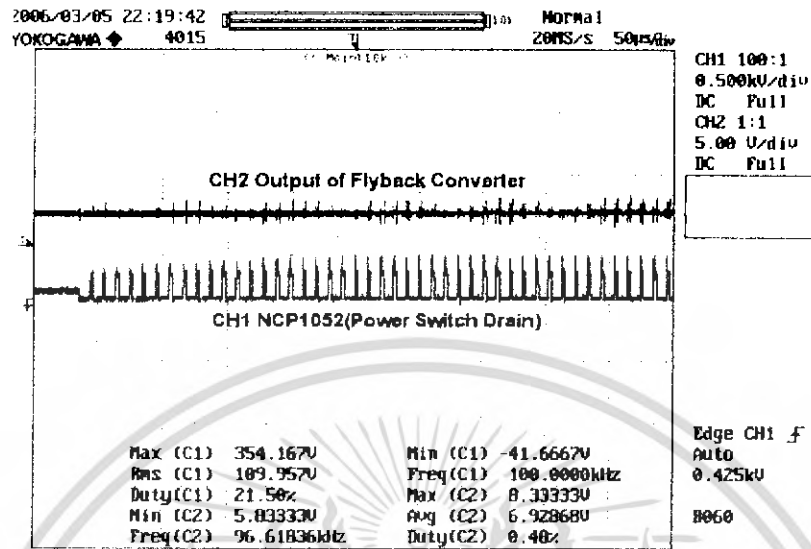


รูปที่ 5.4 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด

ณ แรงดันกระแสสลับอินพุต 260 โวลต์

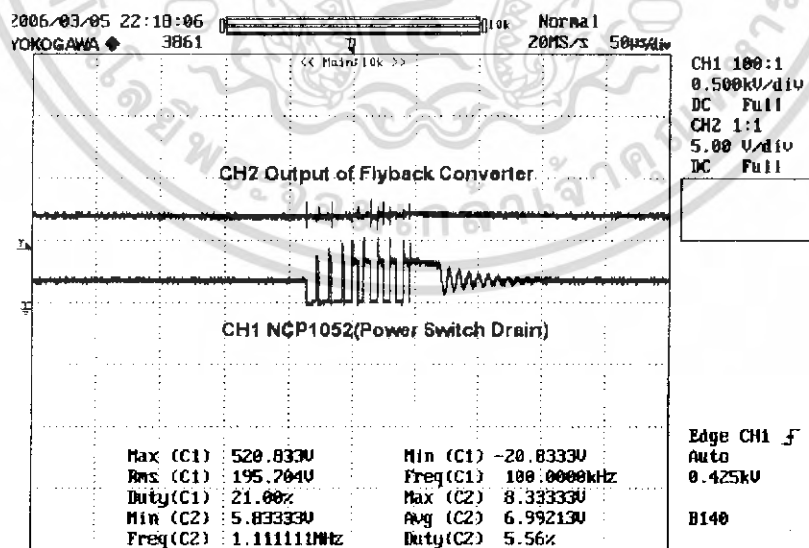
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์กับการแข่งขันเพื่อชิงรางวัลเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5 ผลการทดลองวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลดวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 60 โวลต์



รูปที่ 5.5 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลดวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 60 โวลต์

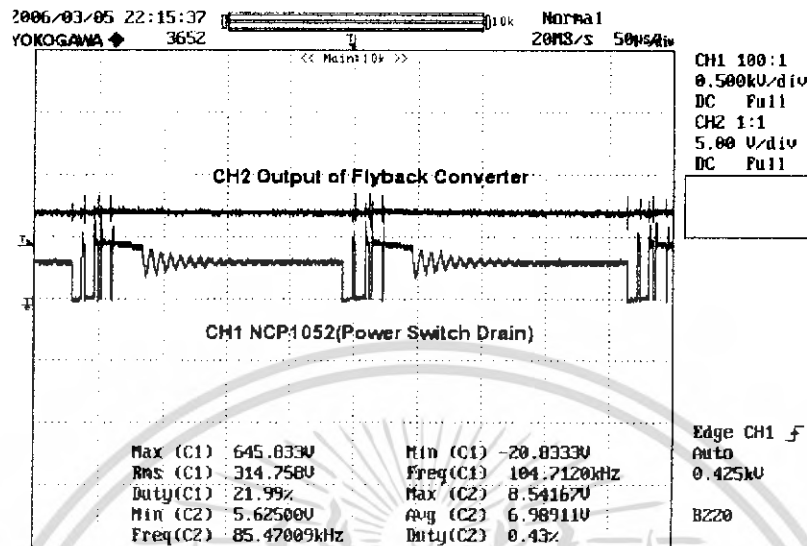
5.1.6 ผลการทดลองวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลดวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 140 โวลต์



รูปที่ 5.6 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลดวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 140 โวลต์

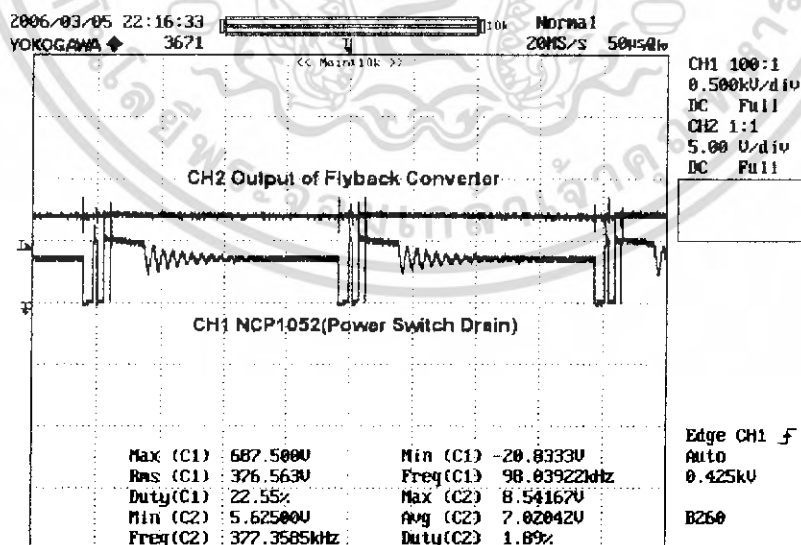
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการเรียนการสอน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.7 ผลการทดลองวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลดวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 220 โวลต์



รูปที่ 5.7 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลดวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 220 โวลต์

5.1.8 ผลการทดลองวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลดวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 260 โวลต์

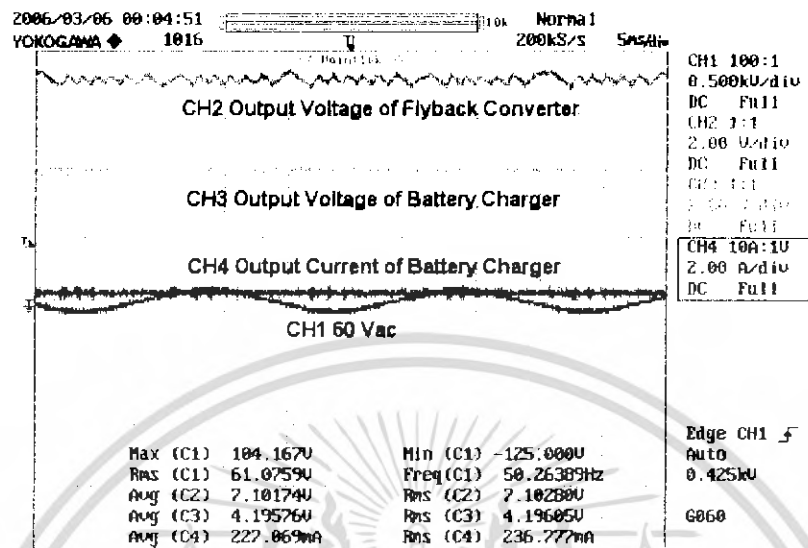


รูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลดวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 260 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

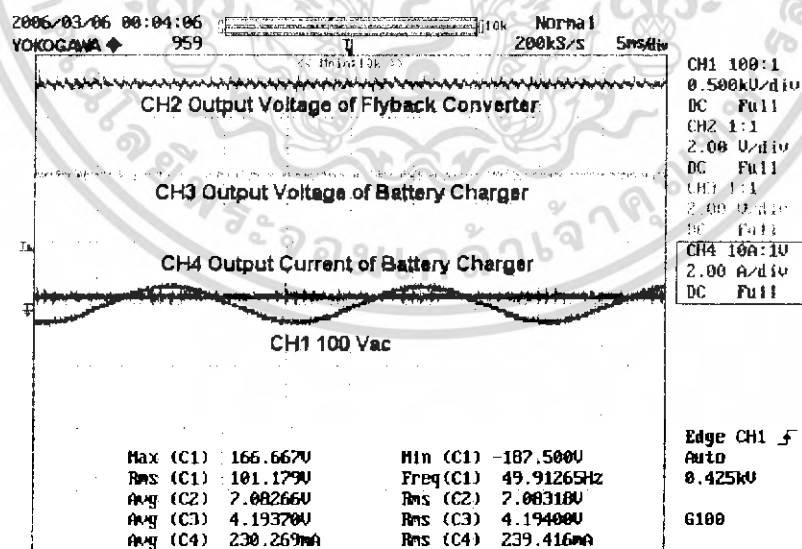
5.2 วงจรอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่

5.2.1 ผลการทดลองวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 60 โวลต์



รูปที่ 5.9 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 60 โวลต์

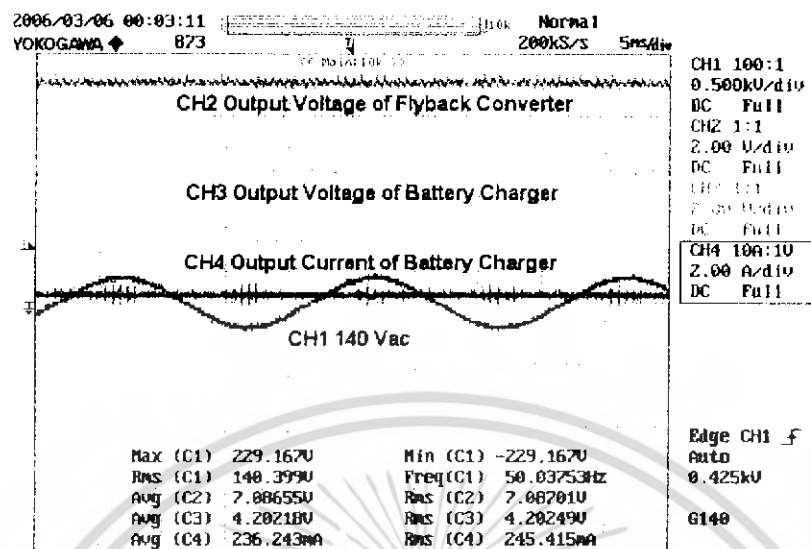
5.2.2 ผลการทดลองวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 100 โวลต์



รูปที่ 5.10 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 100 โวลต์

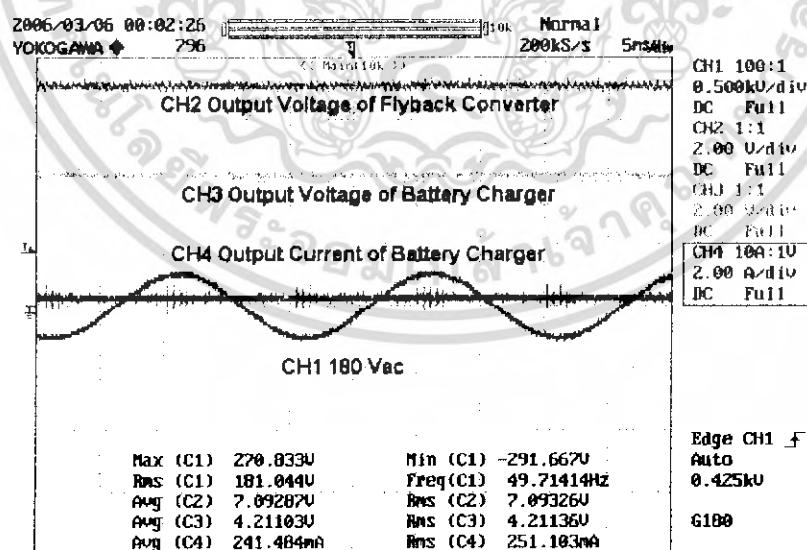
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 ผลการทดลองวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 140 โวลต์



รูปที่ 5.11 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 140 โวลต์

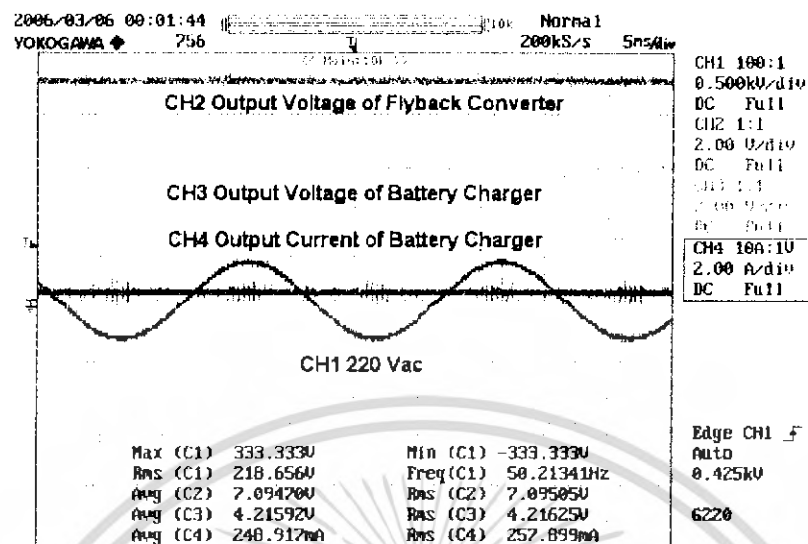
5.2.4 ผลการทดลองวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 180 โวลต์



รูปที่ 5.12 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 180 โวลต์

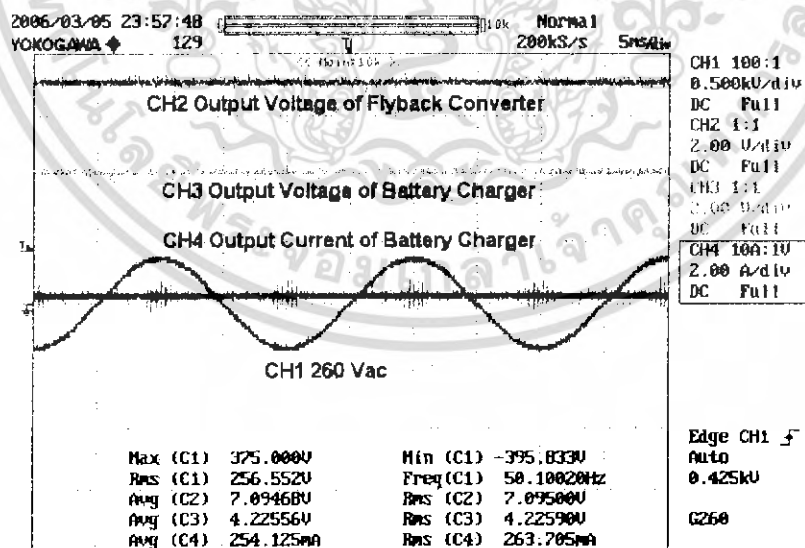
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.5 ผลการทดลองวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 220 โวลต์



รูปที่ 5.13 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 220 โวลต์

5.2.6 ผลการทดลองวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 260 โวลต์

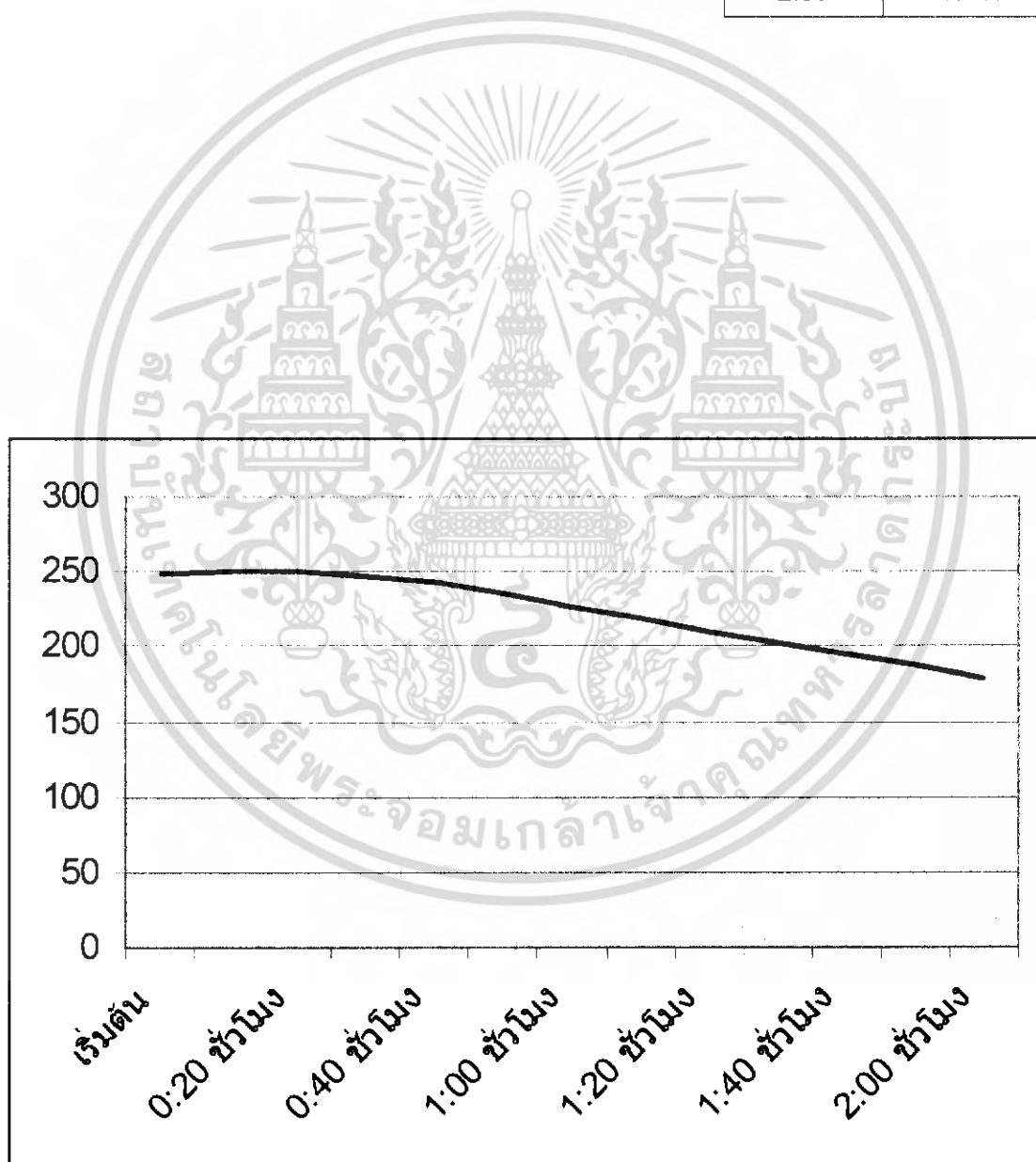


รูปที่ 5.14 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันอินพุต 260 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลของกระแสที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	กระแสอัดประจุ (มิลลิแอมป์)	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	กระแสอัดประจุ (มิลลิแอมป์)	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	กระแสอัดประจุ (มิลลิแอมป์)
เริ่มต้น	248.2	0:40	242.3	1:20	210.2
0:10	251	0:50	235.1	1:30	202.8
0:20	250.9	1:00	226.9	1:40	194.7
0:30	247	1:10	218.4	1:50	187
				2:00	179.1



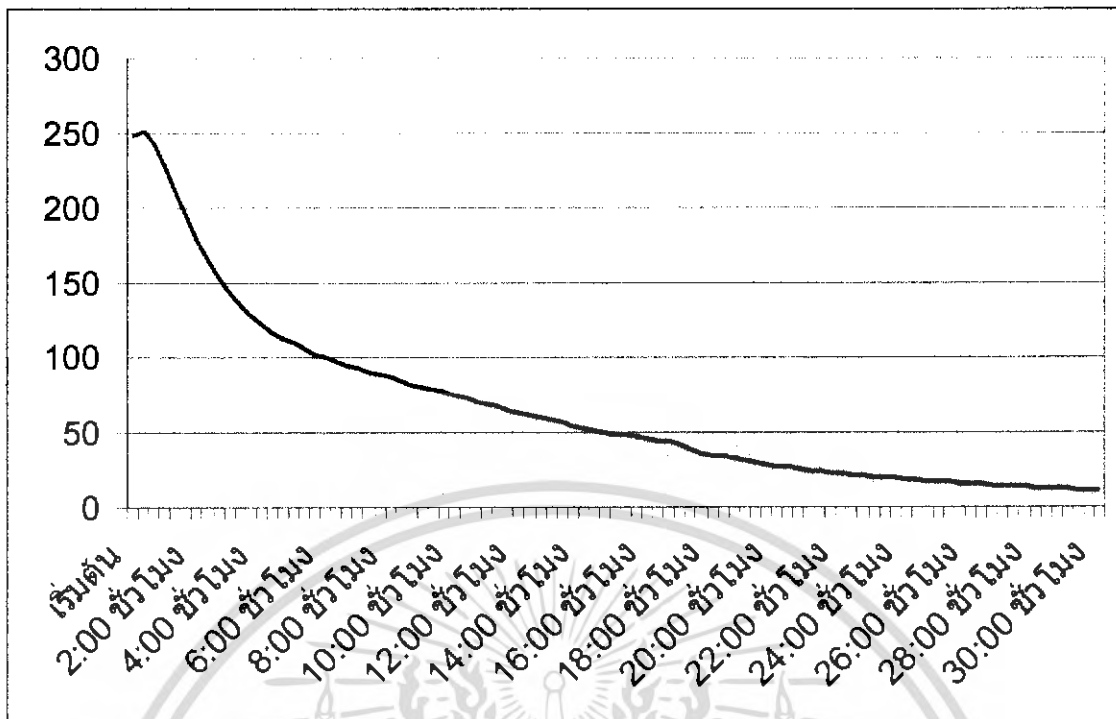
รูปที่ 5.15 แสดงข้อมูลของกระแสที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 แสดงข้อมูลของกระแสที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่จนเต็ม

เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	กระแสอัดประจุ (มิลลิแอมป์)	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	กระแสอัดประจุ (มิลลิแอมป์)	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	กระแสอัดประจุ (มิลลิแอมป์)
เริ่มต้น	248.2	10:00	74.5	20:00	27.8
0:20	250.9	10:20	72.4	21:20	26.8
0:40	242.3	10:40	70.5	21:40	25.8
1:00	226.9	11:00	68.4	21:00	24.6
1:20	210.2	11:20	66.7	21:20	23.9
1:40	194.7	11:40	64.9	21:40	23.2
2:00	179.1	12:00	63.4	22:00	22.4
2:20	165.8	12:20	61.9	22:20	21.8
2:40	154.2	12:40	60.2	22:40	21.2
3:00	144.2	13:00	58.4	23:00	20.5
3:20	135.8	13:20	56.6	23:20	20
3:40	128.6	13:40	54.8	23:40	19.3
4:00	122.6	14:00	53	24:00	18.9
4:20	117.4	14:20	51.5	24:20	18.2
4:40	113.2	14:40	49.8	24:40	17.7
5:00	109.5	15:00	48.9	25:00	17.2
5:20	106.1	15:20	48	25:20	16.7
5:40	101.5	15:40	47.3	25:40	16.3
6:00	99.3	16:00	46.2	26:00	15.8
6:20	96.7	16:20	44.9	26:20	15.3
6:40	94.6	16:40	43.6	26:40	14.8
7:00	92.7	17:00	41	27:00	14.5
7:20	90.7	17:20	38.2	27:20	14.1
7:40	88.8	17:40	36	27:40	13.7
8:00	86.9	18:00	34.6	28:00	13.3
8:20	84.3	18:20	33.7	28:20	13
8:40	82.1	18:40	32.3	28:40	12.6
9:00	80.3	19:00	31.2	29:00	12.4
9:20	78.3	19:20	30.1	29:20	12.1
9:40	76.5	19:40	29.2	29:40	11.9
10:00	74.5	20:00	27.8	30:00	11.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.16 แสดงข้อมูลของกระแสที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่จนเต็ม

โดยที่

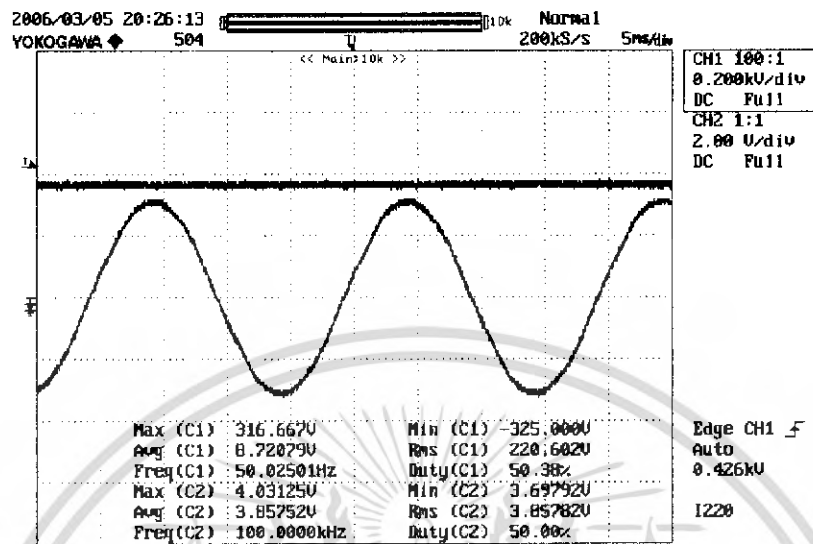
แรงดันของแบตเตอรี่ก่อนอัดประจุไฟฟ้า(แบตเตอรี่) เท่ากับ 3.2 โวลต์

แรงดันของแบตเตอรี่หลังอัดประจุไฟฟ้า(แบตเตอรี่) เท่ากับ 4.2 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 วงจรออฟไลน์

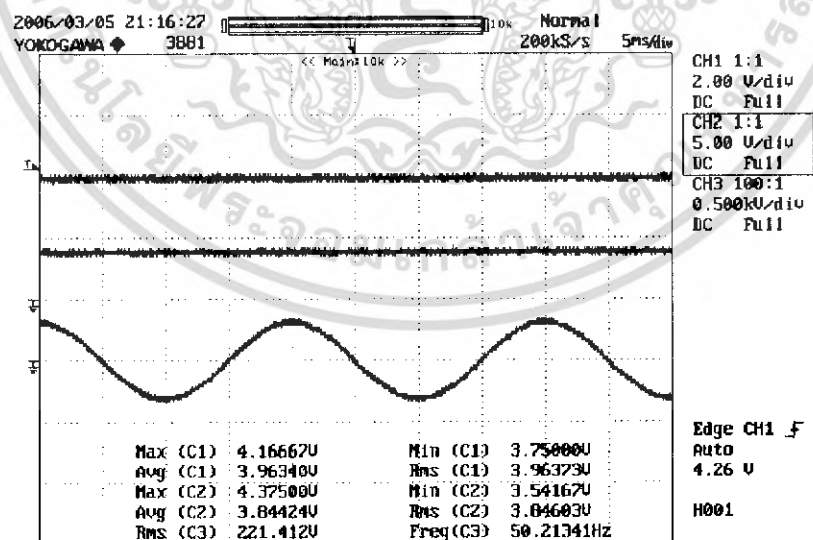
5.3.1 ผลการทดลองวงจรออฟไลน์ ณ แรงดันอินพุต 220 โวลต์



รูปที่ 5.17 แสดงสัญญาณจากวงจรออฟไลน์ ณ แรงดันอินพุต 220 โวลต์

5.4 วงจรขับหลอด

5.4.1 ผลการทดลองวงจรขับหลอด

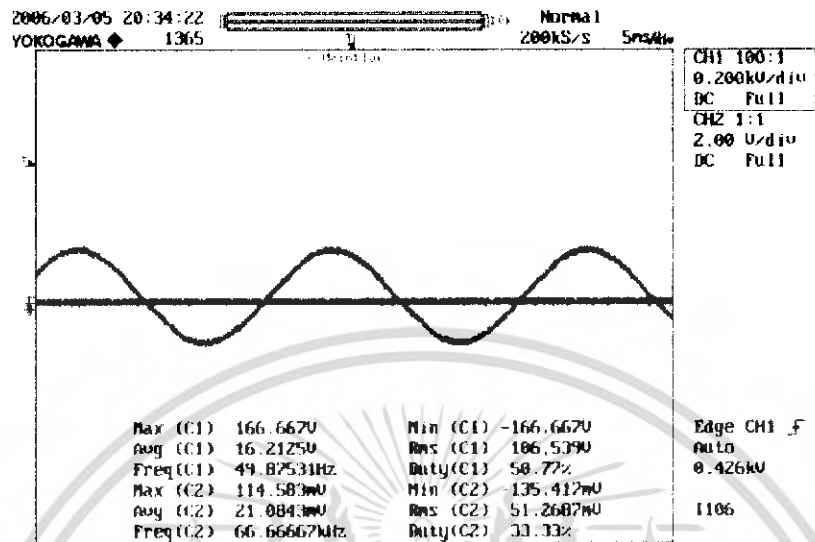


รูปที่ 5.18 แสดงสัญญาณจากวงจรขับหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

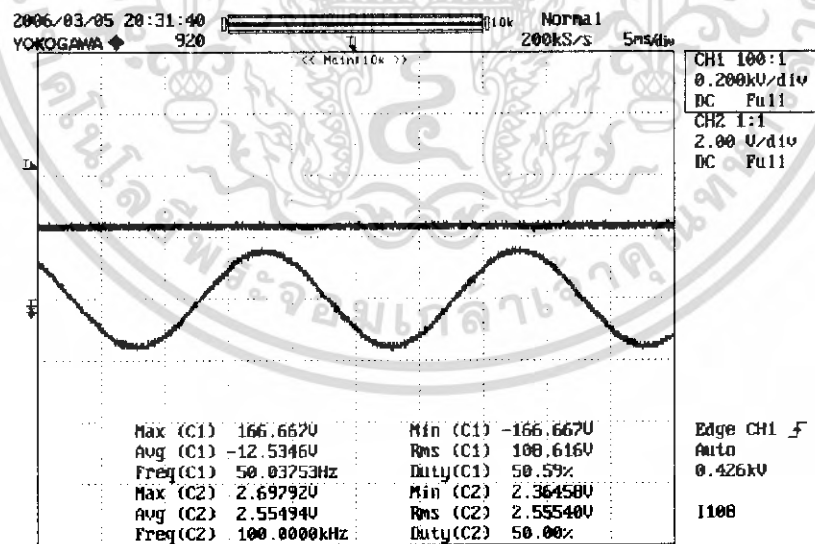
5.5 วงจรตรวจจับแรงดัน

5.5.1 ผลการทดลองตรวจจับแรงดัน ณ แรงดันที่รีเลย์ยังไม่เปลี่ยนสถานะหน้าคอนแทคเตอร์



รูปที่ 5.19 แสดงสัญญาณจากรีเลย์ที่ใช้ตรวจจับแรงดัน ณ แรงดันอินพุต 106 โวลต์

5.5.2 ผลการทดลองตรวจจับแรงดัน ณ แรงดันที่รีเลย์เปลี่ยนสถานะหน้าคอนแทคเตอร์แล้ว



รูปที่ 5.20 แสดงสัญญาณจากรีเลย์ที่ใช้ตรวจจับแรงดัน ณ แรงดันอินพุต 108 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

วิจารณ์และบทสรุป

โครงการนี้เป็นการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับหลักการทำงานของและส่วนประกอบของไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง จากหลักการทำงานของแหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งหรือวงจรแปลงผันกระแสไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงชนิดต่างๆ จึงสามารถสรุปได้ว่าวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์เป็นวงจรที่มีขนาดเล็ก มียานการทำงานที่พิกัดกำลังไฟฟ้าต่ำ เหมาะสมกับการเลือกนำมาประยุกต์ใช้งานเพื่อรักษาระดับแรงดันและควบคุมกระแสเพื่อจ่ายให้กับวงจรอัดประจุไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ในการสำรองพลังงาน เพื่อทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ไฟฟ้าขัดข้องให้กับวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงที่นำเอาวงจรบูสต์คอนเวอเตอร์มาทบทระดับแรงดันให้เหมาะสมกับการใช้งานของหลอดต่อไป

หลักการออกแบบวงจร

- วงจรขับหลอดและหลอดแอลอีดีกำลังสูง เป็นการนำหลอดแอลอีดีกำลังสูงขนาด 1 วัตต์ต่อหลอด ที่ให้แสงสีขาว มีลักษณะการกระจายแสงแบบ Lambertian จำนวน 4 หลอดมีค่าฟลักซ์ส่องสว่างสูงสุด 40 ลูเมนต่อวัตต์ จากข้อมูลของวงจรขับหลอดโดยใช้ไอซี SP6641B ซึ่งเป็นวงจรที่ให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ 5 โวลต์ และขนาดของกระแสรวมสูงสุดที่ใช้ในการขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงทั้ง 4 หลอดมีค่าประมาณ 2400 มิลลิแอมป์ เนื่องจากแบตเตอรี่ทั้ง 3 ก้อนที่อัดประจุจนเต็ม แล้วนำไปใช้งานจะมีระดับแรงดันรวมประมาณ 4.2 โวลต์ โดยวงจรขับหลอด 1 วงจรจะทำการขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงได้เพียง 1 หลอดเนื่องจากผลของแรงดันและกระแสตรงคร่อมหลอด
- การอัดประจุไฟฟ้าและแบตเตอรี่ เป็นการใช้งานแบตเตอรี่ชนิด NiMH ที่มีข้อดีคือความจุมีขนาดมากถึง 2500 มิลลิแอมป์-ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าหากนำไปใช้สำรองพลังงานก็จะสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ซึ่งมีพิกัดแรงดันปกติ 1.2 โวลต์ต่อก้อน แต่เมื่อนำมาทำการอัดประจุทั้ง 3 ก้อนจนเต็มแล้ว จะมีขนาดแรงดันรวมของแบตเตอรี่เท่ากับ 4.2 โวลต์ และแรงดันรวมในสภาวะแบตเตอรี่หมดเท่ากับ 3.2 โวลต์ ขนาดของกระแสอัดประจุที่เลือกออกแบบมาใช้งานคือ 0.1 ของความจุ หรือประมาณ 250 มิลลิแอมป์ ซึ่งทำการอัดประจุแบบแรงดันคงที่และควบคุมกระแสเพราะช่วงที่แบตเตอรี่หมดค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่จะต่ำ ทำให้กระแสในการอัดประจุจะมีค่าสูง จึงต้องมีการควบคุมขนาดกระแสในช่วงเริ่มทำการอัดประจุ โดยใช้ LM 317T เพื่อทำการรักษาระดับแรงดันและควบคุมกระแสให้เหมาะสม โดยทำการรับกระแสไฟฟ้าจากเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์
- วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ เป็นแหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งที่ให้ระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ โดยจากการออกแบบกำหนดให้ระดับแรงดันสามารถเปลี่ยนแปลงได้ $\pm 20\%$ ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันอินพุต 220 โวลต์ แรงดันเอาต์พุต 4 โวลต์ กระแสเอาต์พุต 250 มิลลิแอมป์ นั่นคือมีขนาดพิกัดกำลังเอาต์พุต 1 วัตต์ แล้วทำการหาค่าความเหนี่ยวนำทั้งทางต้านปฏิกิริยาและต้านขั้วขั้วของหม้อแปลงความถี่สูงเพื่อทำเลือกขนาดของเส้นลวดทองแดงให้สามารถทนกระแสสูงสุดในการใช้งานได้ซึ่งกระแสสูงสุดทางด้านอินพุตที่ได้จากการออกแบบมีค่าเท่ากับ 42.7 มิลลิแอมป์ จึงเลือกใช้ไอซี NCP 1052 มาทำหน้าที่สวิตซ์ซึ่งที่ความถี่ 100 kHz (เนื่องจากการใช้งานที่ความถี่สูง ๆ กระแสจะต่ำ ทำให้ขนาดหม้อแปลงมีขนาดลดลง แต่จะมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น สามารถทำการแก้ไขได้โดยการติดตั้งฟิลเตอร์ทางด้านอินพุตของวงจร) พิกัดการทนแรงดันและกระแสสูงสุดเท่ากับ 700 โวลต์ และ 300 มิลลิแอมป์ ตามลำดับและสามารถหยุดการทำงานได้หากแรงดันมีขนาดมากเกินไปโดยโฟโต-คอปเปอร์ทริกให้สัญญาณขาตรงไหลลงกราวด์ จากนั้นจึงออกแบบวงจรสับเบอร์เพื่อป้องกันแรงดันเกินในช่วงเวลาของการสวิตซ์ซึ่งต่อไป

- วงจรตรวจจับแรงดันและวงจรออฟไลน์ เป็นการออกแบบโดยใช้หม้อแปลงลดระดับแรงดันผ่านวงจรแรงกระแส และรักษาระดับแรงดันคงที่ 5 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับคอยล์ของรีเลย์ คือเมื่อมีไฟเลี้ยงคอยล์ของรีเลย์หน้าคอนแทคเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับแบตเตอรี่จะเปิดอยู่ กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไม่สามารถไหลไปยังวงจรขับหลอดได้ แต่เมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องหรือไม่มีไฟฟ้าไปเลี้ยงคอยล์ของรีเลย์ หน้าคอนแทคเตอร์ก็จะทำการปิดวงจร ทำให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังหลอดแอลอีดีกำลังสูงได้นั่นเอง ส่วนวงจรออฟไลน์ ทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กับวงจรขับหลอดแทนแบตเตอรี่ในสภาวะปกติ ซึ่งต้องออกแบบขนาดแรงดันให้มีค่าใกล้เคียงกับแบตเตอรี่ที่สุดเพราะหากต้องทำงานไปใช้งานร่วมกันจะได้มีความแตกต่างของความสว่างน้อยที่สุด

ผลการจำลองวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นการจำลองผลที่ได้จากออกแบบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ก่อนการสร้างวงจรจริง ซึ่งทำการทดสอบ ณ แรงดัน $\pm 20\%$ ของแรงดันอินพุต 220 โวลต์ ระดับแรงดันที่ทำการออกแบบมีค่าใกล้เคียงกันคือแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 4 โวลต์ และกระแสเอาต์พุตเท่ากับ 250 มิลลิแอมป์

ผลการทดลองการสร้างวงจรจริง

- วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์และวงจรอัดประจุไฟฟ้า หลังจากการจำลองแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และนำมาออกแบบสร้างวงจรจริง จึงต้องเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นเป็น 7 โวลต์ เพราะต้องการอัดประจุที่แรงดันไฟฟ้าประมาณ 4 โวลต์ กระแสอัดประจุ 250 มิลลิแอมป์ แต่เนื่องจากต้องมีผลความต่างของแรงดันทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของ LM317T ประมาณ 3 โวลต์ขึ้นไป จึงต้องเพิ่มแรงดันทางด้านเอาต์พุตตามหลักการโวลต์เดจดีไวเซอร์ ให้ได้ค่าประมาณ 7 โวลต์ ก่อนนำไปจ่ายให้กับวงจรอัดประจุไฟฟ้า หลังจากนั้นทำการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดัน $\pm 20\%$ โดยใช้โอโตทรานฟอร์มเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งทำการวัดค่าแล้วมีระดับการอัดประจุด้วยแรงดันและกระแสใกล้เคียงกัน เป็นค่าที่ยอมรับได้คือ ประมาณ 4.2 โวลต์ และ 250 มิลลิแอมป์

- วงจรขับหลอด เมื่อนำวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์โดยใช้ SP6641B ไปใช้ในการขับหลอดจะได้แรงดันเอาต์พุตคงที่ 5 โวลต์ แต่เมื่อทำการต่อหลอด แรงดันที่ตกคร่อมหลอดแอลอีดีเท่ากับ 3.6 โวลต์ 600 มิลลิแอมป์ต่อหลอด โดยนำทั้ง 4 หลอดมาต่ออนุกรมกับวงจรขับหลอดที่ทำการขนานวงจรมาจากแบตเตอรี่
- วงจรตรวจจับแรงดันและวงจรออฟไลน์ ทำการรับกระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงและวงจรเรียงกระแสเดียวกันหลังจากนั้นจึงขนานวงจรเพื่อทำการรักษาระดับแรงดันที่มีค่าต่างกันคือ 5 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับคอยล์ของรีเลย์ซึ่งจากการทดลองลดระดับแรงดันลงเรื่อยๆ แสดงให้เห็นว่าคอนแทคเตอร์ของรีเลย์จะปิดหรือแบตเตอรี่จะสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังวงจรขับได้เมื่อระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบต่ำกว่า 108 โวลต์ ส่วนวงจรออฟไลน์ก็สามารถทำได้โดยการรักษากระดับแรงดันให้ใกล้เคียงกับสภาวะปกติของแบตเตอรี่คือประมาณ 4 โวลต์ แล้วจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรขับหลอดเช่นเดียวกัน แต่ในการทดลอง แสดงให้เห็นว่าวงจรออฟไลน์ยังไม่สามารถนำมาใช้งานได้ ด้วยข้อจำกัดของกระแสพิกัดของหม้อแปลงและเรกูเลเตอร์ ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มพิกัดของหม้อแปลงและเรกูเลเตอร์ให้มีขนาดพิกัดมากขึ้น

จากการศึกษาและออกแบบสร้างไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูงทำให้ได้เครื่องต้นแบบ ที่สามารถให้แสงสว่างและจำลองการทำงานได้ในระดับหนึ่ง หากต้องการความสว่างที่มากกว่านี้ก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มจำนวนหลอดหรือเปลี่ยนไปใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูงที่ให้ค่าฟลักซ์ส่องสว่างสูงขึ้น ซึ่งจะต้องออกแบบวงจรให้สามารถรองรับพิกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ใช้งานได้และจะต้องเพิ่มขนาดแบตเตอรี่ที่จะใช้สำรองพลังงาน ทำให้วงจรมีขนาดใหญ่และมีต้นทุนที่สูงขึ้น ปัจจุบันเทคโนโลยีกำลังพัฒนาไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว ซึ่งในอนาคตหลอดแอลอีดีกำลังสูงก็สามารถพัฒนาให้มีค่าฟลักซ์ส่องสว่างที่สูงขึ้นเกิดการแข่งขันทางการตลาดที่มากขึ้น ราคาของหลอดเองก็จะลดลง ซึ่งปัจจุบันเริ่มมีผู้ที่สนใจการนำหลอดชนิดนี้ไปใช้งานเป็นจำนวนมากทั้งการให้แสงสว่างทั่วไปหรือในการตกแต่งสถานที่ให้มีสีสันน่ามอง และที่สำคัญอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก็จะมีขนาดเล็กลงไปด้วยในอนาคต ดังนั้นไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูงก็เป็นอีกหนึ่งตัวอย่างที่น่าสนใจจะนำไปใช้งาน แต่ต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่ วสท. กำหนดไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างไฟฟ้าฉุกเฉินตามมาตรฐานของ วสท.
และไฟฟ้าฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง

ข้อกำหนดตามมาตรฐานของ วสท.	ไฟฟ้าฉุกเฉินตามมาตรฐานของ วสท.	ไฟฟ้าฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง
<p>โคมไฟฉุกเฉิน</p> <ul style="list-style-type: none"> - ชนิดของโคม - ความส่องสว่างขั้นต่ำของทางหนีภัยที่จุดใดๆ ณ ความสูงติดตั้ง 2 เมตร - ช่วงเวลาการส่องสว่าง อนุโลมให้ลดลงได้เหลือไม่น้อยกว่า 60% ของระดับความส่องสว่างเริ่มแรก - ระยะเวลาที่โคมไฟฉุกเฉินต้องให้ปริมาณแสงออกมาเต็มพิกัด หลังจากที่แหล่งจ่ายไฟปกติล้มเหลว - ชนิดของแบตเตอรี่ เป็นชนิดที่ไม่ต้องบำรุงรักษา (Maintenance Free) <p>เครื่องอัดประจุ</p> <ul style="list-style-type: none"> - ระยะเวลาที่ใช้ในการอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ได้เต็ม <p>เครื่องป้องกัน</p> <ul style="list-style-type: none"> - เครื่องป้องกันกระแสไฟเกินตัวนำไฟเข้า - การปลดแบตเตอรี่ออกจากระบบเมื่อแรงดันแบตเตอรี่ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด 1 โวลต์ (นิกเกิลแคดเมียม) 	<p>หลอดฮาโลเจน</p> <p>ไม่น้อยกว่า 0.5 ลักซ์ (วสท.)</p> <p>ไม่น้อยกว่า 10 ลักซ์ (กฎกระทรวง)</p> <p>ไม่น้อยกว่า 1.5 ชั่วโมง (วสท.)</p> <p>ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง (กฎกระทรวง)</p> <p>60 วินาที</p> <p>นิกเกิลแคดเมียม หรือ ตะกั่วกรด</p> <p>ไม่เกิน 24 ชั่วโมง</p> <p>มี</p> <p>มี</p>	<p>หลอดแอลอีดีกำลังสูง</p> <p>N/A</p> <p>ประมาณ 1 ชั่วโมง เพิ่มเติมแบตเตอรี่ อีก 1 ชุด เข้าไป</p> <p>น้อยกว่า 1 วินาที</p> <p>นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์</p> <p>ประมาณ 17 ชั่วโมง แต่สามารถลดเวลาในการอัดประจุได้โดยการเพิ่มขนาดกระแสในการอัดประจุให้มีค่ามากขึ้น</p> <p>มี (ฟิวส์)</p> <p>ไม่มี</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อื่นๆ		
- ระยะเวลาในการเปลี่ยนจากแหล่งจ่ายไฟปกติมาเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินอย่างสมบูรณ์	ภายใน 5 วินาที	น้อยกว่า 1 วินาที
- ไฟแสดงสถานะ		
หลอดไฟแสดงการจ่ายไฟเข้า	มี	มี
หลอดไฟแสดงสถานะการอัดประจุ	มี	ไม่มี แต่สามารถทำการเพิ่มเข้าไปได้
หลอดไฟแสดงการล้มเหลวของระบบ	มี	ไม่มี แต่สามารถทำการเพิ่มเข้าไปได้ หลังจากทำการติดตั้งวงจรทดสอบระบบ
- อุปกรณ์สำหรับทดสอบระบบ	มี	ไม่มี แต่สามารถใช้สวิตช์เปิด - ปิด ทำการทดสอบระบบได้

อุปสรรคในการทำงาน

- ถึงแม้ว่าหลอดแอลอีดีจะมีค่าลูเมนต่อวัตต์สูง แต่ก็ยังให้ความสว่างที่น้อยกว่ามาตรฐานเนื่องจากว่ามีกำลังวัตต์ที่ต่ำ เมื่อเทียบกับหลอดฮาโลเจน ดังนั้นค่าความสว่างที่ได้จึงมีค่าที่น้อยกว่า แต่สามารถเพิ่มค่าความสว่างได้โดยการเพิ่มจำนวนหลอดให้มากขึ้น
- เนื่องจากหลอดแอลอีดีนั้นมีความต้องการกระแสที่สูงพอสมควร ทำให้ในการออกแบบวงจรออฟไลน์นั้น ต้องเลือกอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการจ่ายกระแสได้สูงๆ แต่ค่ากระแสนั้นจะทำให้เกิดความสูญเสียบนตัวหม้อแปลง ความสูญเสียบนวงจรต่างๆ ได้ ซึ่งในโครงการเราได้ทำการเลือกหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กเกินไป ทำให้ไม่สามารถจ่ายกระแสสูงให้กับหลอดแอลอีดีได้อย่างเพียงพอ จึงไม่สามารถใช้งานวงจรออฟไลน์ได้

แนวทางในการพัฒนาปริญญาโทขั้นต่อไป

- ค่าความสว่างที่ได้จากไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูงนั้นยังมีค่าที่น้อยอยู่ ดังนั้นเราสามารถนำไปพัฒนาต่อได้ โดยการเพิ่มค่าความสว่างให้มีค่าตามที่มาตรฐานกำหนด ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเพิ่มจำนวนหลอดให้มากขึ้นเปรียบเสมือนเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มค่าลูเมนให้มากขึ้น หรืออาจจะทำการเปลี่ยนหลอดแอลอีดีชนิดที่ให้ค่าลูเมนต่อวัตต์ที่สูงกว่าที่ใช้กันอยู่ ซึ่งในอนาคตนั้นกำลังจะเป็นที่แพร่หลาย

- เนื่องด้วยวงจรออฟไลน์นั้นมีการใช้กระแสที่สูงเพื่อจ่ายให้กับวงจรขับหลอด ส่งผลทำให้หม้อแปลงที่ใช้จำเป็นต้องมีขนาดใหญ่ และสามารถที่จะทำการจ่ายกระแสให้กับวงจรได้ ซึ่งจากปัญหาที่ผ่านมาทำให้สามารถนำไปปรับปรุงพัฒนาต่อได้โดยการเปลี่ยนจากหม้อแปลงแรงดันลง มาเป็นวงจรลดทอนแรงดันแทนซึ่งสามารถจ่ายกระแสได้สูง และมีค่าความสูญเสียที่น้อยกว่าหม้อแปลง

- เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการอัดประจุให้กับแบตเตอรี่นั้นมีเวลานานพอสมควร ดังนั้นสามารถนำไปพัฒนาต่อได้โดยการเพิ่มค่ากระแสในการอัดประจุให้มีค่ามากขึ้นจะช่วยลดเวลาในการอัดประจุให้น้อยลงได้

- สามารถทำการเพิ่มฟังก์ชันการทำงานได้ เช่น หลอดไฟแสดงสถานะการทำงานต่างๆ หรืออาจจะเป็นอุปกรณ์ทดสอบระบบ หรือป้องกันระบบก็ได้



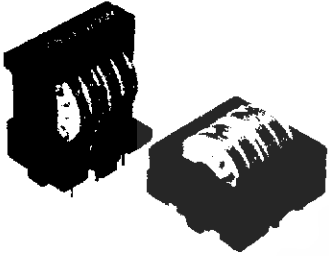
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Richard Lee Ozenbaugh, **EMI Filter Design, Application and Design**, New York, Marcel Dekker, Inc., 1996.
- [2] กัมพล ทองเรือง, **การใช้โปรแกรม Pspice A/D For Windows วิเคราะห์วงจรไฟฟ้า และ อิเล็กทรอนิกส์**, กรุงเทพฯ, สกายบุ๊คส์, 2544.
- [3] วีระเชษฐ์ ชันเงิน และ วุฒิพล ชาราธิ์เรศษุทธิ์, **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง**, กรุงเทพฯ, สนพ. วี.เจ. พรินต์ติ้ง, 2547.
- [4] สุวัฒน์ ดัน, **เทคนิคและการออกแบบสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย**, กรุงเทพฯ, สนพ. วิชา, 2547.
- [5] ชเนศ อังศุวัฒนากุล และ คณะ, "ระบบไฟฉุกเฉิน," **ปริญญาพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543.
- [6] นิยม ไชยคำวัง และ คณะ, "ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน," **ปริญญาพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Common mode suppression chokes



- Current rating up to 5A
- Broadband attenuation characteristics
- Low magnetic leakage flux
- UL rated materials
- RoHS compliant

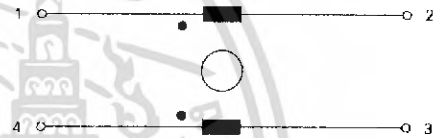


By March 2005

Environmental ratings

Maximum continuous operating voltage:	250V @ 50°C
Power operating frequency:	dc to 400Hz @ 50°C
Overcurrent:	1.5x I _{nominal} for 1 minute, once per hour
High potential test voltage winding-to-winding @ 25°C:	3000VAC, 60sec, guaranteed 2000V, 50Hz, 2sec, factory test
Temperature range (operation and storage):	-25°C to +100°C
Climatic class per IEC68:	25/100/21
Flammability corresponding to:	UL94-V0

Typical electrical schematic



Test conditions

Measuring frequency:	10kHz; 5mA < 16µH; 500µA > 16µH < 160µH; 50µA > 160µH < 16mH; 50mV > 16mH < 160mH; inductance tolerance ±30%
Resistance:	Tolerance max. ±15% @ 25°C; ≤20mΩ, 1A; > 20mΩ ≤ 200mΩ 100mA; > 200mΩ ≤ 2V 10mA @ 25°C ±2°C
Electrical characteristics:	

Common mode suppression chokes are mainly used to filter noise on AC power lines. Noise on commercial power lines could enter the equipment and disturb the proper function. Noise generated by the equipment for example from switch mode power supplies need to be filtered and the spread of such generated noise need to be suppressed. Common mode suppression chokes together with line bypass capacitors building an AC EMI suppression filter device.

Features and benefits

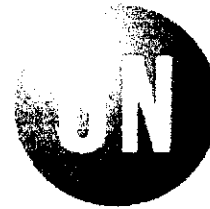
- Current rating up to 5A
- Compact and light weight
- Low magnetic leakage flux
- Sectional winding
- Standard foot print
- Broad range of available inductances and current ratings
- Custom specific versions
- Schaffner offers you also EMI measurement service to verify that your design will pass the required safety standards.

Typical applications

- Input filters for switch mode power supplies
- Filters to reduce leaking noise
- TV's, VCR's, multimedia and audio equipment
- Office automation, communications and other electronic devices
- Electric ballast
- AC/AC converters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

Monolithic High Voltage Gated Oscillator Power Switching Regulator

The NCP1050 through NCP1055 are monolithic high voltage regulators that enable end product equipment to be compliant with low standby power requirements. This device series combines the required converter functions allowing a simple and economical power system solution for office automation, consumer, and industrial products. These devices are designed to operate directly from a rectified AC line source. In flyback converter applications they are capable of providing an output power that ranges from 6.0 W to 40 W with a fixed AC input of 100 V, 115 V, or 230 V, and 3.0 W to 20 W with a variable AC input that ranges from 85 V to 265 V.

This device series features an active startup regulator circuit that eliminates the need for an auxiliary bias winding on the converter transformer, fault detector and a programmable timer for converter overload protection, unique gated oscillator configuration for extremely fast loop response with double pulse suppression, power switch current limiting, input undervoltage lockout with hysteresis, thermal shutdown, and auto restart fault detection. These devices are available in economical 8-pin dual-in-line and 4-pin SOT-223 packages.

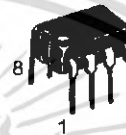
Features

- Startup Circuit Eliminates the Need for Transformer Auxiliary Bias Winding
- Optional Auxiliary Bias Winding Override for Lowest Standby Power Applications
- Converter Output Overload and Open Loop Protection
- Auto Restart Fault Protection
- IC Thermal Fault Protection
- Unique, Dual Edge, Gated Oscillator Configuration for Extremely Fast Loop Response
- Oscillator Frequency Dithering with Controlled Slew Rate Driver for Reduced EMI
- Low Power Consumption Allowing European Blue Angel Compliance
- On-Chip 700 V Power Switch Circuit and Active Startup Circuit
- Rectified AC Line Source Operation from 85 V to 265 V
- Input Undervoltage Lockout with Hysteresis
- Oscillator Frequency Options of 44 kHz, 100 kHz, 136 kHz

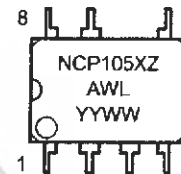
Typical Applications

- AC-DC Converters
- Wall Adapters
- Portable Electronic Chargers
- Low Power Standby and Keep-Alive Supplies

MARKING DIAGRAMS



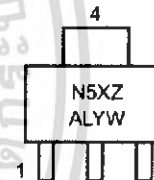
DIP-8
CASE 626A
P SUFFIX



Pin: 1. V_{CC}
2. Control Input
3, 7-8. Ground
4. No Connection
5. Power Switch Drain



SOT-223
CASE 318E
ST SUFFIX



Pin: 1. V_{CC}
2. Control Input
3. Power Switch Drain
4. Ground

X = Current Limit (0, 1, 2, 3, 4, 5)
Z = Oscillator Frequency (A, B, C)
A = Assembly Location
WL, L = Wafer Lot
YY, Y = Year
WW, W = Work Week

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information on page 22 of this data sheet.

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

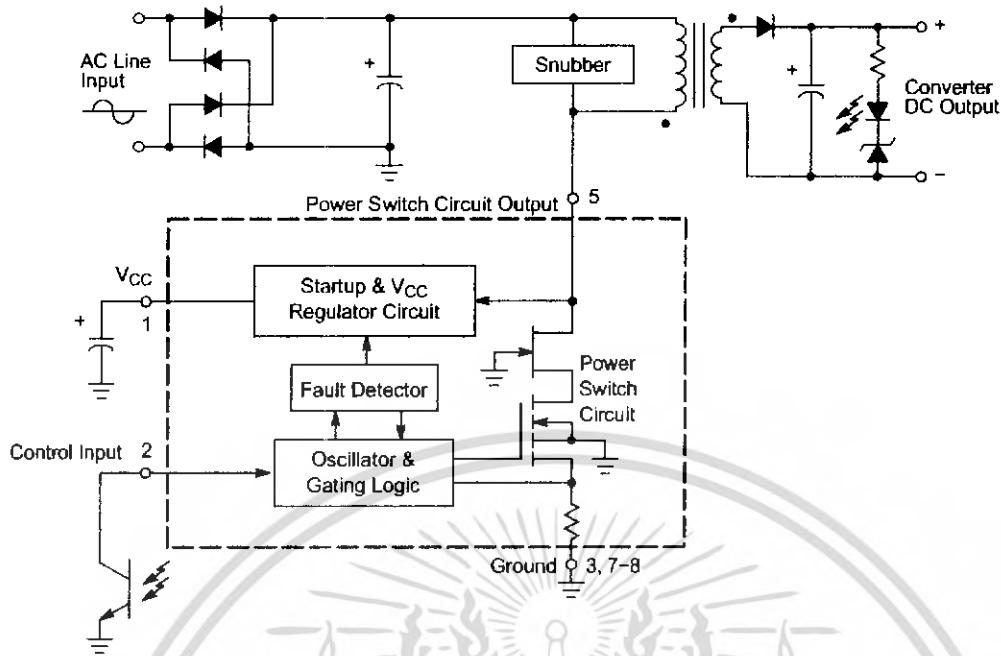


Figure 1. Typical Application

Pin Function Description

Pin (SOT-223)	Pin (DIP-8)	Function	Description
1	1	V _{CC}	This is the positive supply voltage input. During startup, power is supplied to this input from Pin 5. When V _{CC} reaches V _{CC(on)} , the Startup Circuit turns off and the output is allowed to begin switching with 1.0 V hysteresis on the V _{CC} pin. The capacitance connected to this pin programs fault timing and frequency modulation rate.
2	2	Control Input	The Power Switch Circuit is turned off when a current greater than approximately 50 μ A is drawn out of or applied to this pin. A 10 V clamp is built onto the chip to protect the device from ESD damage or overvoltage conditions.
4	3, 7, 8	Ground	This pin is the control circuit and Power Switch Circuit ground. It is part of the integrated circuit lead frame.
-	4	No Connection	
3	5	Power Switch Drain	This pin is designed to directly drive the converter transformer primary, and internally connects to Power Switch and Startup Circuit.

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

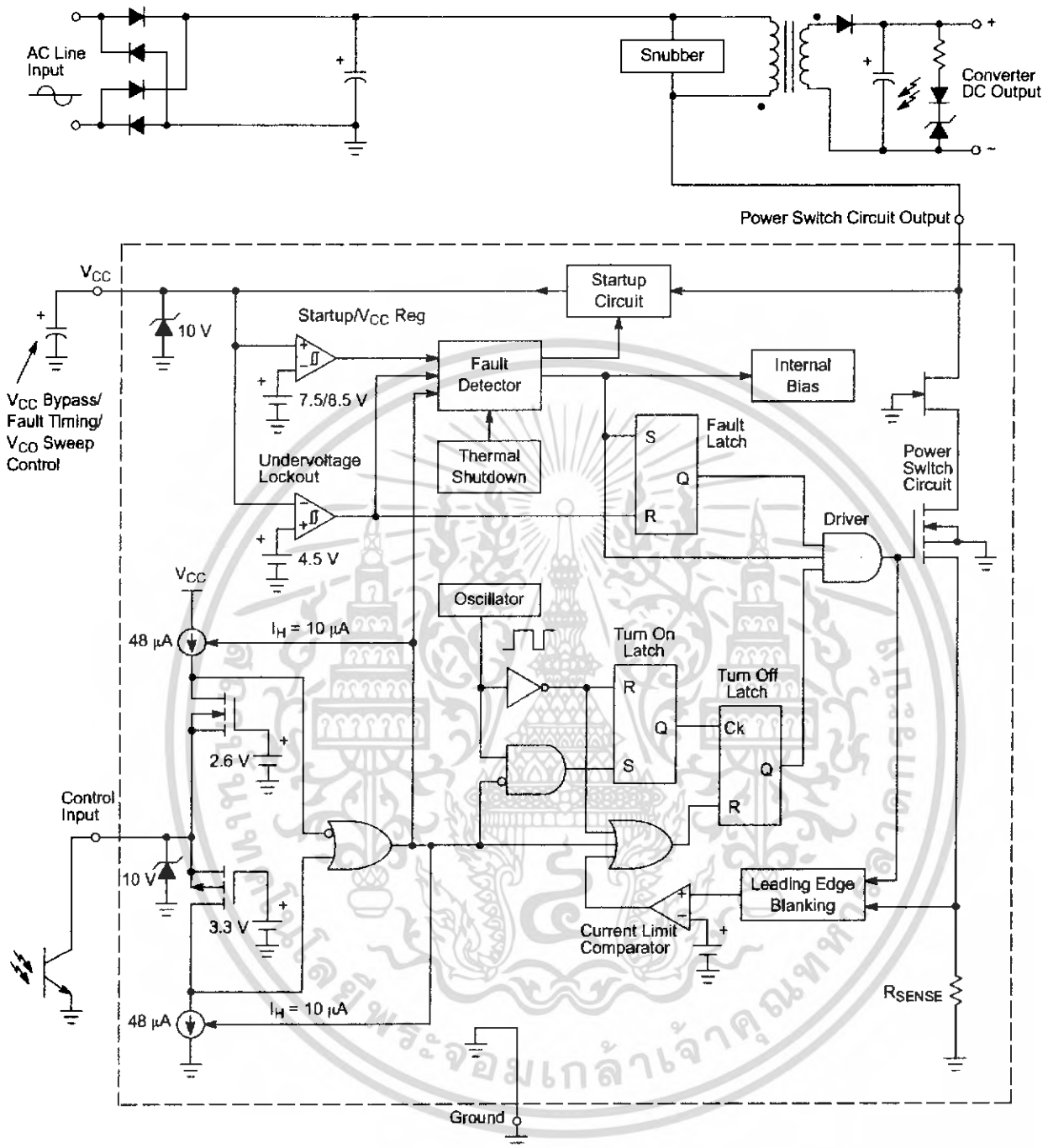


Figure 2. Representative Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานทางการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<http://onsemi.com>

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

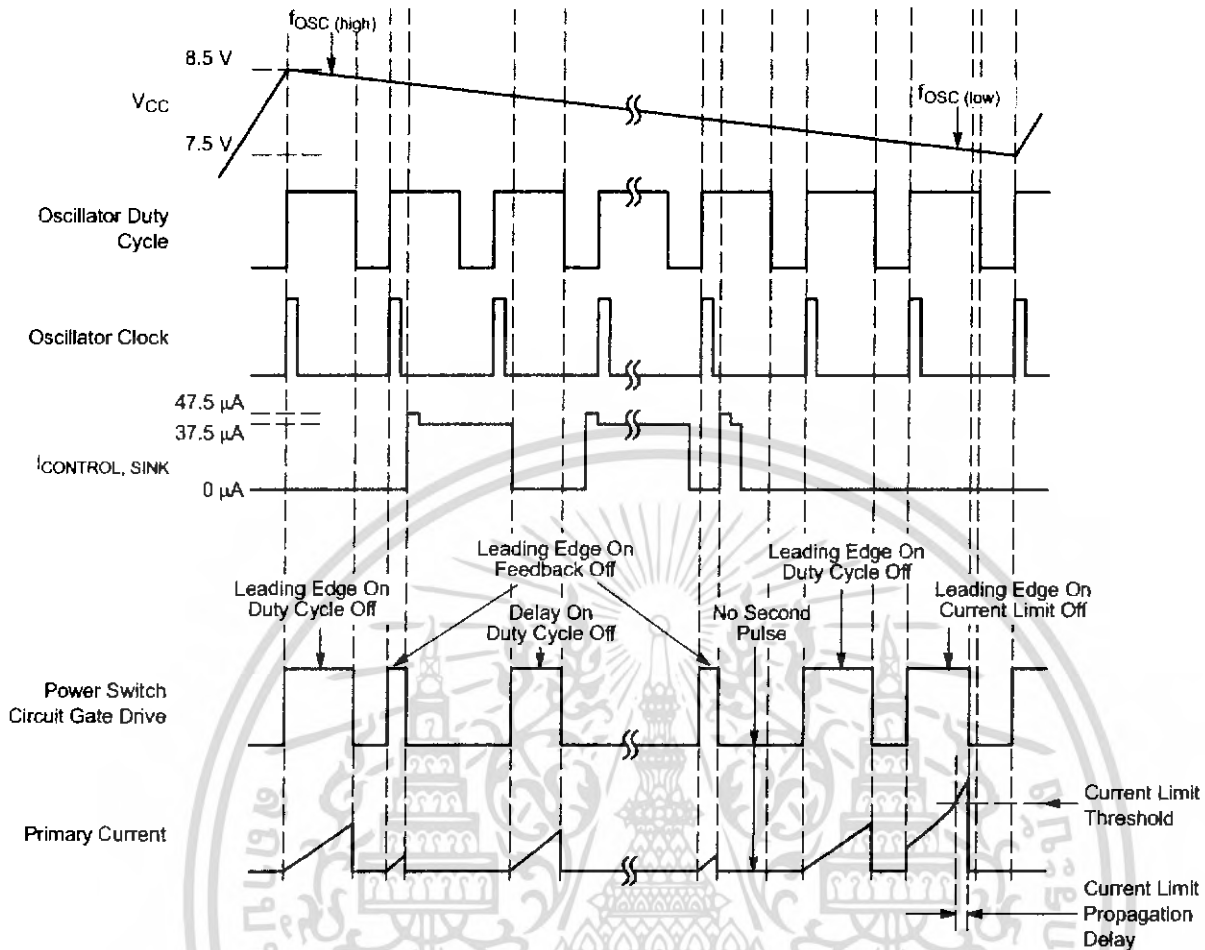


Figure 3. Timing Diagram for Gated Oscillator with Dual Edge PWM

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

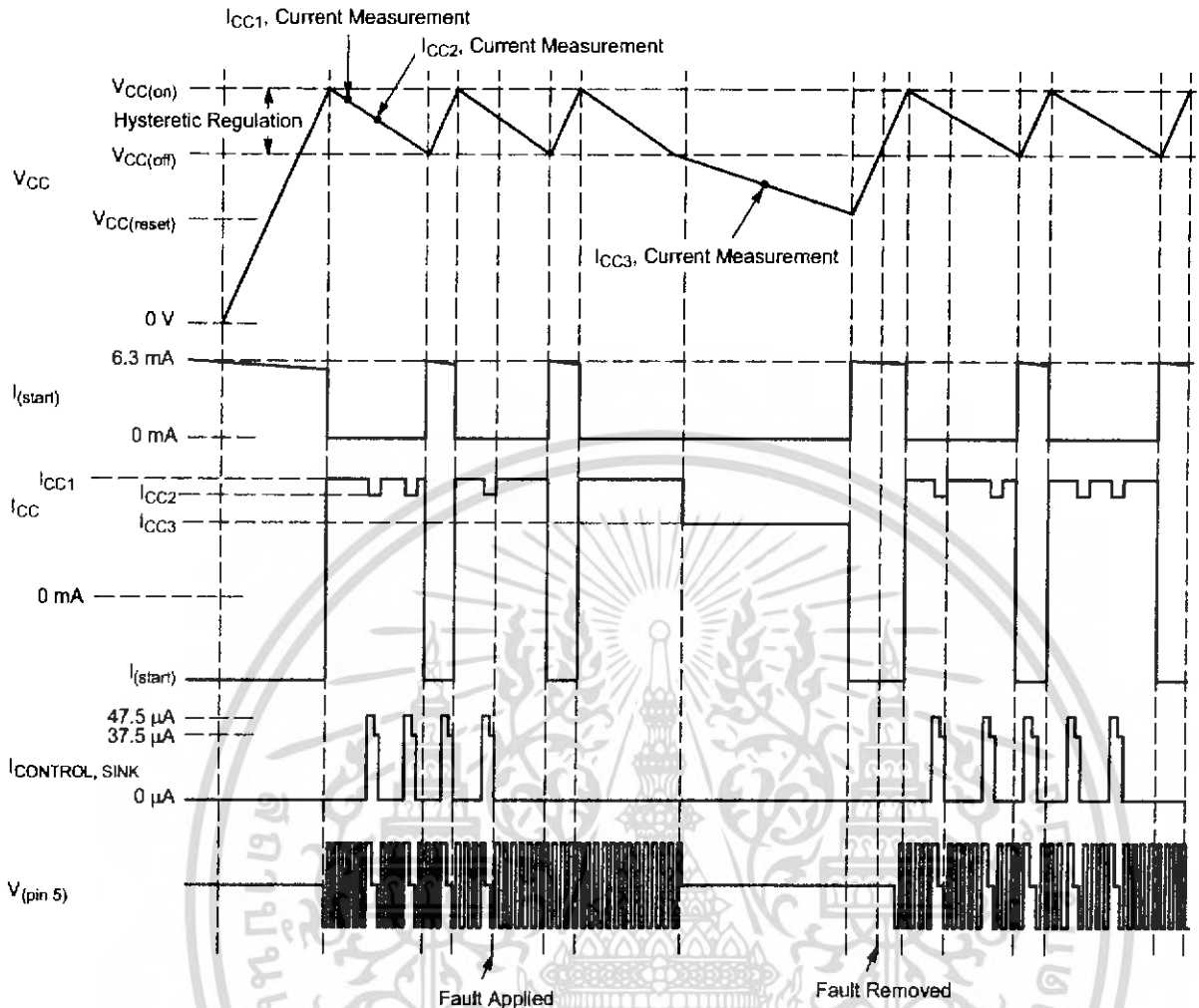


Figure 4. Non-Latching Fault Condition Timing Diagram

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

MAXIMUM RATINGS (Note 1)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Switch and Startup Circuit Drain Voltage Range Drain Current Peak During Transformer Saturation	V_{DS} $I_{DS(pk)}$	-0.3 to 700 2.0 I_{lim} Max	V A
Power Supply/ V_{CC} Bypass and Control Input Voltage Range Current	V_{IR} I_{max}	-0.3 to 10 100	V mA
Thermal Characteristics P Suffix, Plastic Package Case 626A-01 Junction-to-Lead Junction-to-Air, 2.0 Oz. Printed Circuit Copper Clad 0.36 Sq. Inch 1.0 Sq. Inch ST Suffix, Plastic Package Case 318E-04 Junction-to-Lead Junction-to-Air, 2.0 Oz. Printed Circuit Copper Clad 0.36 Sq. Inch 1.0 Sq. Inch	$R_{\theta JL}$ $R_{\theta JA}$ $R_{\theta JL}$ $R_{\theta JA}$	9.0 77 60 14 74 55	$^{\circ}C/W$
Operating Junction Temperature	T_J	-40 to +150	$^{\circ}C$
Storage Temperature	T_{stg}	-65 to +150	$^{\circ}C$

1. Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Exposure to these conditions or conditions beyond those indicated may adversely affect device reliability. Functional operation under absolute maximum-rated conditions is not implied. Functional operation should be restricted to the Recommended Operating Conditions.
- A. This device series contains ESD protection and exceeds the following tests:
- Pins 1-3: Human Body Model 2000 V per MIL-STD-883, Method 3015.
Machine Model Method 400 V.
 - Pin 5: Human Body Model 1000 V per MIL-STD-883, Method 3015.
Machine Model Method 400 V.
 - Pin 5 is connected to the power switch and start-up circuits, and is rated only to the max voltage of the part, or 700 V.
- B. This device contains Latch-up protection and exceeds ± 100 mA per JEDEC Standard JESD7B.

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 8.0\text{ V}$, for typical values $T_J = 25^\circ\text{C}$, for min/max values, T_J is the operating junction temperature range that applies (Note 2), unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OSCILLATOR					
Frequency ($V_{CC} = 7.5\text{ V}$) $T_J = 25^\circ\text{C}$: A Suffix Device B Suffix Device C Suffix Device $T_J = T_{low}$ to T_{high} A Suffix Device B Suffix Device C Suffix Device	$f_{OSC(low)}$	38 87 119 37 84 113	42.5 97 132 - - -	47 107 145 47 107 145	kHz
Frequency ($V_{CC} = 8.5\text{ V}$) $T_J = 25^\circ\text{C}$: A Suffix Device B Suffix Device C Suffix Device $T_J = T_{low}$ to T_{high} A Suffix Device B Suffix Device C Suffix Device	$f_{OSC(high)}$	41 93 126 39 90 120	45.5 103 140 - - -	50 113 154 50 113 154	kHz
Frequency Sweep ($V_{CC} = 7.5\text{ V}$ to 8.5 V , $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$\%f_{OSC}$	-	5.0	-	%
Maximum Duty Cycle	$D_{(max)}$	74	77	80	%
CONTROL INPUT					
Lower Window Input Current Threshold Switching Enabled, Sink Current Increasing Switching Disabled, Sink Current Decreasing Upper Window Input Current Threshold Switching Enabled, Source Current Increasing Switching Disabled, Source Current Decreasing	$I_{off(low)}$ $I_{on(low)}$ $I_{off(high)}$ $I_{on(high)}$	-58 -50 37 25	-47.5 -37.5 47.5 37.5	-37 -25 58 50	μA
Control Window Input Voltage Lower ($I_{sink} = 25\ \mu\text{A}$) Upper ($I_{source} = 25\ \mu\text{A}$)	V_{low} V_{high}	1.1 4.2	1.35 4.6	1.6 5.0	V

2. Tested junction temperature range for the NCP105X series:
 $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ $T_{high} = +125^\circ\text{C}$

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 8.0\text{ V}$, for typical values $T_J = 25^\circ\text{C}$, for min/max values, T_J is the operating junction temperature range that applies (Note 3), unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
POWER SWITCH CIRCUIT					
Power Switch Circuit On-State Resistance NCP1050, NCP1051, NCP1052 ($I_D = 50\text{ mA}$) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = 125^\circ\text{C}$ NCP1053, NCP1054, NCP1055 ($I_D = 100\text{ mA}$) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = 125^\circ\text{C}$	$R_{DS(on)}$	-	22 42	30 55	Ω
Power Switch Circuit & Startup Breakdown Voltage ($I_{D(off)} = 100\ \mu\text{A}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	$V_{(BR)DS}$	700	-	-	V
Power Switch Circuit & Startup Circuit Off-State Leakage Current ($V_{DS} = 650\text{ V}$) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = 125^\circ\text{C}$	$I_{DS(off)}$	-	25 15	40 80	μA
Switching Characteristics ($R_L = 50\ \Omega$, V_{DS} set for $I_D = 0.7\ I_{lim}$) Turn-on Time (90% to 10%) Turn-off Time (10% to 90%)	t_{on} t_{off}	-	20 10	-	ns

CURRENT LIMIT AND THERMAL PROTECTION

Current Limit Threshold ($T_J = 25^\circ\text{C}$) (Note 6) NCP1050 NCP1051 NCP1052 NCP1053 NCP1054 NCP1055	I_{lim}	93 186 279 372 493 632	100 200 300 400 530 680	107 214 321 428 567 728	mA
Conversion Power Deviation ($T_J = 25^\circ\text{C}$) (Note 7)	I^2t_{OSC}	-	0	10	%A ² Hz
Propagation Delay, Current Limit Threshold to Power Switch Circuit Output NCP1050, NCP1051, NCP1052 NCP1053, NCP1054, NCP1055	t_{PLH}	-	135 160	-	ns
Thermal Protection ($V_{CC} = 8.6\text{ V}$) (Note 3, 4, 5) Shutdown (Junction Temperature Increasing) Hysteresis (Junction Temperature Decreasing)	T_{sd} T_H	140 -	160 75	- -	$^\circ\text{C}$

STARTUP CONTROL

Startup V_{CC} Regulation Startup Threshold/ V_{CC} Regulation Peak (V_{CC} Increasing) Minimum Operating/ V_{CC} Valley Voltage After Turn-On Hysteresis	$V_{CC(on)}$ $V_{CC(off)}$ V_H	8.0 7.0 -	8.5 7.5 1.0	9.0 8.0 -	V
Undervoltage Lockout Threshold Voltage, V_{CC} Decreasing	$V_{CC(reset)}$	4.0	4.5	5.0	V
Startup Circuit Output Current (Power Switch Circuit Output = 40 V) $V_{CC} = 0\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }125^\circ\text{C}$ $V_{CC} = V_{CC(on)} - 0.2\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }125^\circ\text{C}$	I_{start}	5.4 4.5	6.3 -	7.2 8.0	mA
Minimum Start-up Drain Voltage ($I_{start} = 0.5\text{ mA}$, $V_{CC} = V_{CC(on)} - 0.2\text{ V}$)	$V_{start(min)}$	-	13.4	20	V
Output Fault Condition Auto Restart (V_{CC} Capacitor = 10 μF , Power Switch Circuit Output = 40 V) Average Switching Duty Cycle Frequency	D_{rst} f_{rst}	-	6.0 3.5	-	% Hz

3. Tested junction temperature range for the NCP105X series:
 $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ $T_{high} = +125^\circ\text{C}$
4. Maximum package power dissipation limits must be observed.
5. Guaranteed by design only.
6. Adjust di/dt to reach I_{lim} in 4.0 μsec .
7. Consult factory for additional options including test and trim for output power accuracy.

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 8.0\text{ V}$, for typical values $T_J = 25^\circ\text{C}$, for min/max values, T_J is the operating junction temperature range that applies (Note 8), unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
TOTAL DEVICE					
Power Supply Current After UVLO Turn-On (Note 9) Power Switch Circuit Enabled NCP1050, NCP1051, NCP1052 A Suffix Device	I_{CC1}	0.35	0.45	0.55	mA
B Suffix Device		0.40	0.50	0.60	
C Suffix Device		0.40	0.525	0.65	
NCP1053, NCP1054, NCP1055 A Suffix Device	I_{CC1}	0.40	0.50	0.60	
B Suffix Device		0.45	0.575	0.70	
C Suffix Device		0.50	0.65	0.80	
Power Switch Circuit Disabled Non-Fault Condition	I_{CC2}	0.35	0.45	0.55	
Fault Condition	I_{CC3}	0.10	0.175	0.25	

8. Tested junction temperature range for the NCP105X series:

$T_{low} = -40^\circ\text{C}$ $T_{high} = +125^\circ\text{C}$

9. See Non-Latching Fault Condition Timing Diagram in Figure 4.

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

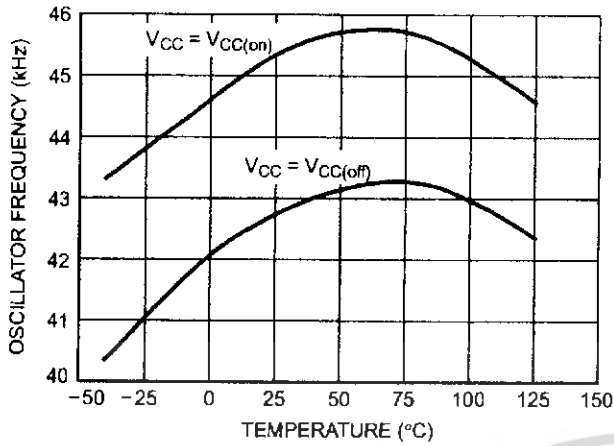


Figure 5. Oscillator Frequency (A Suffix) versus Temperature

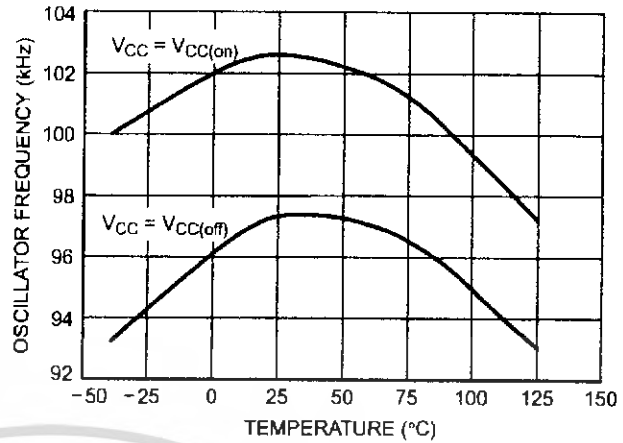


Figure 6. Oscillator Frequency (B Suffix) versus Temperature

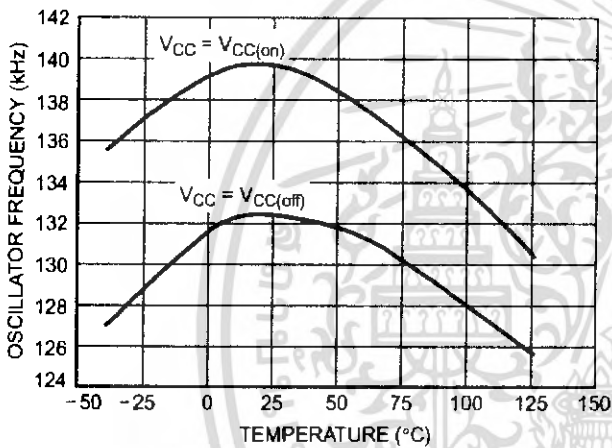


Figure 7. Oscillator Frequency (C Suffix) versus Temperature

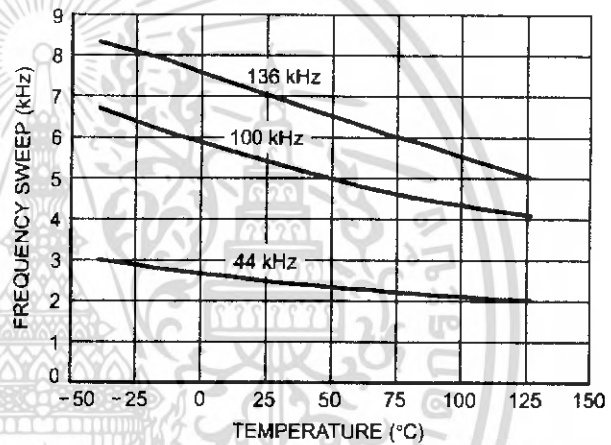


Figure 8. Frequency Sweep versus Temperature

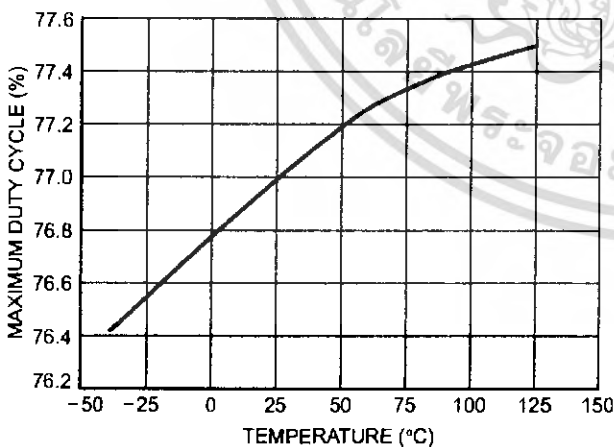


Figure 9. Maximum Duty Cycle versus Temperature

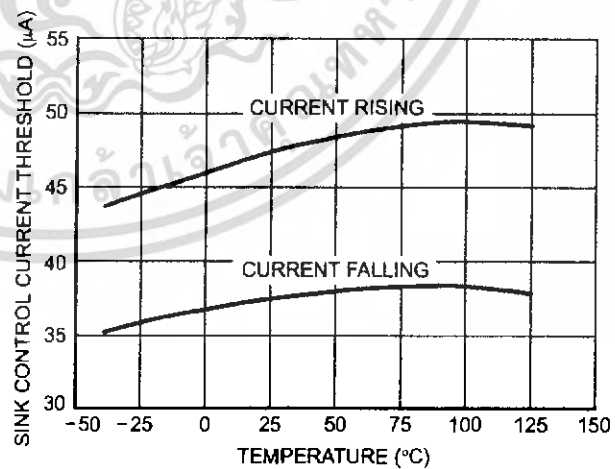


Figure 10. Lower Window Control Input Current Thresholds versus Temperature

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

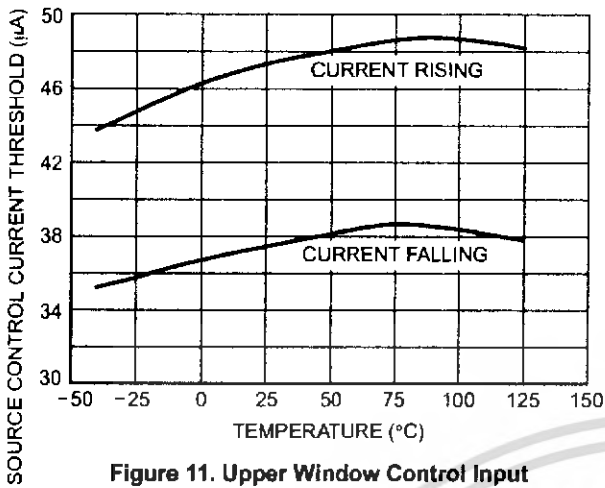


Figure 11. Upper Window Control Input Current Thresholds versus Temperature

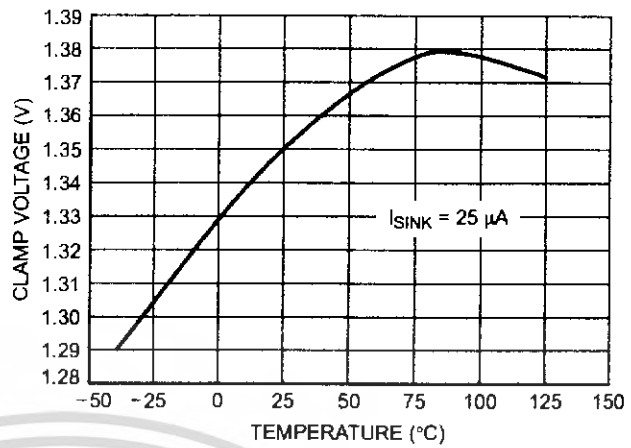


Figure 12. Control Input Lower Window Clamp Voltage versus Temperature

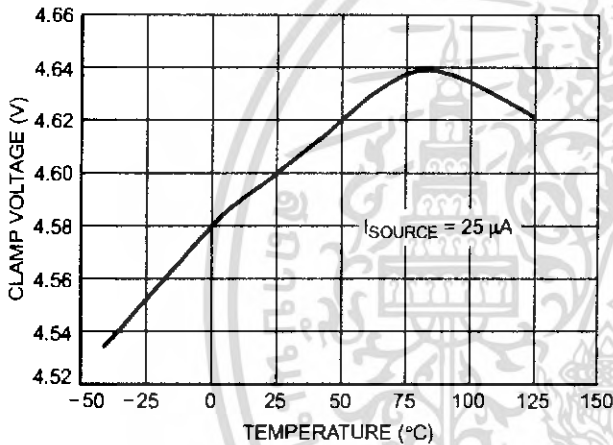


Figure 13. Control Input Upper Window Clamp Voltage versus Temperature

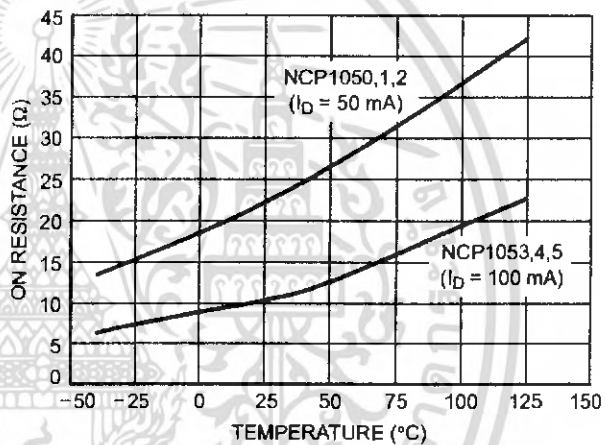


Figure 14. On Resistance versus Temperature

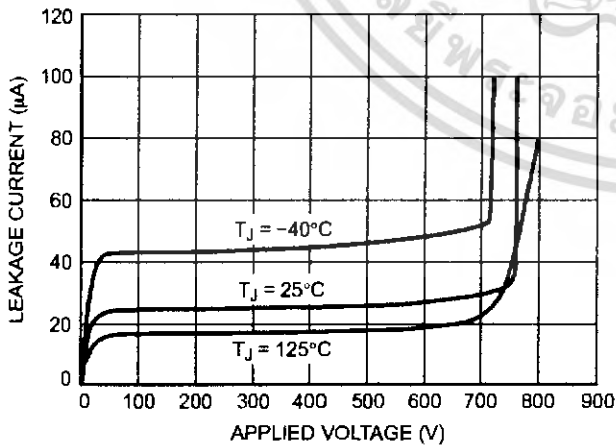


Figure 15. Power Switch and Startup Circuit Leakage Current versus Voltage

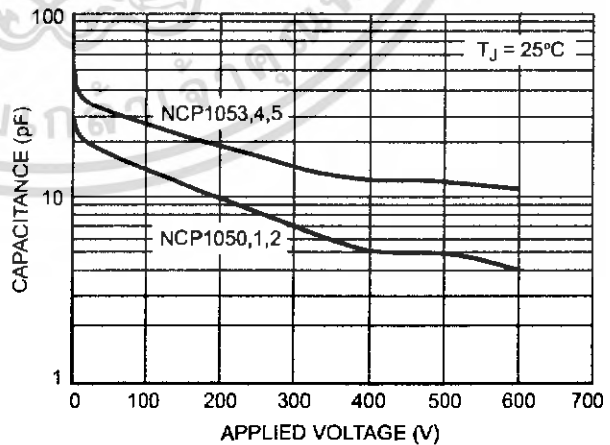


Figure 16. Power Switch and Startup Circuit Output Capacitance versus Applied Voltage

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

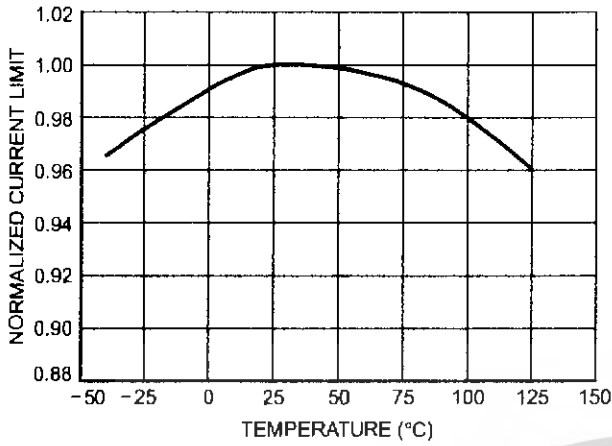


Figure 17. Normalized Peak Current Limit versus Temperature

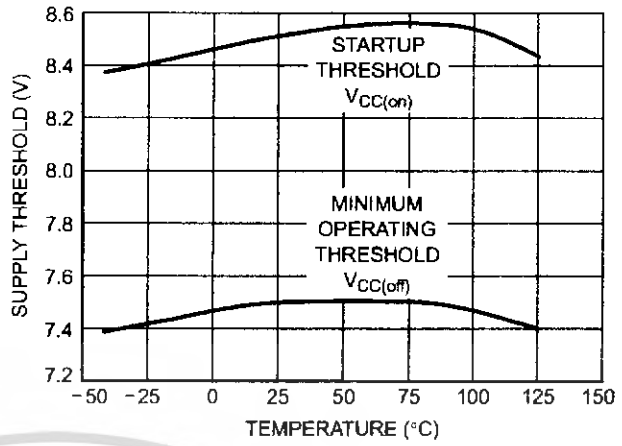


Figure 18. Supply Voltage Thresholds versus Temperature

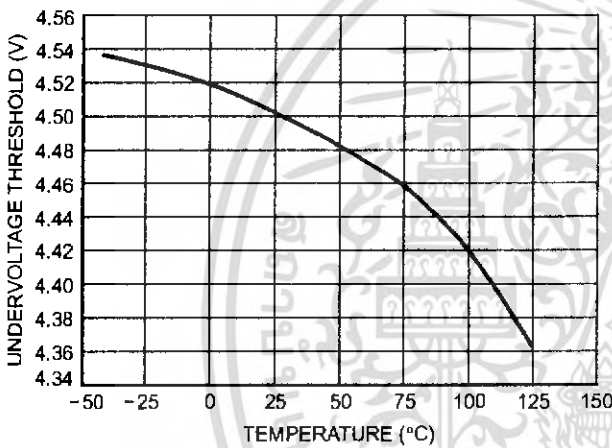


Figure 19. Undervoltage Lockout Threshold versus Temperature

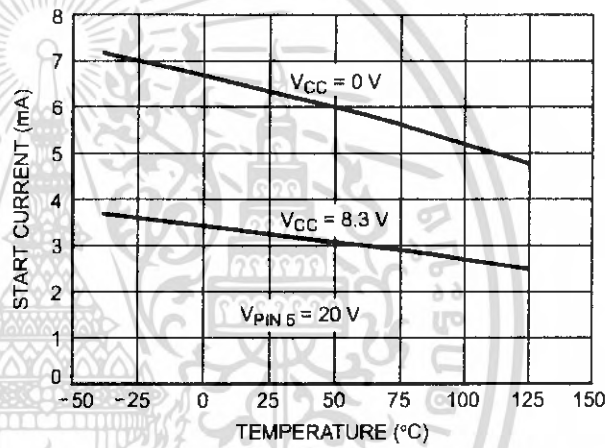


Figure 20. Start Current versus Temperature

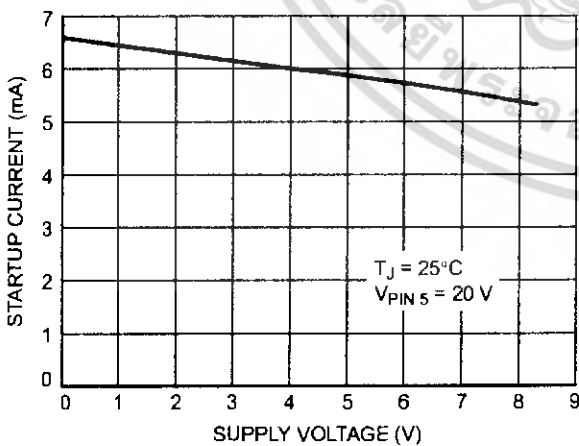


Figure 21. Startup Current versus Supply Voltage

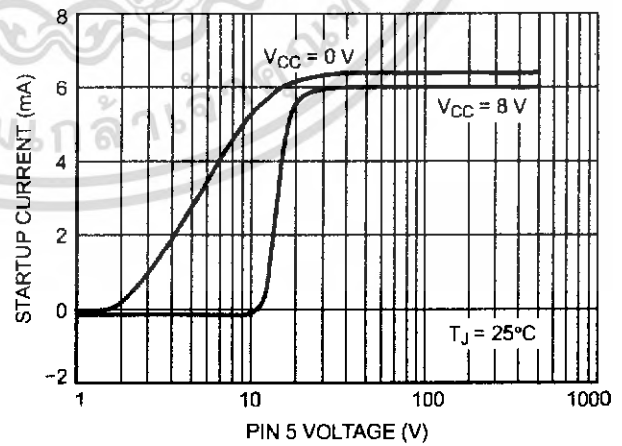


Figure 22. Startup Current versus Pin 5 Voltage

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

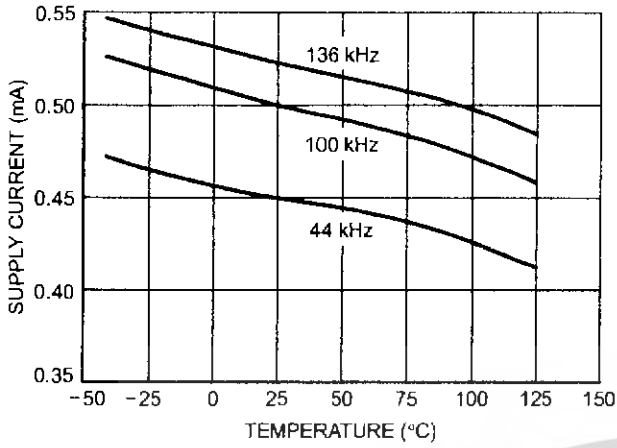


Figure 23. Supply Current versus Temperature (NCP1050/1/2)

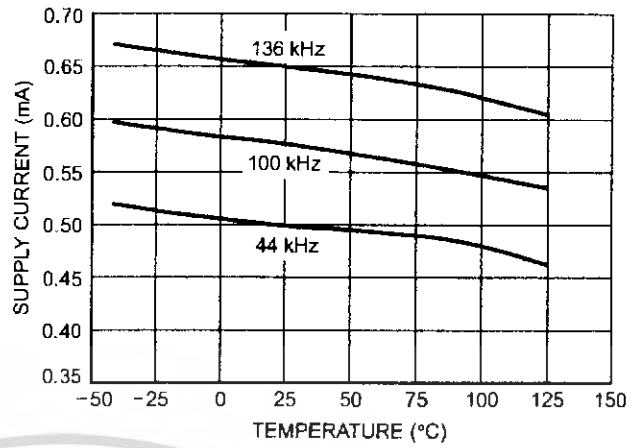


Figure 24. Supply Current versus Temperature (NCP1053/4/5)

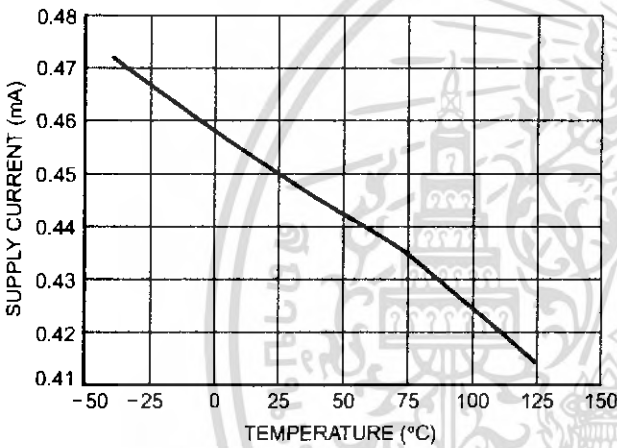


Figure 25. Supply Current When Switching Disable versus Temperature

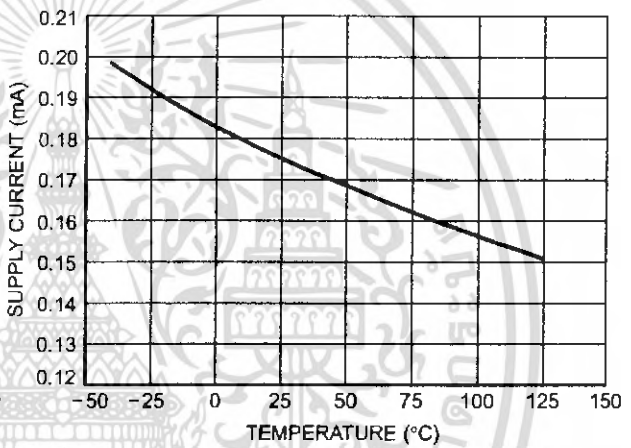


Figure 26. Supply Current in Fault Condition versus Temperature

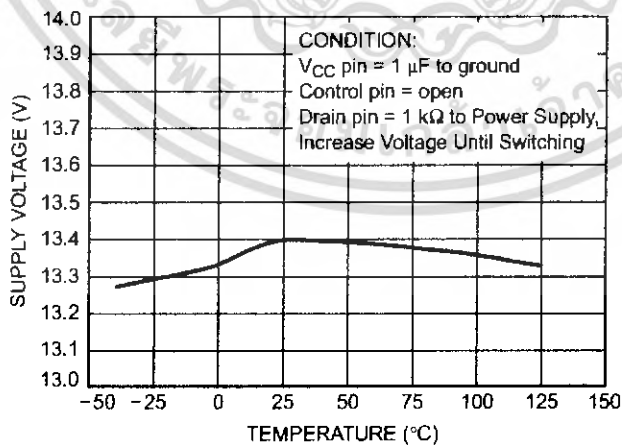


Figure 27. Supply Voltage versus Temperature

1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

1N4004 and 1N4007 are Preferred Devices

Axial Lead Standard Recovery Rectifiers

This data sheet provides information on subminiature size, axial lead mounted rectifiers for general-purpose low-power applications.

Features

- Shipped in plastic bags, 1000 per bag
- Available Tape and Reeled, 5000 per reel, by adding a "RL" suffix to the part number
- Available in Fan-Fold Packaging, 3000 per box, by adding a "FF" suffix to the part number
- Pb-Free Packages are Available

Mechanical Characteristics

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 0.4 gram (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead and Mounting Surface Temperature for Soldering Purposes: 260°C Max. for 10 Seconds, 1/16 in. from case
- Polarity: Cathode Indicated by Polarity Band



ON Semiconductor®

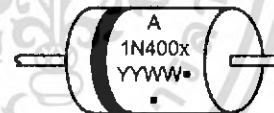
<http://onsemi.com>

LEAD MOUNTED RECTIFIERS 50-1000 VOLTS DIFFUSED JUNCTION



CASE 59-10
AXIAL LEAD
PLASTIC

MARKING DIAGRAM



- A = Assembly Location
 - 1N400x = Device Number
 - x = 1, 2, 3, 4, 5, 6 or 7
 - YY = Year
 - WW = Work Week
 - = Pb-Free Package
- (Note: Microdot may be in either location)

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information on page 4 of this data sheet.

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

*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
†Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	50	100	200	400	600	800	1000	V
†Non-Repetitive Peak Reverse Voltage (halfwave, single phase, 60 Hz)	V_{RSM}	60	120	240	480	720	1000	1200	V
†RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
†Average Rectified Forward Current (single phase, resistive load, 60 Hz, $T_A = 75^\circ\text{C}$)	I_O	1.0							A
†Non-Repetitive Peak Surge Current (surge applied at rated load conditions)	I_{FSM}	30 (for 1 cycle)							A
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J T_{stg}	-65 to +175							$^\circ\text{C}$

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS†

Rating	Symbol	Typ	Max	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage Drop, ($I_F = 1.0$ Amp, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	v_F	0.93	1.1	V
Maximum Full-Cycle Average Forward Voltage Drop, ($I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$, 1 inch leads)	$V_{F(AV)}$	-	0.8	V
Maximum Reverse Current (rated DC voltage) ($T_J = 25^\circ\text{C}$) ($T_J = 100^\circ\text{C}$)	I_R	0.05 1.0	10 50	μA
Maximum Full-Cycle Average Reverse Current, ($I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$, 1 inch leads)	$I_{R(AV)}$	-	30	μA

†Indicates JEDEC Registered Data



1N5817 THRU 1N5819

1.0 AMP. Schottky Barrier Rectifiers

	<p>Voltage Range 20 to 40 Volts</p> <p>Current 1.0 Ampere</p> <p>DO-41</p>
<p>Features</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ Low forward voltage drop ◇ High current capability ◇ High reliability ◇ High surge current capability <p>Mechanical Data</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ Cases: Molded plastic DO-41 ◇ Epoxy: UL 94V-O rate flame retardant ◇ Lead: Axial leads, solderable per MIL-STD-202, Method 208 guaranteed ◇ Polarity: Color band denotes cathode end ◇ High temperature soldering guaranteed: 250°C/10 seconds/.375" (9.5mm) lead lengths at 5 lbs., (2.3kg) tension ◇ Weight: 0.33 gram 	<p style="text-align: center;">Dimensions in inches and (millimeters)</p>

Maximum Ratings and Electrical Characteristics
 Rating at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.
 Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.
 For capacitive load, derate current by 20%

Type Number	1N5817	1N5818	1N5819	Units
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	20	30	40	V
Maximum RMS Voltage	14	21	28	V
Maximum DC Blocking Voltage	20	30	40	V
Maximum Average Forward Rectified Current .375 (9.5mm) Lead Length @T _L = 90°C	1.0			A
Peak Forward Surge Current, 8.3 ms Single Half Sine-wave Superimposed on Rated Load (JEDEC method)	25			A
Maximum Instantaneous Forward Voltage @ 1.0A	0.45	0.550	0.600	V
Maximum Instantaneous Forward Voltage @ 3.0A	0.750	0.875	0.900	V
Maximum DC Reverse Current @ T _A =25°C at Rated DC Blocking Voltage @ T _A =100°C	1.0 10			mA mA
Typical Thermal Resistance (Note 1) R _{θJA} R _{θJC}	50 12			°C/W
Typical Junction Capacitance (Note 2)	110			pF
Operating Temperature Range T _J	-65 to +125			°C
Storage Temperature Range T _{STG}	-65 to +125			°C

Notes: 1. Thermal Resistance from Junction to Ambient Vertical PC Board Mounting, 0.375"(9.5mm) Lead Length.
 2. Measured at 1 MHz and Applied Reverse Voltage of 4.0 V D.C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PC817 Series

High Density Mounting Type Photocoupler

- Lead forming type (I type) and taping reel type (P type) are also available. (PC817I/PC817P)
- TÜV (VDE0884) approved type is also available as an option.

■ Features

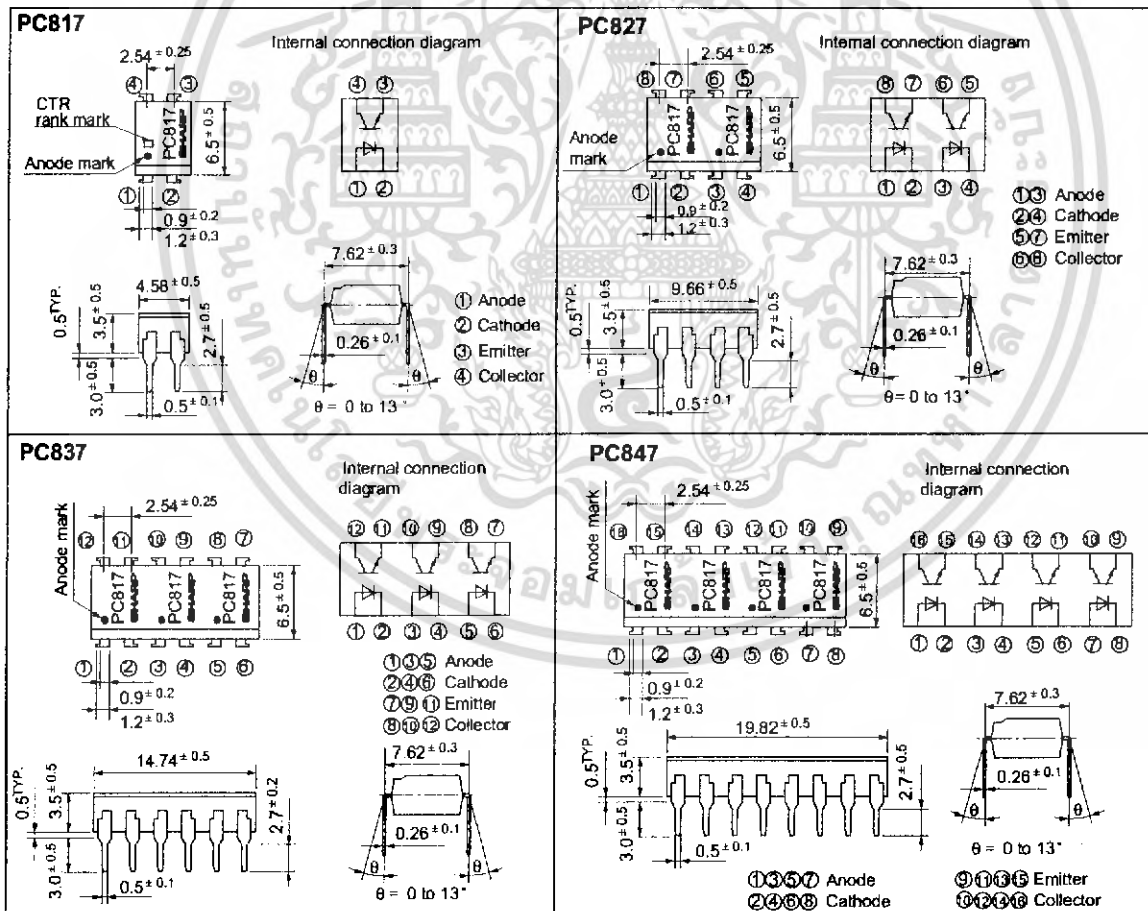
1. Current transfer ratio
(CTR: MIN. 50% at $I_F = 5\text{mA}$, $V_{CE} = 5\text{V}$)
2. High isolation voltage between input and output (V_{iso} : 5 000V_{rms})
3. Compact dual-in-line package
PC817 : 1-channel type
PC827 : 2-channel type
PC837 : 3-channel type
PC847 : 4-channel type
4. Recognized by UL, file No. E64380

■ Applications

1. Computer terminals
2. System appliances, measuring instruments
3. Registers, copiers, automatic vending machines
4. Electric home appliances, such as fan heaters, etc.
5. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



* In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that occur in equipment using any of SHARP's devices, shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest version of the device specification sheets before using any SHARP's device. *

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	IF	50 mA
	*1 Peak forward current	IFM	1 A
	Reverse voltage	VR	6 V
Output	Power dissipation	P	70 mW
	Collector-emitter voltage	VCEO	35 V
	Emitter-collector voltage	VECO	6 V
	Collector current	IC	50 mA
	Collector power dissipation	PC	150 mW
	Total power dissipation	Ptot	200 mW
*2 Isolation voltage	Viso	5 000	V rms
Operating temperature	Topt	- 30 to + 100	°C
Storage temperature	Tstg	- 55 to + 125	°C
*3 Soldering temperature	Tsol	260	°C

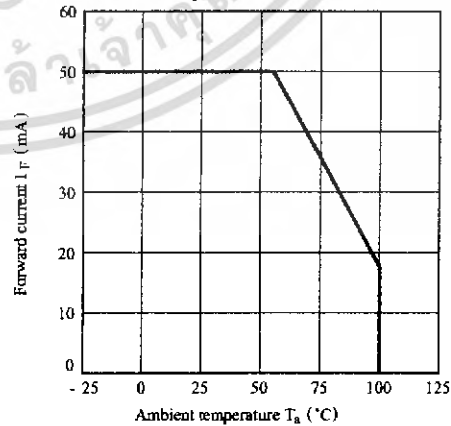
*1 Pulse width <= 100µs, Duty ratio : 0.001
 *2 40 to 60% RH, AC for 1 minute
 *3 For 10 seconds

Electro-optical Characteristics (Ta = 25°C)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit	
Input	Forward voltage	VF	IF = 20mA	-	1.2	1.4	V
	Peak forward voltage	VFM	IFM = 0.5A	-	-	3.0	V
	Reverse current	IR	VR = 4V	-	-	10	µA
Output	Terminal capacitance	Ct	V = 0, f = 1kHz	-	30	250	pF
	Collector dark current	ICEO	VCE = 20V	-	-	10 ⁻⁷	A
Transfer characteristics	*4 Current transfer ratio	CTR	IF = 5mA, VCE = 5V	50	-	600	%
	Collector-emitter saturation voltage	VCE(sat)	IF = 20mA, IC = 1mA	-	0.1	0.2	V
	Isolation resistance	Riso	DC500V, 40 to 60% RH	5 x 10 ¹⁰	10 ¹¹	-	Ω
	Floating capacitance	Cf	V = 0, f = 1MHz	-	0.6	1.0	pF
Response time	Cut-off frequency	f _c	VCE = 5V, IC = 2mA, RL = 100Ω, - 3dB	-	80	-	kHz
		Rise time	tr	VCE = 2V, IC = 2mA, RL = 100Ω	-	4	18
Fall time	tf		-		3	18	µs

*4 Classification table of current transfer ratio is shown below.

Fig. 1 Forward Current vs. Ambient Temperature



Model No.	Rank mark	CTR (%)
PC817A	A	80 to 160
PC817B	B	130 to 260
PC817C	C	200 to 400
PC817D	D	300 to 600
PC8●7AB	A or B	80 to 260
PC8●7BC	B or C	130 to 400
PC8●7CD	C or D	200 to 600
PC8●7AC	A, B or C	80 to 400
PC8●7BD	B, C or D	130 to 600
PC8●7AD	A, B, C or D	80 to 600
PC8●7	A, B, C, D or No mark	50 to 600

● : 1 or 2 or 3 or 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL431, A, B Series, NCV431A



Programmable Precision References

The TL431, A, B integrated circuits are three-terminal programmable shunt regulator diodes. These monolithic IC voltage references operate as a low temperature coefficient zener which is programmable from V_{ref} to 36 V with two external resistors. These devices exhibit a wide operating current range of 1.0 mA to 100 mA with a typical dynamic impedance of 0.22 Ω . The characteristics of these references make them excellent replacements for zener diodes in many applications such as digital voltmeters, power supplies, and op amp circuitry. The 2.5 V reference makes it convenient to obtain a stable reference from 5.0 V logic supplies, and since the TL431, A, B operates as a shunt regulator, it can be used as either a positive or negative voltage reference.

Features

- Programmable Output Voltage to 36 V
- Voltage Reference Tolerance: $\pm 0.4\%$, Typ @ 25°C (TL431B)
- Low Dynamic Output Impedance, 0.22 Ω Typical
- Sink Current Capability of 1.0 mA to 100 mA
- Equivalent Full-Range Temperature Coefficient of 50 ppm/°C Typical
- Temperature Compensated for Operation over Full Rated Operating Temperature Range
- Low Output Noise Voltage
- Pb-Free Packages are Available

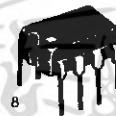
ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>



Pin 1. Reference
2. Anode
3. Cathode

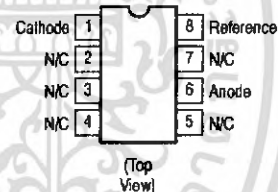
TO-92 (TO-226)
LP SUFFIX
CASE 29



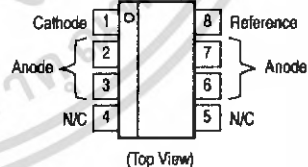
PDIP-8
P SUFFIX
CASE 826



Micro8™
DM SUFFIX
CASE 848A



SOIC-8
D SUFFIX
CASE 751



This is an internally modified SOIC-8 package. Pins 2, 3, 6 and 7 are electrically common to the die attach flag. This internal lead frame modification increases power dissipation capability when appropriately mounted on a printed circuit board. This modified package conforms to all external dimensions of the standard SOIC-8 package.

ORDERING INFORMATION

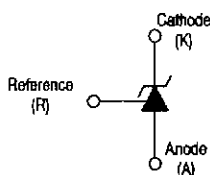
See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 13 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 15 of this data sheet.

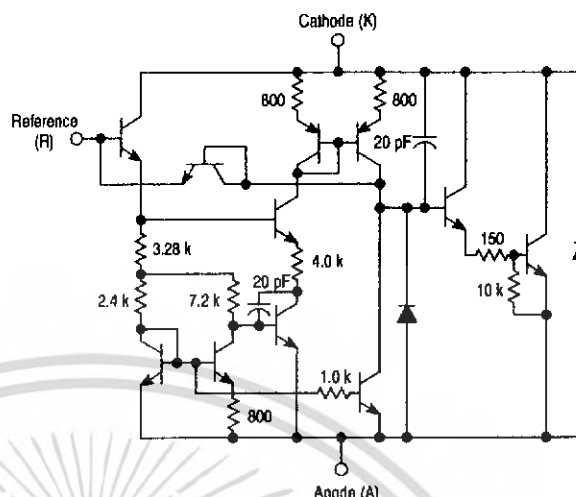
TL431, A, B Series, NCV431A

Symbol

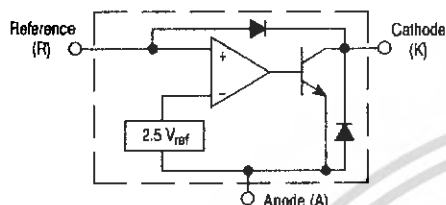


Representative Schematic Diagram

Component values are nominal



Representative Block Diagram



This device contains 12 active transistors.

MAXIMUM RATINGS (Full operating ambient temperature range applies, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Cathode to Anode Voltage	V_{KA}	37	V
Cathode Current Range, Continuous	I_K	-100 to +150	mA
Reference Input Current Range, Continuous	I_{ref}	-0.05 to +10	mA
Operating Junction Temperature	T_J	150	°C
Operating Ambient Temperature Range TL431I, TL431AI, TL431BI TL431C, TL431AC, TL431BC NCV431AI, TL431BV	T_A	-40 to +85 0 to +70 -40 to +125	°C
Storage Temperature Range	T_{sig}	-65 to +150	°C
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C Ambient Temperature D, LP Suffix Plastic Package P Suffix Plastic Package DM Suffix Plastic Package	P_D	0.70 1.10 0.52	W
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C Case Temperature D, LP Suffix Plastic Package P Suffix Plastic Package	P_D	1.5 3.0	W

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

NOTE: ESD data available upon request.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Condition	Symbol	Min	Max	Unit
Cathode to Anode Voltage	V_{KA}	V_{ref}	36	V
Cathode Current	I_K	1.0	100	mA

THERMAL CHARACTERISTICS

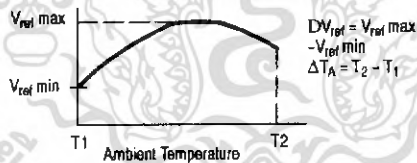
Characteristic	Symbol	D, LP Suffix Package	P Suffix Package	DM Suffix Package	Unit
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	178	114	240	°C/W
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	83	41	-	°C/W

TL431, A, B Series, NCV431A

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

Characteristic	Symbol	TL431I			TL431C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Reference Input Voltage (Figure 1) V _{KA} = V _{ref} , I _K = 10 mA T _A = 25°C T _A = T _{low} to T _{high} (Note 1)	V _{ref}	2.44 2.41	2.495 -	2.55 2.58	2.44 2.423	2.495 -	2.55 2.567	V
Reference Input Voltage Deviation Over Temperature Range (Figure 1, Notes 1, 2) V _{KA} = V _{ref} , I _K = 10 mA	ΔV _{ref}	-	7.0	30	-	3.0	17	mV
Ratio of Change in Reference Input Voltage to Change in Cathode to Anode Voltage I _K = 10 mA (Figure 2), ΔV _{KA} = 10 V to V _{ref} ΔV _{KA} = 36 V to 10 V	$\frac{\Delta V_{ref}}{\Delta V_{KA}}$	-	-1.4 -1.0	-2.7 -2.0	-	-1.4 -1.0	-2.7 -2.0	mV/V
Reference Input Current (Figure 2) I _K = 10 mA, R1 = 10 k, R2 = ∞ T _A = 25°C T _A = T _{low} to T _{high} (Note 1)	I _{ref}	-	1.8 -	4.0 6.5	-	1.8 -	4.0 5.2	μA
Reference Input Current Deviation Over Temperature Range (Figure 2, Note 1, 4) I _K = 10 mA, R1 = 10 k, R2 = ∞	ΔI _{ref}	-	0.8	2.5	-	0.4	1.2	μA
Minimum Cathode Current For Regulation V _{KA} = V _{ref} (Figure 1)	I _{min}	-	0.5	1.0	-	0.5	1.0	mA
Off-State Cathode Current (Figure 3) V _{KA} = 36 V, V _{ref} = 0 V	I _{off}	-	20	1000	-	20	1000	nA
Dynamic Impedance (Figure 1, Note 3) V _{KA} = V _{ref} , ΔI _K = 1.0 mA to 100 mA f ≤ 1.0 kHz	Z _{KA}	-	0.22	0.5	-	0.22	0.5	Ω

- T_{low} = -40°C for TL431AIP, TL431AILP, TL431IP, TL431ILP, TL431BID, TL431BIP, TL431BILP, TL431AIDM, TL431IDM, TL431BIDM; 0°C for TL431ACP, TL431ACL, TL431CP, TL431CLP, TL431CD, TL431ACD, TL431BCD, TL431BCP, TL431BCLP, TL431CDM, TL431ACDM, TL431BCDM
T_{high} = +85°C for TL431AIP, TL431AILP, TL431IP, TL431ILP, TL431BID, TL431BIP, TL431BILP, TL431IDM, TL431AIDM, TL431BIDM; +70°C for TL431ACP, TL431ACL, TL431CP, TL431ACD, TL431BCD, TL431BCP, TL431BCLP, TL431CDM, TL431ACDM, TL431BCDM
- The deviation parameter ΔV_{ref} is defined as the difference between the maximum and minimum values obtained over the full operating ambient temperature range that applies.



The average temperature coefficient of the reference input voltage, αV_{ref} is defined as:

$$\alpha V_{ref} \text{ ppm/}^\circ\text{C} = \frac{\left(\frac{\Delta V_{ref}}{V_{ref} @ 25^\circ\text{C}} \right) \times 10^6}{\Delta T_A} = \frac{\Delta V_{ref} \times 10^6}{\Delta T_A (V_{ref} @ 25^\circ\text{C})}$$

αV_{ref} can be positive or negative depending on whether V_{ref} Min or V_{ref} Max occurs at the lower ambient temperature. (Refer to Figure 6.)

Example: ΔV_{ref} = 8.0 mV and slope is positive,

$$V_{ref} @ 25^\circ\text{C} = 2.495 \text{ V}, \Delta T_A = 70^\circ\text{C}$$

$$\alpha V_{ref} = \frac{0.008 \times 10^6}{70 (2.495)} = 45.8 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$$

- The dynamic impedance Z_{KA} is defined as: $|Z_{KA}| = \frac{\Delta V_{KA}}{\Delta I_K}$. When the device is programmed with two external resistors, R1 and R2,

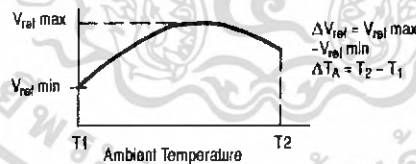
(refer to Figure 2) the total dynamic Impedance of the circuit is defined as: $|Z_{KA}'| = |Z_{KA}| \left(1 + \frac{R1}{R2} \right)$

TL431, A, B Series, NCV431A

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

Characteristic	Symbol	TL431AI / NCV431AI			TL431AC			TL431BI / TL431BV			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Reference Input Voltage (Figure 1) V _{KA} = V _{ref} , I _K = 10 mA T _A = 25°C T _A = T _{low} to T _{high}	V _{ref}	2.47 2.44	2.495 -	2.52 2.55	2.47 2.453	2.495 -	2.52 2.537	2.483 2.475	2.495 2.495	2.507 2.515	V
Reference Input Voltage Deviation Over Temperature Range (Figure 1, Notes 4, 5) V _{KA} = V _{ref} , I _K = 10 mA	ΔV _{ref}	-	7.0	30	-	3.0	17	-	3.0	17	mV
Ratio of Change in Reference Input Voltage to Change in Cathode to Anode Voltage I _K = 10 mA (Figure 2), ΔV _{KA} = 10 V to V _{ref} ΔV _{KA} = 36 V to 10 V	$\frac{\Delta V_{ref}}{\Delta V_{KA}}$	-	-1.4 -1.0	-2.7 -2.0	-	-1.4 -1.0	-2.7 -2.0	-	-1.4 -1.0	-2.7 -2.0	mV/V
Reference Input Current (Figure 2) I _K = 10 mA, R1 = 10 k, R2 = ∞ T _A = 25°C T _A = T _{low} to T _{high} (Note 4)	I _{ref}	-	1.8 -	4.0 6.5	-	1.8 -	4.0 5.2	-	1.1 -	2.0 4.0	μA
Reference Input Current Deviation Over Temperature Range (Figure 2, Note 4) I _K = 10 mA, R1 = 10 k, R2 = ∞	ΔI _{ref}	-	0.8	2.5	-	0.4	1.2	-	0.8	2.5	μA
Minimum Cathode Current For Regulation V _{KA} = V _{ref} (Figure 1)	I _{min}	-	0.5	1.0	-	0.5	1.0	-	0.5	1.0	mA
Off-State Cathode Current (Figure 3) V _{KA} = 36 V, V _{ref} = 0 V	I _{off}	-	20	1000	-	20	1000	-	0.23	500	nA
Dynamic Impedance (Figure 1, Note 6) V _{KA} = V _{ref} , ΔI _K = 1.0 mA to 100 mA f ≤ 1.0 kHz	Z _{KA}	-	0.22	0.5	-	0.22	0.5	-	0.14	0.3	Ω

4. T_{low} = -40°C for TL431AIP, TL431AILP, TL431IP, TL431ILP, TL431BID, TL431BIP, TL431BILP, TL431BV, TL431AIDM, TL431IDM, TL431BIDM, NCV431AIDMR2, NCV431AIDR2
= 0°C for TL431ACP, TL431ACLP, TL431CP, TL431CLP, TL431CD, TL431ACD, TL431BCD, TL431BCP, TL431BCLP, TL431CDM, TL431ACDM, TL431BCDM
- T_{high} = +85°C for TL431AIP, TL431AILP, TL431IP, TL431ILP, TL431BID, TL431BIP, TL431BILP, TL431IDM, TL431AIDM, TL431BIDM
= +70°C for TL431ACP, TL431ACLP, TL431CP, TL431ACD, TL431BCD, TL431BCP, TL431BCLP, TL431CDM, TL431ACDM, TL431BCDM
= +125°C TL431BV, NCV431AIDMR2, NCV431AIDR2
5. The deviation parameter ΔV_{ref} is defined as the difference between the maximum and minimum values obtained over the full operating ambient temperature range that applies.



The average temperature coefficient of the reference input voltage, α_{V_{ref}} is defined as:

$$\alpha_{V_{ref}} \frac{\text{ppm}}{^{\circ}\text{C}} = \frac{\left(\frac{\Delta V_{ref}}{V_{ref} @ 25^{\circ}\text{C}} \right) \times 10^6}{\Delta T_A} = \frac{\Delta V_{ref} \times 10^6}{\Delta T_A (V_{ref} @ 25^{\circ}\text{C})}$$

α_{V_{ref}} can be positive or negative depending on whether V_{ref} Min or V_{ref} Max occurs at the lower ambient temperature. (Refer to Figure 6.)

Example: ΔV_{ref} = 8.0 mV and slope is positive,

$$V_{ref} @ 25^{\circ}\text{C} = 2.495 \text{ V}, \Delta T_A = 70^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha_{V_{ref}} = \frac{0.008 \times 10^6}{70 (2.495)} = 45.8 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$$

6. The dynamic impedance Z_{KA} is defined as $|Z_{KA}| = \frac{\Delta V_{KA}}{\Delta I_K}$. When the device is programmed with two external resistors, R1 and R2, (refer to Figure 2) the total dynamic impedance of the circuit is defined as: $|Z_{KA}| \approx |Z_{KA}| \left(1 + \frac{R1}{R2} \right)$
7. NCV431AIDMR2, NCV431AIDR2 T_{low} = -40°C, T_{high} = +125°C. Guaranteed by design. NCV prefix is for automotive and other applications requiring site and change control.

MUR120 Series

Preferred Devices

SWITCHMODE™ Power Rectifiers

MUR105, MUR110, MUR115, MUR120,
MUR130, MUR140, MUR160

The MUR120 series of SWITCHMODE power rectifiers are designed for use in switching power supplies, inverters and as free wheeling diodes.

Features

- Ultrafast 25, 50 and 75 Nanosecond Recovery Times
- 175°C Operating Junction Temperature
- Low Forward Voltage
- Low Leakage Current
- High Temperature Glass Passivated Junction
- Reverse Voltage to 600 V
- These are Pb-Free Devices

Mechanical Characteristics

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



<http://onsemi.com>

ULTRAFAST RECTIFIERS
1.0 A, 50 V – 600 V



MARKING DIAGRAM



MUR = Device Code
1xx = Specific Device Code
A = Assembly Location
YY = Year
WW = Work Week

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 2 of this data sheet.

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

*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

MUR120 Series

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	MUR							Unit
		105	110	115	120	130	140	160	
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	50	100	150	200	300	400	600	V
Average Rectified Forward Current (Square Wave Mounting Method #3 Per Note 1)	$I_{F(AV)}$	1.0 @ $T_A = 130^\circ\text{C}$			1.0 @ $T_A = 120^\circ\text{C}$			A	
Nonrepetitive Peak Surge Current (Surge applied at rated load conditions, halfwave, single phase, 60 Hz)	I_{FSM}	35							A
Operating Junction Temperature and Storage Temperature	T_J, T_{stg}	-65 to +175							$^\circ\text{C}$

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

THERMAL CHARACTERISTICS

Maximum Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	Note 1	$^\circ\text{C/W}$
---	-----------------	--------	--------------------

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Maximum Instantaneous Forward Voltage (Note 1) ($I_F = 1.0$ Amp, $T_J = 150^\circ\text{C}$) ($I_F = 1.0$ Amp, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_F	0.710 0.875	1.05 1.25	V
Maximum Instantaneous Reverse Current (Note 1) (Rated DC Voltage, $T_J = 150^\circ\text{C}$) (Rated DC Voltage, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_R	50 2.0	150 5.0	μA
Maximum Reverse Recovery Time ($I_F = 1.0$ A, $di/dt = 50$ A/ μs) ($I_F = 0.5$ A, $I_R = 1.0$ A, $I_{REC} = 0.25$ A)	t_{rr}	35 25	75 50	ns
Maximum Forward Recovery Time ($I_F = 1.0$ A, $dI/dt = 100$ A/ μs , I_{REC} to 1.0 V)	t_{fr}	25	50	ns

1. Pulse Test: Pulse Width = 300 μs , Duty Cycle $\leq 2.0\%$.

ORDERING INFORMATION

Device	Marking	Package	Shipping†
MUR105	MUR105	Axial Lead*	1000 Units/Bag
MUR105RL	MUR105		5000 Units/Tape & Reel
MUR110	MUR110		1000 Units/Bag
MUR110RL	MUR110		5000 Units/Tape & Reel
MUR115	MUR115		1000 Units/Bag
MUR115RL	MUR115		5000 Units/Tape & Reel
MUR120	MUR120		1000 Units/Bag
MUR120RL	MUR120		5000 Units/Tape & Reel
MUR130	MUR130		1000 Units/Bag
MUR130RL	MUR130		5000 Units/Tape & Reel
MUR140	MUR140		1000 Units/Bag
MUR140RL	MUR140		5000 Units/Tape & Reel
MUR160	MUR160		1000 Units/Bag
MUR160RL	MUR160		5000 Units/Tape & Reel

†For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

*This package is inherently Pb-Free.

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในเชิงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM117/LM317A/LM317 3-Terminal Adjustable Regulator

General Description

The LM117 series of adjustable 3-terminal positive voltage regulators is capable of supplying in excess of 1.5A over a 1.2V to 37V output range. They are exceptionally easy to use and require only two external resistors to set the output voltage. Further, both line and load regulation are better than standard fixed regulators. Also, the LM117 is packaged in standard transistor packages which are easily mounted and handled.

In addition to higher performance than fixed regulators, the LM117 series offers full overload protection available only in IC's. Included on the chip are current limit, thermal overload protection and safe area protection. All overload protection circuitry remains fully functional even if the adjustment terminal is disconnected.

Normally, no capacitors are needed unless the device is situated more than 6 inches from the input filter capacitors in which case an input bypass is needed. An optional output capacitor can be added to improve transient response. The adjustment terminal can be bypassed to achieve very high ripple rejection ratios which are difficult to achieve with standard 3-terminal regulators.

Besides replacing fixed regulators, the LM117 is useful in a wide variety of other applications. Since the regulator is "floating" and sees only the input-to-output differential volt-

age, supplies of several hundred volts can be regulated as long as the maximum input to output differential is not exceeded, i.e., avoid short-circuiting the output.

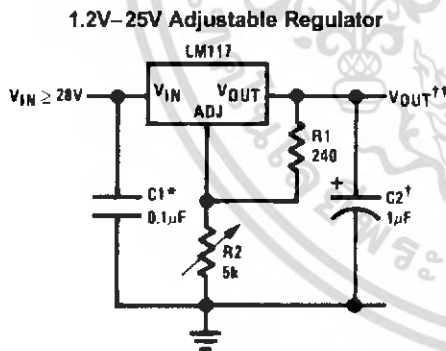
Also, it makes an especially simple adjustable switching regulator, a programmable output regulator, or by connecting a fixed resistor between the adjustment pin and output, the LM117 can be used as a precision current regulator. Supplies with electronic shutdown can be achieved by clamping the adjustment terminal to ground which programs the output to 1.2V where most loads draw little current.

For applications requiring greater output current, see LM150 series (3A) and LM138 series (5A) data sheets. For the negative complement, see LM137 series data sheet.

Features

- Guaranteed 1% output voltage tolerance (LM317A)
- Guaranteed max. 0.01%/V line regulation (LM317A)
- Guaranteed max. 0.3% load regulation (LM117)
- Guaranteed 1.5A output current
- Adjustable output down to 1.2V
- Current limit constant with temperature
- P+ Product Enhancement tested
- 80 dB ripple rejection
- Output is short-circuit protected

Typical Applications



00906301

Full output current not available at high input-output voltages

*Needed if device is more than 6 inches from filter capacitors.

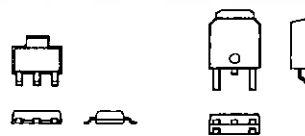
†Optional—improves transient response. Output capacitors in the range of 1 μF to 1000 μF of aluminum or tantalum electrolytic are commonly used to provide improved output impedance and rejection of transients.

$$\dagger\dagger V_{OUT} = 1.25V \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{ADJ}(R2)$$

LM117 Series Packages

Part Number Suffix	Package	Design Load Current
K	TO-3	1.5A
H	TO-39	0.5A
T	TO-220	1.5A
E	LCC	0.5A
S	TO-263	1.5A
EMP	SOT-223	1A
MDT	TO-252	0.5A

SOT-223 vs D-Pak (TO-252) Packages



SOT-223

TO-252

00906334

Scale 1:1

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Power Dissipation	Internally Limited
Input-Output Voltage Differential	+40V, -0.3V
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Lead Temperature	
Metal Package (Soldering, 10 seconds)	300°C
Plastic Package (Soldering, 4 seconds)	260°C

ESD Tolerance (Note 5)

3 kV

Operating Temperature Range

LM117	-55°C ≤ T _J ≤ +150°C
LM317A	-40°C ≤ T _J ≤ +125°C
LM317	0°C ≤ T _J ≤ +125°C

Preconditioning

Thermal Limit Burn-In All Devices 100%

Electrical Characteristics (Note 3)

Specifications with standard type face are for T_J = 25°C, and those with **boldface type** apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, V_{IN} - V_{OUT} = 5V, and I_{OUT} = 10 mA.

Parameter	Conditions	LM117 (Note 2)			Units	
		Min	Typ	Max		
Reference Voltage					V	
	3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 40V, 10 mA ≤ I _{OUT} ≤ I _{MAX} , P ≤ P _{MAX}	1.20	1.25	1.30	V	
Line Regulation	3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 40V (Note 4)		0.01	0.02	%/V	
			0.02	0.05	%/V	
Load Regulation	10 mA ≤ I _{OUT} ≤ I _{MAX} (Note 4)		0.1	0.3	%	
			0.3	1	%	
Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.03	0.07	%/W	
Adjustment Pin Current			50	100	μA	
Adjustment Pin Current Change	10 mA ≤ I _{OUT} ≤ I _{MAX} 3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 40V		0.2	5	μA	
Temperature Stability	T _{MIN} ≤ T _J ≤ T _{MAX}		1		%	
Minimum Load Current	(V _{IN} - V _{OUT}) = 40V		3.5	5	mA	
Current Limit	(V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 15V	K Package	1.5	2.2	3.4	A
		H Packages	0.5	0.8	1.8	A
	(V _{IN} - V _{OUT}) = 40V	K Package	0.3	0.4		A
		H Package	0.15	0.2		A
RMS Output Noise, % of V _{OUT}	10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz		0.003		%	
Ripple Rejection Ratio	V _{OUT} = 10V, f = 120 Hz, C _{ADJ} = 0 μF		65		dB	
	V _{OUT} = 10V, f = 120 Hz, C _{ADJ} = 10 μF	66	80		dB	
Long-Term Stability	T _J = 125°C, 1000 hrs		0.3	1	%	
Thermal Resistance, Junction-to-Case	K Package		2.3	3	°C/W	
	H Package		12	15	°C/W	
	E Package				°C/W	
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient (No Heat Sink)	K Package		35		°C/W	
	H Package		140		°C/W	
	E Package				°C/W	

Electrical Characteristics (Note 3)

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with **boldface type** apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} - V_{OUT} = 5\text{V}$, and $I_{OUT} = 10\text{ mA}$.

Parameter	Conditions	LM317A			LM317			Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Reference Voltage		1.238	1.250	1.262				V	
	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40\text{V}$, $10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}$, $P \leq P_{MAX}$	1.225	1.250	1.270	1.20	1.25	1.30	V	
Line Regulation	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40\text{V}$ (Note 4)		0.005	0.01		0.01	0.04	%/V	
			0.01	0.02		0.02	0.07	%/V	
Load Regulation	$10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}$ (Note 4)		0.1	0.5		0.1	0.5	%	
			0.3	1		0.3	1.5	%	
Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.04	0.07		0.04	0.07	%/W	
Adjustment Pin Current			50	100		50	100	μA	
Adjustment Pin Current Change	$10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}$ $3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40\text{V}$		0.2	5		0.2	5	μA	
Temperature Stability	$T_{MIN} \leq T_J \leq T_{MAX}$		1			1		%	
Minimum Load Current	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 40\text{V}$		3.5	10		3.5	10	mA	
Current Limit	$(V_{IN} - V_{OUT}) \leq 15\text{V}$ K, T, S Packages H Package MP Package		1.5	2.2	3.4	1.5	2.2	3.4	A
			0.5	0.8	1.8	0.5	0.8	1.8	A
			1.5	2.2	3.4	1.5	2.2	3.4	A
	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 40\text{V}$ K, T, S Packages H Package MP Package		0.15	0.4		0.15	0.4		A
			0.075	0.2		0.075	0.2		A
			0.55	0.4		0.15	0.4		A
RMS Output Noise, % of V_{OUT}	$10\text{ Hz} \leq f \leq 10\text{ kHz}$		0.003		0.003			%	
Ripple Rejection Ratio	$V_{OUT} = 10\text{V}$, $f = 120\text{ Hz}$, $C_{ADJ} = 0\text{ }\mu\text{F}$		65		65			dB	
	$V_{OUT} = 10\text{V}$, $f = 120\text{ Hz}$, $C_{ADJ} = 10\text{ }\mu\text{F}$		66	80		66	80	dB	
Long-Term Stability	$T_J = 125^\circ\text{C}$, 1000 hrs		0.3	1		0.3	1	%	
Thermal Resistance, Junction-to-Case	K Package					2.3	3	$^\circ\text{C/W}$	
	MDT Package					5		$^\circ\text{C/W}$	
	H Package		12	15		12	15	$^\circ\text{C/W}$	
	T Package		4	5		4		$^\circ\text{C/W}$	
	MP Package		23.5			23.5		$^\circ\text{C/W}$	
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient (No Heat Sink)	K Package		35			35		$^\circ\text{C/W}$	
	MDT Package (Note 6)					92		$^\circ\text{C/W}$	
	H Package		140			140		$^\circ\text{C/W}$	
	T Package		50			50		$^\circ\text{C/W}$	
	S Package (Note 6)		50			50		$^\circ\text{C/W}$	

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics. The guaranteed specifications apply only for the test conditions listed.

Note 2: Refer to RETS117H drawing for the LM117H, or the RETS117K for the LM117K military specifications.

Note 3: Although power dissipation is internally limited, these specifications are applicable for maximum power dissipations of 2W for the TO-39 and SOT-223 and 20W for the TO-3, TO-220, and TO-263. I_{MAX} is 1.5A for the TO-3, TO-220, and TO-263 packages, 0.5A for the TO-39 package and 1A for the SOT-223 Package. All limits (i.e., the numbers in the Min. and Max. columns) are guaranteed to National's AOQL (Average Outgoing Quality Level).

Note 4: Regulation is measured at a constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output voltage due to heating effects are covered under the specifications for thermal regulation.

Note 5: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

Note 6: If the TO-263 or TO-252 packages are used, the thermal resistance can be reduced by increasing the PC board copper area thermally connected to the package. Using 0.5 square inches of copper area, θ_{JA} is 50°C/W ; with 1 square inch of copper area, θ_{JA} is 37°C/W ; and with 1.6 or more square inches of copper area, θ_{JA} is 32°C/W . If the SOT-223 package is used, the thermal resistance can be reduced by increasing the PC board copper area (see applications hints for heatsinking).

Application Hints

In operation, the LM117 develops a nominal 1.25V reference voltage, V_{REF} , between the output and adjustment terminal. The reference voltage is impressed across program resistor $R1$ and, since the voltage is constant, a constant current I_1 then flows through the output set resistor $R2$, giving an output voltage of

$$V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{ADJ}R2$$

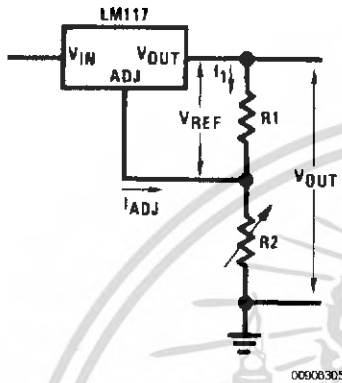


FIGURE 1.

Since the 100 μ A current from the adjustment terminal represents an error term, the LM117 was designed to minimize I_{ADJ} and make it very constant with line and load changes. To do this, all quiescent operating current is returned to the output establishing a minimum load current requirement. If there is insufficient load on the output, the output will rise.

External Capacitors

An input bypass capacitor is recommended. A 0.1 μ F disc or 1 μ F solid tantalum on the input is suitable input bypassing for almost all applications. The device is more sensitive to the absence of input bypassing when adjustment or output capacitors are used but the above values will eliminate the possibility of problems.

The adjustment terminal can be bypassed to ground on the LM117 to improve ripple rejection. This bypass capacitor prevents ripple from being amplified as the output voltage is increased. With a 10 μ F bypass capacitor 80 dB ripple rejection is obtainable at any output level. Increases over 10 μ F do not appreciably improve the ripple rejection at frequencies above 120 Hz. If the bypass capacitor is used, it is sometimes necessary to include protection diodes to prevent the capacitor from discharging through internal low current paths and damaging the device.

In general, the best type of capacitors to use is solid tantalum. Solid tantalum capacitors have low impedance even at high frequencies. Depending upon capacitor construction, it takes about 25 μ F in aluminum electrolytic to equal 1 μ F solid tantalum at high frequencies. Ceramic capacitors are also good at high frequencies; but some types have a large decrease in capacitance at frequencies around 0.5 MHz. For this reason, 0.01 μ F disc may seem to work better than a 0.1 μ F disc as a bypass.

Although the LM117 is stable with no output capacitors, like any feedback circuit, certain values of external capacitance

can cause excessive ringing. This occurs with values between 500 pF and 5000 pF. A 1 μ F solid tantalum (or 25 μ F aluminum electrolytic) on the output swamps this effect and insures stability. Any increase of the load capacitance larger than 10 μ F will merely improve the loop stability and output impedance.

Load Regulation

The LM117 is capable of providing extremely good load regulation but a few precautions are needed to obtain maximum performance. The current set resistor connected between the adjustment terminal and the output terminal (usually 240 Ω) should be tied directly to the output (case) of the regulator rather than near the load. This eliminates line drops from appearing effectively in series with the reference and degrading regulation. For example, a 15V regulator with 0.05 Ω resistance between the regulator and load will have a load regulation due to line resistance of 0.05 Ω \times I_L . If the set resistor is connected near the load the effective line resistance will be 0.05 Ω $(1 + R2/R1)$ or in this case, 11.5 times worse.

Figure 2 shows the effect of resistance between the regulator and 240 Ω set resistor.

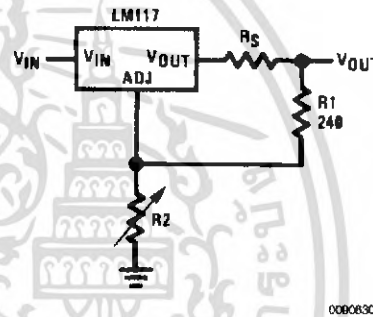


FIGURE 2. Regulator with Line Resistance in Output Lead

With the TO-3 package, it is easy to minimize the resistance from the case to the set resistor, by using two separate leads to the case. However, with the TO-39 package, care should be taken to minimize the wire length of the output lead. The ground of $R2$ can be returned near the ground of the load to provide remote ground sensing and improve load regulation.

Protection Diodes

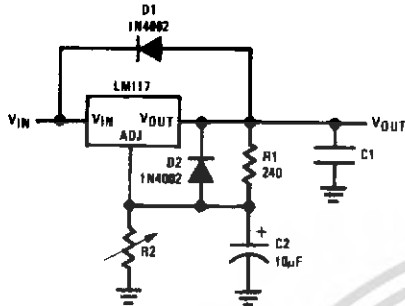
When external capacitors are used with any IC regulator it is sometimes necessary to add protection diodes to prevent the capacitors from discharging through low current points into the regulator. Most 10 μ F capacitors have low enough internal series resistance to deliver 20A spikes when shorted. Although the surge is short, there is enough energy to damage parts of the IC.

When an output capacitor is connected to a regulator and the input is shorted, the output capacitor will discharge into the output of the regulator. The discharge current depends on the value of the capacitor, the output voltage of the regulator, and the rate of decrease of V_{IN} . In the LM117, this discharge path is through a large junction that is able to sustain 15A surge with no problem. This is not true of other types of positive regulators. For output capacitors of 25 μ F or less, there is no need to use diodes.

The bypass capacitor on the adjustment terminal can discharge through a low current junction. Discharge occurs

Application Hints (Continued)

when either the input or output is shorted. Internal to the LM117 is a 50Ω resistor which limits the peak discharge current. No protection is needed for output voltages of 25V or less and 10 μF capacitance. Figure 3 shows an LM117 with protection diodes included for use with outputs greater than 25V and high values of output capacitance.



$$V_{OUT} = 1.25V \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{ADJ}R2$$

D1 protects against C1
D2 protects against C2

FIGURE 3. Regulator with Protection Diodes

When a value for $\theta_{(H-A)}$ is found using the equation shown, a heatsink must be selected that has a value that is less than or equal to this number.

$\theta_{(H-A)}$ is specified numerically by the heatsink manufacturer in the catalog, or shown in a curve that plots temperature rise vs power dissipation for the heatsink.

HEATSINKING TO-263, SOT-223 AND TO-252 PACKAGE PARTS

The TO-263 ("S"), SOT-223 ("MP") and TO-252 ("DT") packages use a copper plane on the PCB and the PCB itself as a heatsink. To optimize the heat sinking ability of the plane and PCB, solder the tab of the package to the plane.

Figure 4 shows for the TO-263 the measured values of $\theta_{(J-A)}$ for different copper area sizes using a typical PCB with 1 ounce copper and no solder mask over the copper area used for heatsinking.

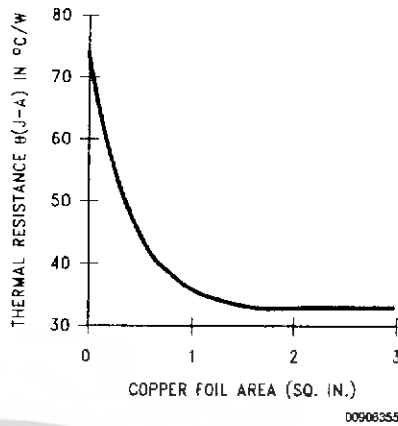


FIGURE 4. $\theta_{(J-A)}$ vs Copper (1 ounce) Area for the TO-263 Package

As shown in the figure, increasing the copper area beyond 1 square inch produces very little improvement. It should also be observed that the minimum value of $\theta_{(J-A)}$ for the TO-263 package mounted to a PCB is 32°C/W.

As a design aid, Figure 5 shows the maximum allowable power dissipation compared to ambient temperature for the TO-263 device (assuming $\theta_{(J-A)}$ is 35°C/W and the maximum junction temperature is 125°C).

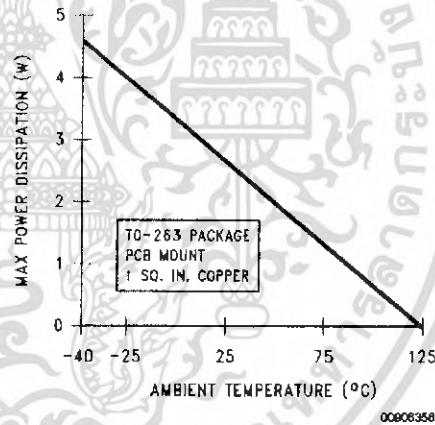


FIGURE 5. Maximum Power Dissipation vs T_{AMB} for the TO-263 Package

Figure 6 and Figure 7 show the information for the SOT-223 package. Figure 7 assumes a $\theta_{(J-A)}$ of 74°C/W for 1 ounce copper and 51°C/W for 2 ounce copper and a maximum junction temperature of 125°C.

Application Hints (Continued)

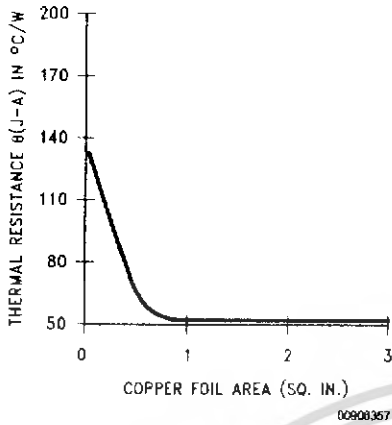


FIGURE 6. $\theta_{(J-A)}$ vs Copper (2 ounce) Area for the SOT-223 Package

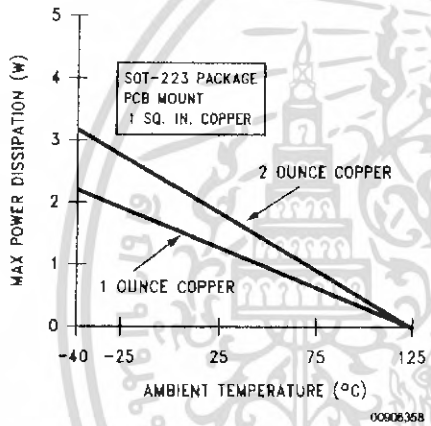


FIGURE 7. Maximum Power Dissipation vs T_{AMB} for the SOT-223 Package

The LM317 regulators have internal thermal shutdown to protect the device from over-heating. Under all possible operating conditions, the junction temperature of the LM317 must be within the range of 0°C to 125°C. A heatsink may be required depending on the maximum power dissipation and

maximum ambient temperature of the application. To determine if a heatsink is needed, the power dissipated by the regulator, P_D , must be calculated:

$$I_{IN} = I_L + I_G$$

$$P_D = (V_{IN} - V_{OUT}) I_L + V_{IN} I_G$$

Figure 8 shows the voltage and currents which are present in the circuit.

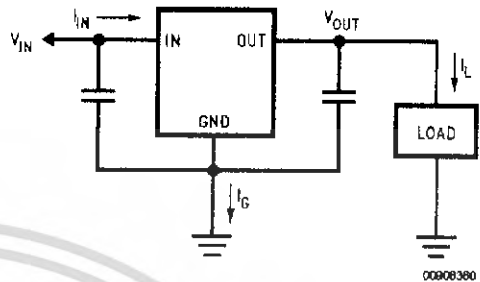


FIGURE 8. Power Dissipation Diagram

The next parameter which must be calculated is the maximum allowable temperature rise, $T_R(max)$:

$$T_R(max) = T_J(max) - T_A(max)$$

where $T_J(max)$ is the maximum allowable junction temperature (125°C), and $T_A(max)$ is the maximum ambient temperature which will be encountered in the application.

Using the calculated values for $T_R(max)$ and P_D , the maximum allowable value for the junction-to-ambient thermal resistance (θ_{JA}) can be calculated:

$$\theta_{JA} = T_R(max) / P_D$$

If the maximum allowable value for θ_{JA} is found to be $\geq 92^\circ\text{C/W}$ (Typical Rated Value) for TO-252 package, no heatsink is needed since the package alone will dissipate enough heat to satisfy these requirements. If the calculated value for θ_{JA} falls below these limits, a heatsink is required.

As a design aid, Table 1 shows the value of the θ_{JA} of TO-252 for different heatsink area. The copper patterns that we used to measure these θ_{JA} s are shown at the end of the Application Notes Section. Figure 9 reflects the same test results as what are in the Table 1

Figure 10 shows the maximum allowable power dissipation vs. ambient temperature for the TO-252 device. Figure 11 shows the maximum allowable power dissipation vs. copper area (in²) for the TO-252 device. Please see AN1028 for power enhancement techniques to be used with SOT-223 and TO-252 packages.

TABLE 1. θ_{JA} Different Heatsink Area

Layout	Copper Area		Thermal Resistance (θ_{JA} °C/W) TO-252
	Top Side (in ²)*	Bottom Side (in ²)	
1	0.0123	0	103
2	0.066	0	87
3	0.3	0	60
4	0.53	0	54
5	0.76	0	52
6	1	0	47
7	0	0.2	84
8	0	0.4	70
9	0	0.6	63

Application Hints (Continued)

TABLE 1. θ_{JA} Different Heatsink Area (Continued)

Layout	Copper Area		Thermal Resistance
10	0	0.8	57
11	0	1	57
12	0.066	0.066	89
13	0.175	0.175	72
14	0.284	0.284	61
15	0.392	0.392	55
16	0.5	0.5	53

Note: * Tab of device attached to topside of copper.

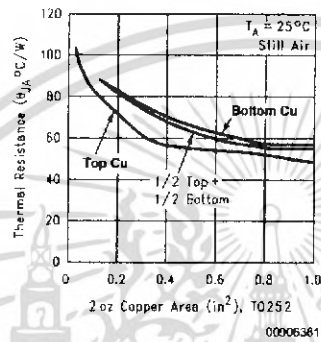


FIGURE 9. θ_{JA} vs 2oz Copper Area for TO-252

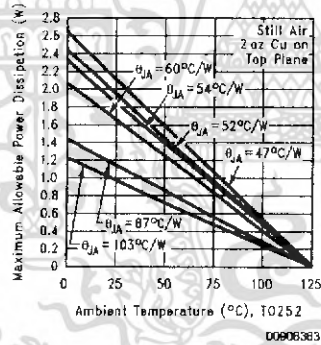


FIGURE 10. Maximum Allowable Power Dissipation vs. Ambient Temperature for TO-252

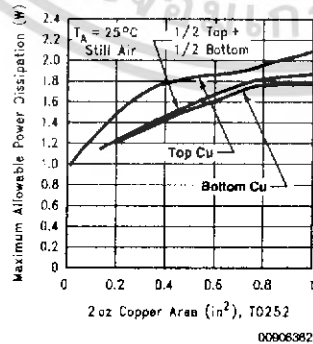


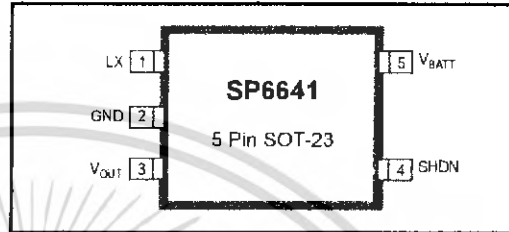
FIGURE 11. Maximum Allowable Power Dissipation vs. 2oz Copper Area for TO-252



SP6641A/6641B

500mA Alkaline DC/DC Boost Regulator in SOT-23

- Ultra Low Quiescent Current: 10 μ A
- Wide Input Voltage Range: 0.9V to 4.5V
- 90mA I_{OUT} at 1.3V Input (SP6641A-3.3V)
- 500mA I_{OUT} at 2.6V Input (SP6641B-3.3V)
- 100mA I_{OUT} at 2.0V Input (SP6641A-5.0V)
- 500mA I_{OUT} at 3.3V Input (SP6641B-5.0V)
- Fixed 3.3V or 5.0V Output Voltage
- Up to 87% Efficiency
- 0.3 Ω NFET R_{DS(on)}
- Startup Voltage Guaranteed at 0.9V
- 0.33A Inductor Current Limit (SP6641A)
- 1A Inductor Current Limit (SP6641B)
- Logic Shutdown Control
- SOT-23-5 Package



APPLICATIONS

- PDA's
- DSC's
- CD/MP3 Players
- Pagers
- Digital Cameras
- Portable Handheld Medical Devices

Now Available in Lead Free Packaging

DESCRIPTION

The SP6641 is an ultra-low quiescent current, high efficiency, DC-DC boost converter designed for single and dual cell alkaline, or Li-ion battery applications found in PDA's, MP3 players, and other handheld portable devices. The SP6641 features a 10 μ A quiescent current, a 0.3 Ω N-channel charging switch, 0.9V input startup, and a 0.33A or 1.0A inductor current limiting feature. The SP6641 is offered in a 5 pin SOT-23 package and provides an extremely small power supply footprint optimized for portable applications. The SP6641 is preset to 3.3V and can be controlled by a 1nA active LOW shutdown pin.

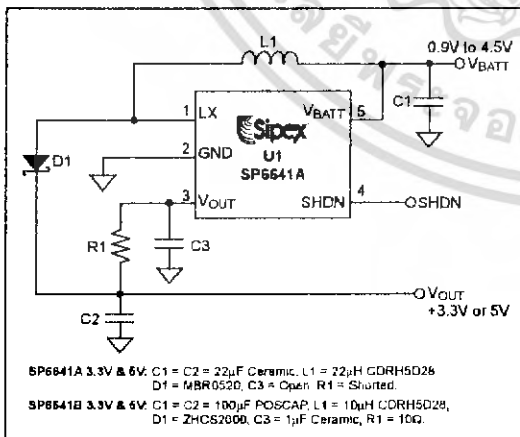


Figure 1. Typical Application Schematic

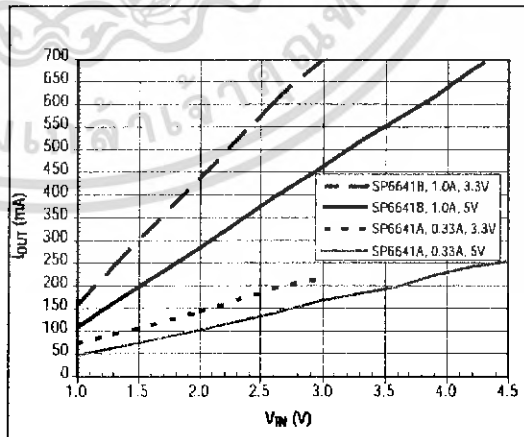


Figure 2. Maximum Load Current in Operation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

These are stress ratings only and functional operation of the device at these ratings or any other above those indicated in the operation sections of the specifications below is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

LX, V_{OUT}, SHDN, V_{BATT} to GND pin -0.3 to 6.0V
 LX Current 1.5A
 Reverse V_{BATT} Current 220mA
 Storage Temperature -65°C to 150°C
 Operating Temperature -40°C to +85°C
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec) 300 °C

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

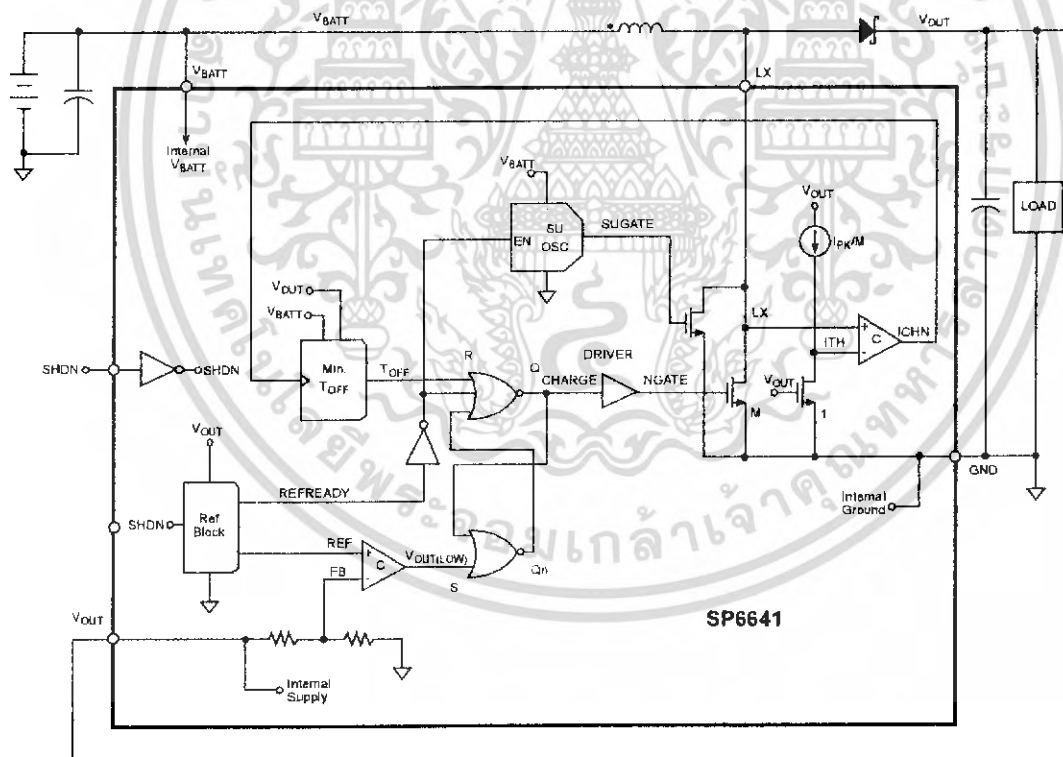
V_{BATT} = V_{SHDN} = 1.3V, I_{LOAD} = 0mA, -40°C < T_A < +85°C, V_{OUT} = +3.3V or +5.0V preset, typical values at 27°C unless otherwise noted.

PARAMETER	MIN	TYP	MAX	UNITS	CONDITIONS
Input Voltage Operating Range, V _{BATT}	0.5		4.5	V	after startup
Startup Voltage, V _{BATT}		0.85	0.90 1.00	V V	R _{LOAD} =3kΩ, T _A =27°C R _{LOAD} =3kΩ, -40°C < T _A < +85°C
Output Voltage, V _{OUT}	3.16 4.80	3.30 5.00	3.44 5.20	V V	3.3V V _{OUT} preset 5.0V V _{OUT} preset
Quiescent Current into V _{OUT} , I _{Q(OUT)}		10	15	μA	V _{OUT} =3.5V, 3.3V V _{OUT} preset V _{OUT} =5.5V, 5.0V V _{OUT} preset
Quiescent Current into V _{BATT} , I _{QB}		250	500	nA	V _{OUT} =3.5V, 3.3V V _{OUT} preset V _{OUT} =5.5V, 5.0V V _{OUT} preset
Shutdown Current into V _{OUT} , I _{SHDN}		1	500	nA	V _{SHDN} = 0V
Shutdown Current into V _{BATT} , I _{SHDN}		20	100	nA	V _{SHDN} = 0V
Inductor Current Limit (SP6641A)	280	330	380	mA	
Inductor Current Limit (SP6641B)	850	1000	1150	mA	
Output Current (SP6641AEK-3.3)		90 190		mA mA	V _{BATT} = 1.3V V _{BATT} = 2.6V
Output Current (SP6641BEK-3.3)		200 500		mA mA	V _{BATT} = 1.3V V _{BATT} = 2.6V
Output Current (SP6641AEK-5.0)		100 175		mA mA	V _{BATT} = 2.0V V _{BATT} = 3.3V
Output Current (SP6641BEK-5.0)		275 500		mA mA	V _{BATT} = 2.0V V _{BATT} = 3.3V
Minimum Off-Time Constant K _{OFF}		1.50		V*μs	T _{OFF} ≥ K _{OFF} / (V _{OUT} - V _{IN})
NMOS Switch Resistance		0.3	0.75	Ω	I _{NMOS} =100mA
SHDN Input Voltage V _{il} V _{ih}	80		20	% %	% of V _{BATT} % of V _{BATT}
SHDN Input Current		1	100	nA	

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	PIN NAME	DESCRIPTION
1	LX	Inductor switching node. Connect one terminal of the inductor to the positive terminal of the battery. Connect the second terminal of the inductor to this pin. The inductor charging current flows into LX, through the internal charging N-channel FET, and out through the GND pin.
2	GND	Ground pin. The internal regulator bias currents and the inductor charging current flows out of this pin.
3	V _{OUT}	Output voltage sense pin, internal regulator voltage supply, and minimum off-time one shot input. Kelvin connect this pin to the positive terminal of the output capacitor, but for SP6641B, use 10Ω series resistor and 1μF bypass per Figure 1 schematic.
4	SHDN	Shutdown. Tie this pin to V _{BATT} for normal operation. Tie this pin the ground to disable all circuitry inside the chip. In shutdown mode, the output voltage will float at a diode drop below the battery potential.
5	V _{BATT}	Battery voltage pin. The startup circuitry runs off of this pin. The regulating circuitry also uses this voltage to control the minimum off-time. $T_{OFF} \geq K_{OFF} / (V_{OUT} - V_{IN})$.

BLOCK DIAGRAM



PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Refer to the circuit in Figure 1, $T_{AMB} = +25^{\circ}\text{C}$

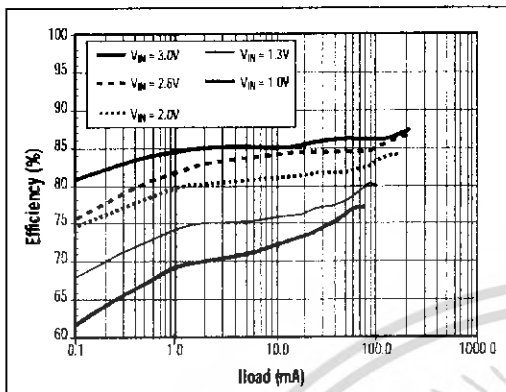


Figure 3. SP6641AEK - 3.3 Efficiency vs Load Current

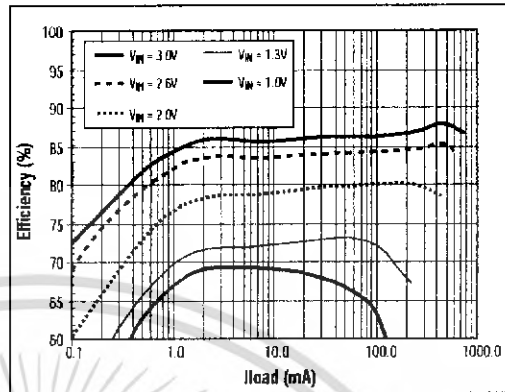


Figure 4. SP6641BEK - 3.3 Efficiency vs Load Current

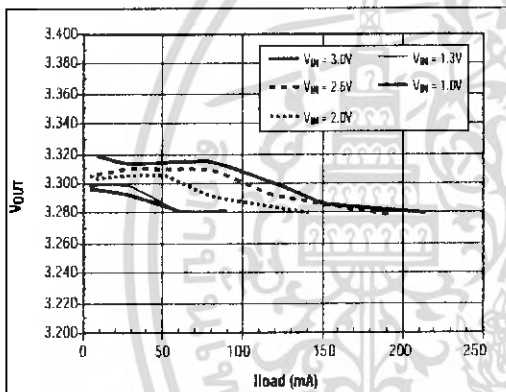


Figure 5. SP6641AEK - 3.3 Line/Load Rejection vs Load Current

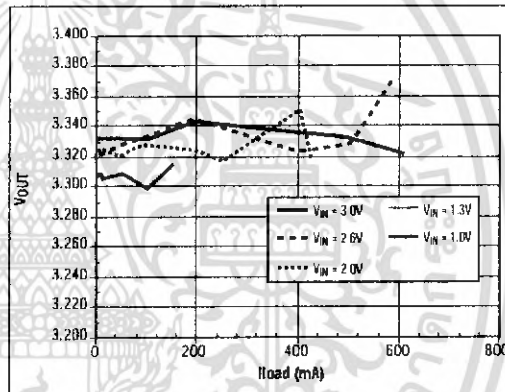


Figure 6. SP6641BEK - 3.3 Line/Load Rejection vs Load Current

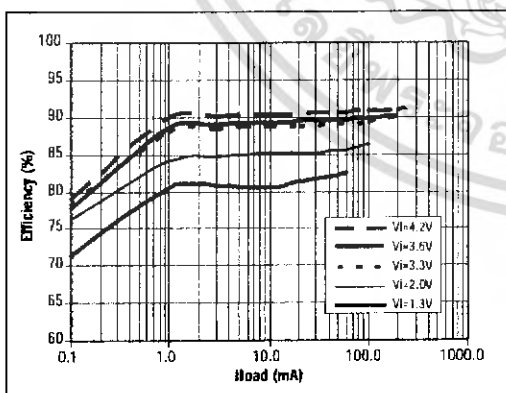


Figure 7. SP6641AEK-5.0 Efficiency Vs Load Current

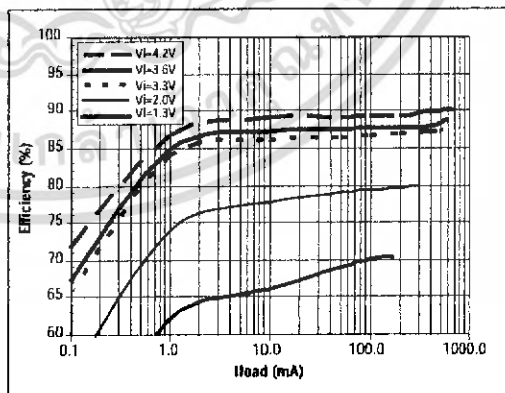


Figure 8. SP6641BEK-5.0 Efficiency Vs Load Current

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Refer to the circuit in Figure 1, $T_{AMH} = +25^{\circ}\text{C}$

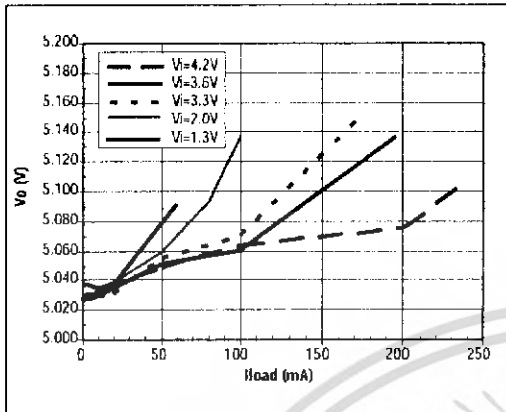


Figure 9. SP6641AEK-5.0 Line/Load Rejection Vs Load Current

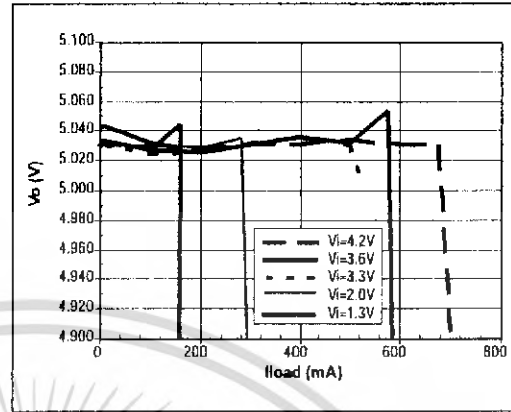


Figure 10. SP6641BEK-5.0 Line/Load Rejection Vs Load Current

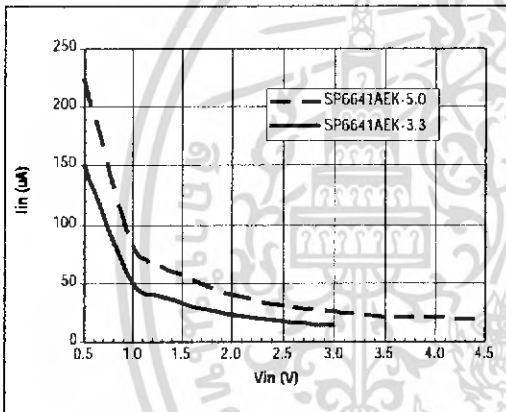


Figure 11. SP6641AEK-3.3 & SP6641AEK-5.0 No Load Battery Current

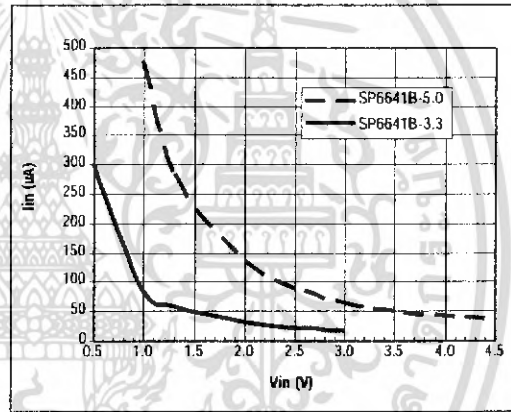


Figure 12. SP6641BEK-3.3 & SP6641AEK-5.0 No Load Battery Current

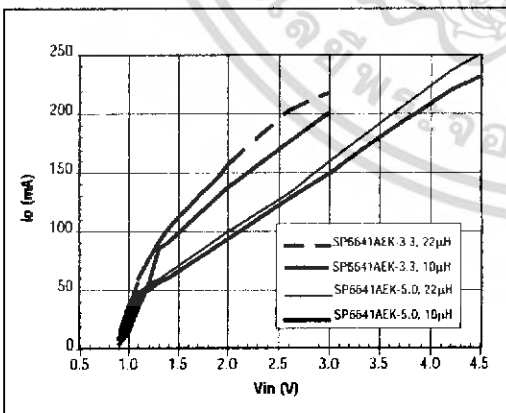


Figure 13. SP6641AEK-3.3 & SP6641AEK-5.0 Maximum Resistive Load Current in Startup

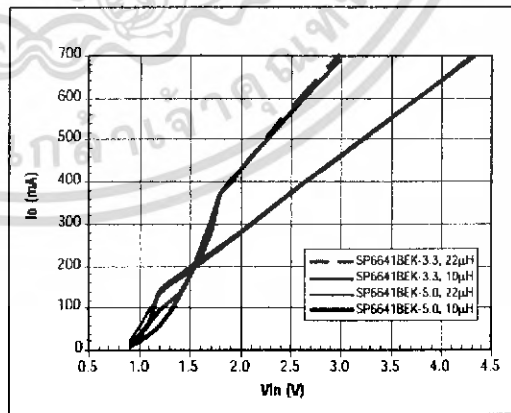


Figure 14. SP6641BEK-3.3 & SP6641BEK-5.0 Maximum Resistive Load Current in Startup

ORDERING INFORMATION

Part Number	TOP MARK	Temperature Range	Package Type
SP6641AEK-3.3/TR	K1	-40°C to 85°C	(Tape & Reel) 5-Pin SOT-23
SP6641BEK-3.3/TR	L1	-40°C to 85°C	(Tape & Reel) 5-Pin SOT-23
SP6641AEK-5.0/TR	P1	-40°C to 85°C	(Tape & Reel) 5-Pin SOT-23
SP6641BEK-5.0/TR	Q1	-40°C to 85°C	(Tape & Reel) 5-Pin SOT-23

Available in lead free packaging. To order add "-L" suffix to part number.

Example: SP6641AEK-3.3/TR = standard; SP6641AEK-L-3.3/TR = lead free, Top Mark "H4".

/TR = Tape and Reel

Pack quantity is 2,500 for SOT23.

Sipex
Corporation

SIGNAL PROCESSING EXCELLENCE

Sipex Corporation

Headquarters and
Sales Office
22 Linnell Circle
Billerica, MA 01821
TEL: (978) 687-8700
FAX: (978) 870-9001
e-mail: sales@sipex.com

Sales Office
233 South Hillview Drive
Milpitas, CA 95035
TEL: (408) 834-7500
FAX: (408) 935-7600

Sipex Corporation reserves the right to make changes to any products described herein. Sipex does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein; neither does it convey any license under its patent rights nor the rights of others.

Rev. 5/28/05, *Patent Pending

SP6641A/6641B 500mA Alkaline DC/DC Boost Regulator in SOT-23

© Copyright 2002 Sipex Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

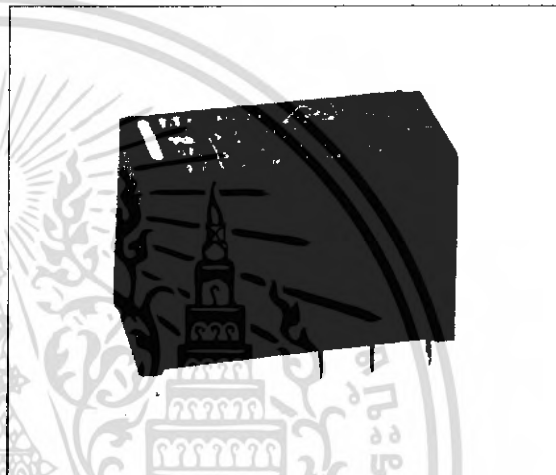
POWER RELAY

2 POLES—5 A LOW PROFILE TYPE

FTR-F1 SERIES

■ FEATURES

- Low profile power relay (height 16.5 mm) employing unique construction
DPST/DPDT 5 A, TV-3 rating available
- Higher isolation by employing reinforced insulation construction
Insulation distance: 8 mm (between coil and contact)
Dielectric strength: 5 kV (between coil and contact)
Surge strength: 10 kV (between coil and contact)
- Plastic sealed relay
- Pin configuration compatible to VB/FBR620
- UL, CSA, VDE, SEMKO, BSI recognized
- Conforms to FIMKO, IMQ, DEMKO (under approval)
- Environmentally friendly cadmium free contact type is available



■ ORDERING INFORMATION

[Example] $\frac{\text{FTR-F1}}{\text{(a)}}$ $\frac{\text{A}}{\text{(b)}}$ $\frac{\text{A}}{\text{(c)}}$ $\frac{\text{005}}{\text{(d)}}$ $\frac{\text{V}}{\text{(e)}}$ $\frac{\text{--**}}{\text{(f)}}$

(a)	Series Name	FTR-F1: FTR-F1 Series	
(b)	Contact Arrangement	A : 2 form A (DPST-NO)	C : 2 form C (DPDT)
(c)	Coil Type	A : Standard type (0.53 W)	D : High sensitive type (0.4W)
(d)	Nominal Voltage	005 : 5 VDC	012: 12 VDC
		006 : 6 VDC	024: 24 VDC
		009 : 9 VDC	048: 48 VDC
(e)	Contact Material/TV Type	V : Gold plate silver alloy (standard type)	
		T : Gold plate silver alloy (TV-3 rating type, only standard make type)	
(f)	Custom Designation	To be assigned custom specification	

Ordering Code: Actual Marking:
FTR-F1AA005V F1AA005V

FTR-F1 SERIES

■ SAFETY STANDARD AND FILE NUMBERS

UL508, 873 (File No. E63614)

C 22.2 No. 14 (File No. LR40304-30/ LR107822)

VDE 0435, 0631, 0700, 0860 (File No. 11039-4940-1019)

	Type	Nominal voltage	Contact rating
TV-Rating	FTR-F1AA()T	5 to 48 VDC	TV-3 120 VAC 1/6 HP 125 VAC 1/4 HP 250 VAC 5 A 24 VDC/250 VAC resistive Pilot duty R 300
Standard/ sensitive	FTR-F1CA(V)	5 to 48 VDC	Same as above without TV-3 2A 250VAC inductive (PF=0.4)

■ SPECIFICATIONS

Item		Standard Type	Sensitive Type	TV-3 Rating Type
Contact	Arrangement	2 form A (DPST-NO), 2 form C (DPDT)		2 form A (DPST-NO)
	Material	Gold plate silver alloy		
	Style	Single		
	Resistance (initial)	Maximum 100 mΩ (at 1 A 6 VDC)		
	Rating (resistive)	5 A 250 VAC/24 VDC		
	Maximum Carrying Current	7 A		
	Maximum Switching Rating	1,250 VA/120 W		
	Maximum Switching Voltage	400 VAC 300 VDC		
	Maximum Switching Current	5 A		
	Minimum Switching Load*1	10 mA 5 VDC		
	Maximum Inrush Current	—		
Coil	Nominal Power (at 20°C)	0.53 W	0.4 W	0.53 W
	Operate Power (at 20°C)	0.26 W	0.225W	0.26W
	Operating Temperature	-40°C to +75°C (no frost) (refer to the CHARACTERISTIC DATA)		
Time Value	Operate (at nominal voltage)	Maximum 15 ms		
	Release (at nominal voltage)	Maximum 5 ms		
Insulation	Resistance (at 500 VDC)	Minimum 1,000 MΩ		
	Dielectric Strength	between open contacts	1,000 VAC 1 minute (3,000 VAC between adjacent contacts)	
		between coil and contacts	5,000 VAC 1 minute	
Surge Strength	10,000 V (at 1.2 × 50 μs)			
Life	Mechanical	2 × 10 ⁷ operations minimum		
	Electrical	Contact Rating	1 × 10 ⁵ operations minimum	
		Lamp Load	—	
Other	Vibration Resistance	Misoperation	10 to 55 Hz (double amplitude of 1.65 mm)	
		Endurance	10 to 55 Hz (double amplitude of 3.3 mm)	
	Shock Resistance	Misoperation	100 m/s ² (11 ± 1 ms)	
		Endurance	1,000 m/s ² (6 ± 1 ms)	
	Weight	Approximately 12 g		

*1 Minimum switching loads mentioned above are reference values. Please perform the confirmation test with the actual load before production since reference values may vary according to switching frequencies, environmental conditions and expected reliability levels.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Edixeon Emitter

1W High Power LED



DATE : 2005/10/28

VERSION : 3.0

Device No. : 3-RD-01-E0001



EDISON OPTO CORPORATION
Office: 4F, No. 800, Chung-Cheng Rd,
Chung-Ho, Taipei 235, Taiwan, R.O.C.

Tel: 886-2-8227-6996
Fax: 886-2-8227-6997
<http://www.edison-opto.com.tw>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Long operating life (up to 100,000 hours)
- More Energy Efficient than incandescent and most halogen lamps
- Low forward voltage operated
- Instant light (Less than 100 ns)
- No UV
- High ESD protection.(More than 8kV).

Typical Applications

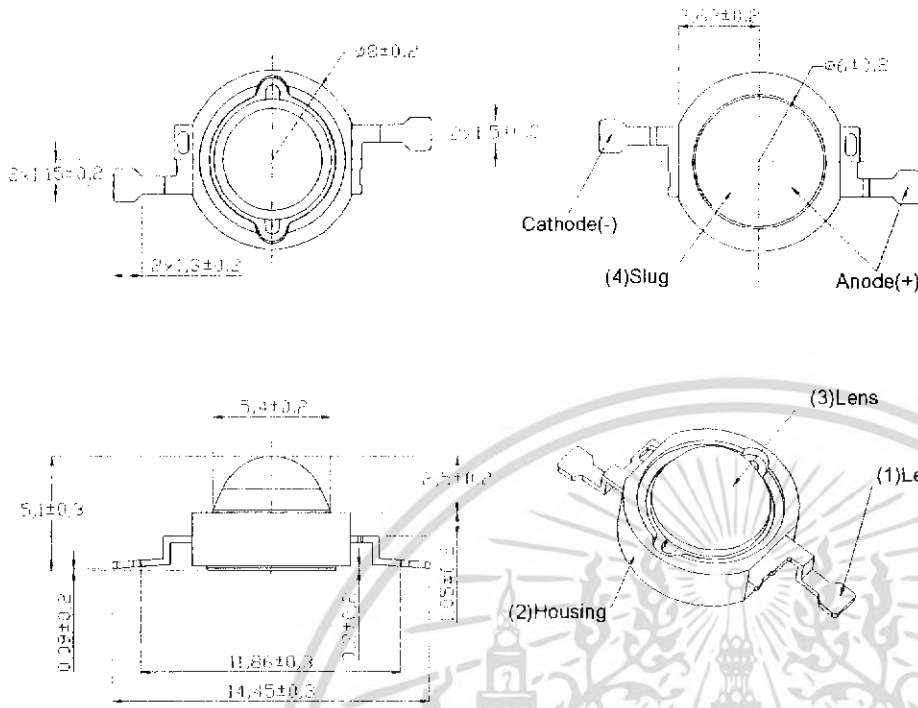
- Reading lights
- Portable flashlight
- Uplighters and Downlighters
- Bollards / Security / Garden lighting
- Indoor and Outdoor Commercial lighting
- LCD Backlights / Light guides
- General lighting



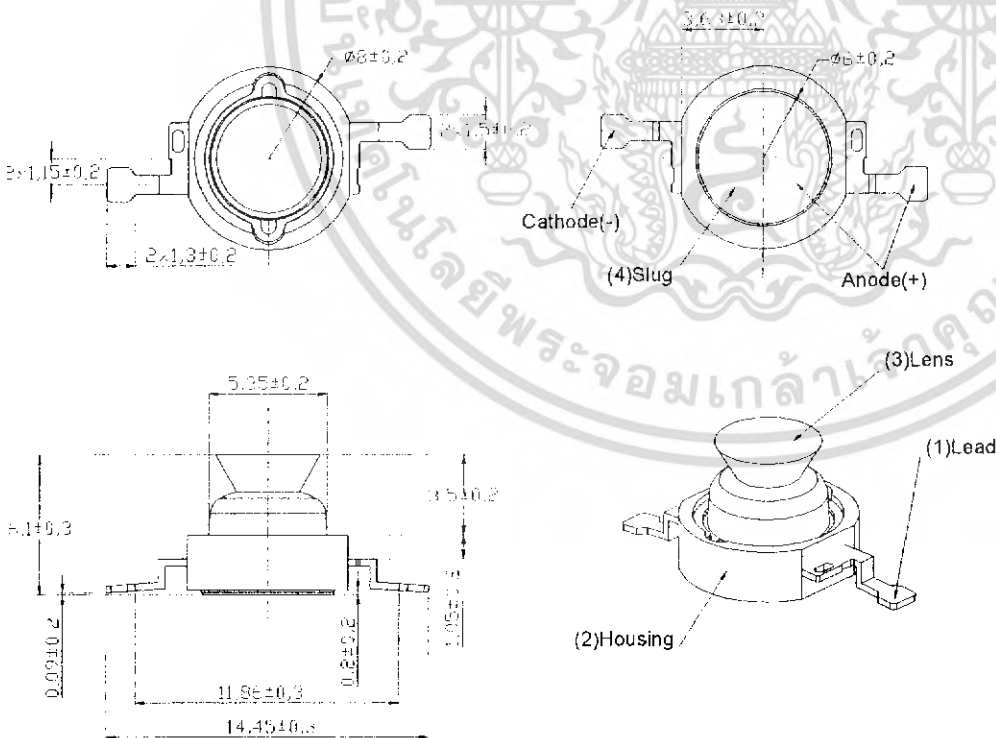
Edison Emitter group

White Housing	<i>Emitter</i>	White	Warm White	Red	Green
	Lambertian	EDEW-1LA1	EDEX-1LA1	EDER-1LA3	EDET-1LA2
	Batwing	EDEW-1BA1	EDEX-1BA1	EDER-1BA3	EDET-1BA2
	Side Emitting	EDEW-1SA1	EDEX-1SA1	EDER-1SA3	EDET-1SA2
	Focusing	EDEW-1FA1	EDEX-1FA1	EDER-1FA3	EDET-1FA2
	<i>Emitter</i>	Blue	Red Orange	Amber	
	Lambertian	EDEB-1LA1	EDEO-1LA3	EDEA-1LA3	
	Batwing	EDEB-1BA1	EDEO-1BA3	EDEA-1BA3	
	Side Emitting	EDEB-1SA1	EDEO-1SA3	EDEA-1SA3	
	Focusing	EDEB-1FA1	EDEO-1FA3	EDEA-1FA3	

Amberian Package Outlines

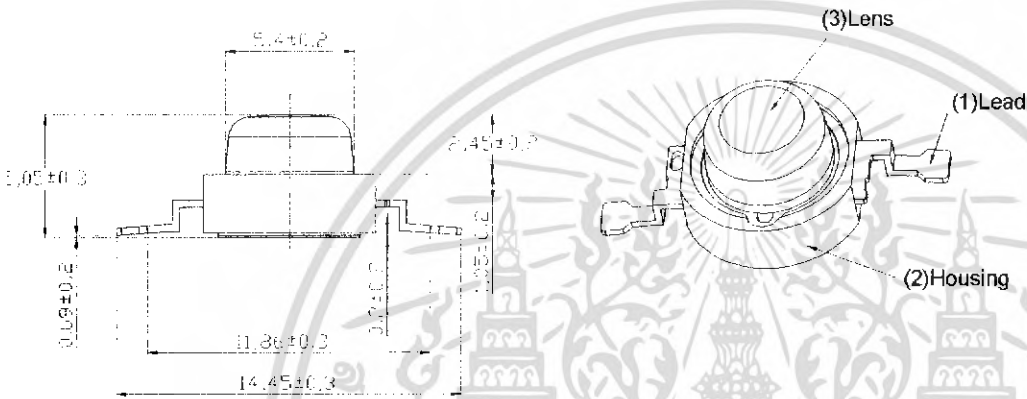
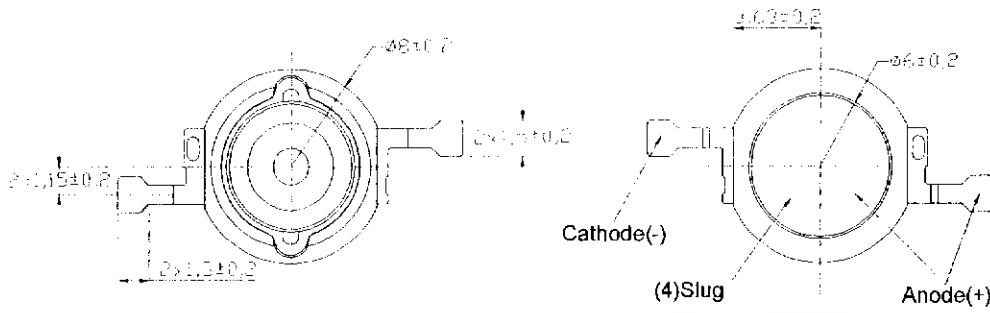


Side Emitting Package Outlines

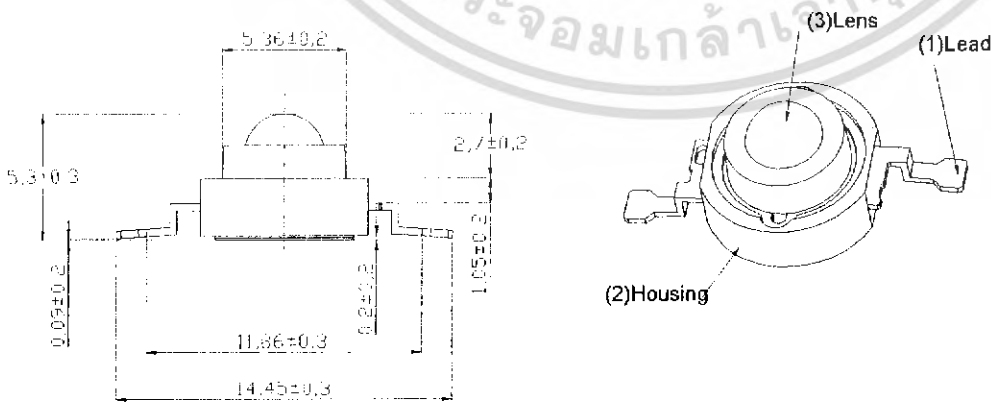
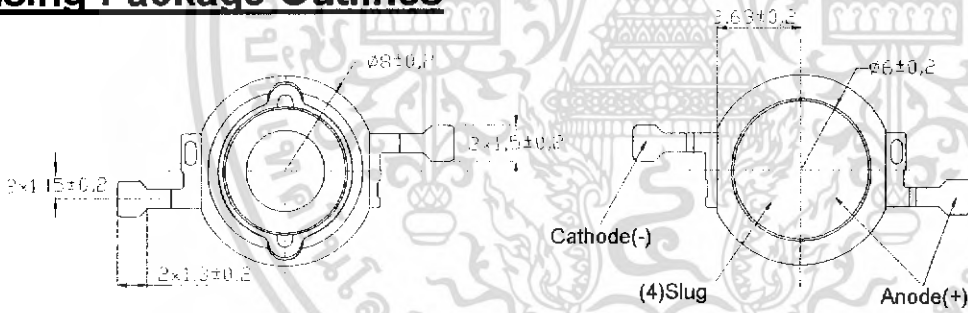


Unit:mm

batwing Package Outlines



ocusing Package Outlines

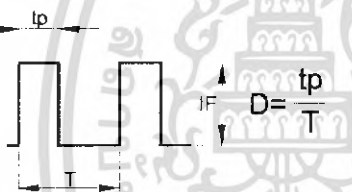


Unit:mm

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Rating	Units
DC Forward Current	I_F	350	mA
Peak pulse current; ($t_p \leq 100\mu s$, Duty cycle=0.005) ^{*1}	I_{pulse}	1000	mA
Reverse Voltage	V_R	5	V
Junction Temperature (at 350 mA)	T_j	125	°C
Operating Temperature	T_{opr}	-30 ~ +110	°C
Storage Temperature	T_{stg}	-40 ~ +120	°C
Manual Soldering Time at 260°C (Max.)	T_{sol}	5	seconds

Duty cycle:



Forward Voltage
Characteristics at $I_F=350mA(T_a=25^\circ C)$:

Lens Item	Part Name	Color	V_F			Units
			Min.	Typ.	Max.	
	EDEW-1xx1	White	2.8	--	4.0	V
	EDEX-1xx1	Warm White	2.8	--	4.0	V
Lambertian	EDER-1xx3	Red	2.0	--	2.75	V
Side Emitting	EDEO-1xx3	Red Orange	2.0	--	2.75	V
Batwing	EDEA-1xx3	Amber	2.0	--	2.75	V
Focusing	EDET-1xx2	True Green	2.8	--	4.0	V
	EDEB-1xx1	Blue	2.8	--	4.0	V

Wavelength or Color Temperature
Characteristics at $I_F=350mA(T_a=25^\circ C)$:

Lens Item	Part Name	Color	λ_d/CCT			Units
			Min.	Typ.	Max.	
	EDEW-1xx1	White	5000	--	8000	K
	EDEX-1xx1	Warm White	2800	--	3800	K
Lambertian	EDER-1xx3	Red	620	--	630	nm
Side Emitting	EDEO-1xx3	Red Orange	610	--	620	nm
Batwing	EDEA-1xx3	Amber	585	--	595	nm
Focusing	EDET-1xx2	True Green	515	--	535	nm
	EDEB-1xx1	Blue	460	--	475	nm

Thermal Resistance Junction to Board
Characteristics at $I_F=350mA(T_a=25^\circ C)$:

Lens Item	Part Name	Color	$R\theta_{J-B}$			Units
			Min.	Typ.	Max.	
Lambertian Side Emitting Batwing Focusing	EDEW-1xx1	White	--	15	--	$^\circ C/W$
	EDEX-1xx1	Warm White	--	15	--	$^\circ C/W$
	EDER-1xx3	Red	--	15	--	$^\circ C/W$
	EDEO-1xx3	Red Orange	--	15	--	$^\circ C/W$
	EDEA-1xx3	Amber	--	15	--	$^\circ C/W$
	EDET-1xx2	True Green	--	15	--	$^\circ C/W$
	EDEB-1xx1	Blue	--	15	--	$^\circ C/W$

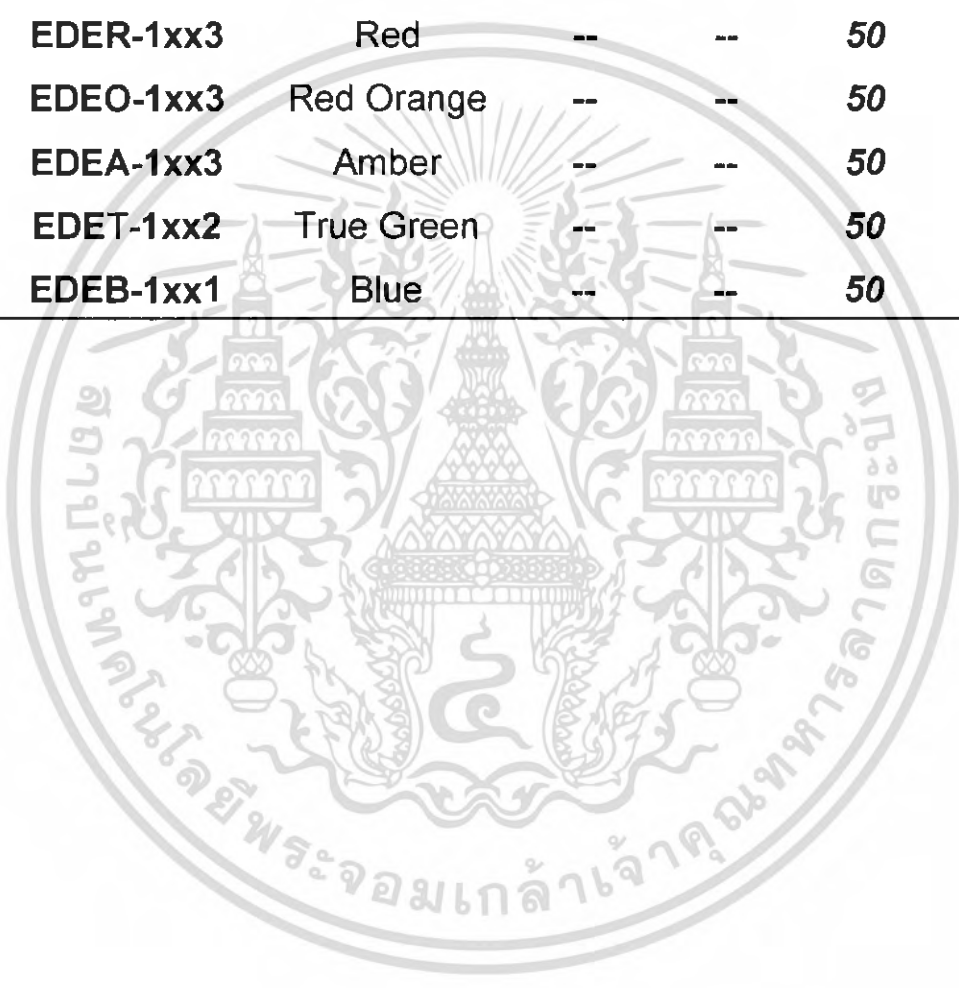
Temperature Coefficient Of Forward Voltage
Characteristics at $I_F=350mA(T_a=25^\circ C)$:

Lens Item	Part Name	Color	$\Delta V_F/\Delta T$			Units
			Min.	Typ.	Max.	
Lambertian Side Emitting Batwing Focusing	EDEW-1xx1	White	--	-2	--	$mV/^\circ C$
	EDEX-1xx1	Warm White	--	-2	--	$mV/^\circ C$
	EDER-1xx3	Red	--	-2	--	$mV/^\circ C$
	EDEO-1xx3	Red Orange	--	-2	--	$mV/^\circ C$
	EDEA-1xx3	Amber	--	-2	--	$mV/^\circ C$
	EDET-1xx2	True Green	--	-2	--	$mV/^\circ C$
	EDEB-1xx1	Blue	--	-2	--	$mV/^\circ C$

Reverse Current

Characteristics at $V_R=5V(T_a=25^\circ C)$:

Lens Item	Part Name	Color	$I_R(V_R=5V)$			Units
			Min.	Typ.	Max.	
	EDEW-1xx1	White	--	--	50	μA
	EDEX-1xx1	Warm White	--	--	50	μA
Lambertian	EDER-1xx3	Red	--	--	50	μA
Side Emitting	EDEO-1xx3	Red Orange	--	--	50	μA
Batwing	EDEA-1xx3	Amber	--	--	50	μA
Focusing	EDET-1xx2	True Green	--	--	50	μA
	EDEB-1xx1	Blue	--	--	50	μA



Emission Angle
Characteristics at $I_F=350mA(T_a=25^\circ C)$:

Lens Item	Part Name	Color	20%			Units
			Min.	Typ.	Max.	
Lambertian	EDEW-1Lx1	White	--	130	--	Degrees
	EDEX-1Lx1	Warm White	--	130	--	Degrees
	EDER-1Lx3	Red	--	120	--	Degrees
	EDEO-1Lx3	Red Orange	--	120	--	Degrees
	EDEA-1Lx3	Amber	--	120	--	Degrees
	EDET-1Lx2	True Green	--	150	--	Degrees
	EDEB-1Lx1	Blue	--	150	--	Degrees

Lens Item	Part Name	Color	θ _{PEAK}			Units
			Min.	Typ.	Max.	
Side Emitting	EDEW-1Sx1	White	--	80	--	Degrees
	EDEX-1Sx1	Warm White	--	80	--	Degrees
	EDER-1Sx3	Red	--	75	--	Degrees
	EDEO-1Sx3	Red Orange	--	75	--	Degrees
	EDEA-1Sx3	Amber	--	75	--	Degrees
	EDET-1Sx2	True Green	--	80	--	Degrees
	EDEB-1Sx1	Blue	--	80	--	Degrees

Emission Angle
Characteristics at $I_F=350mA(T_a=25^\circ C)$:

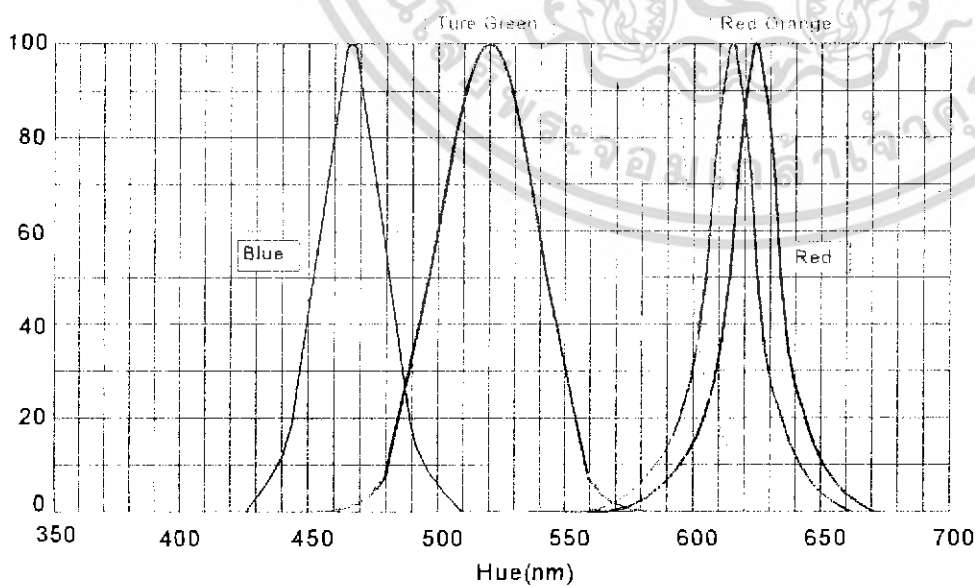
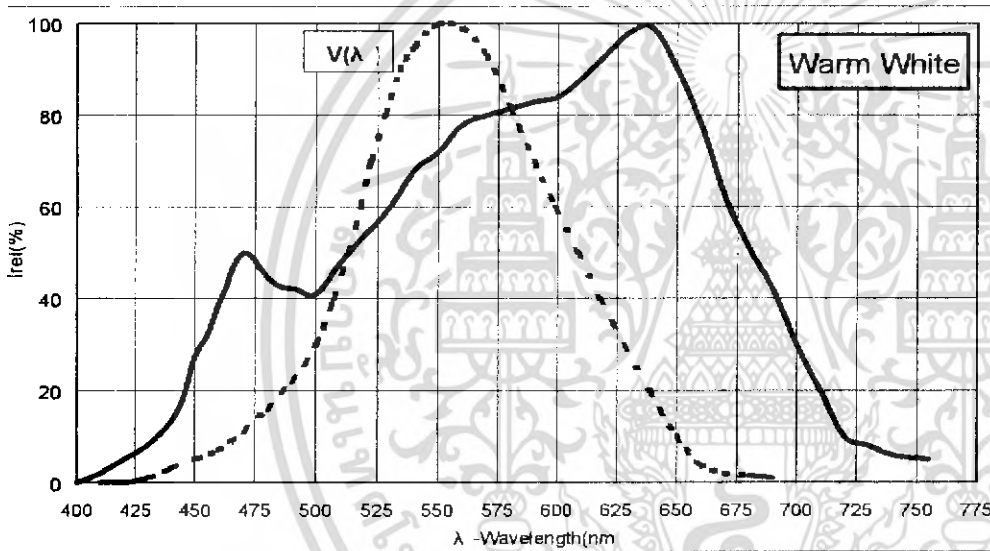
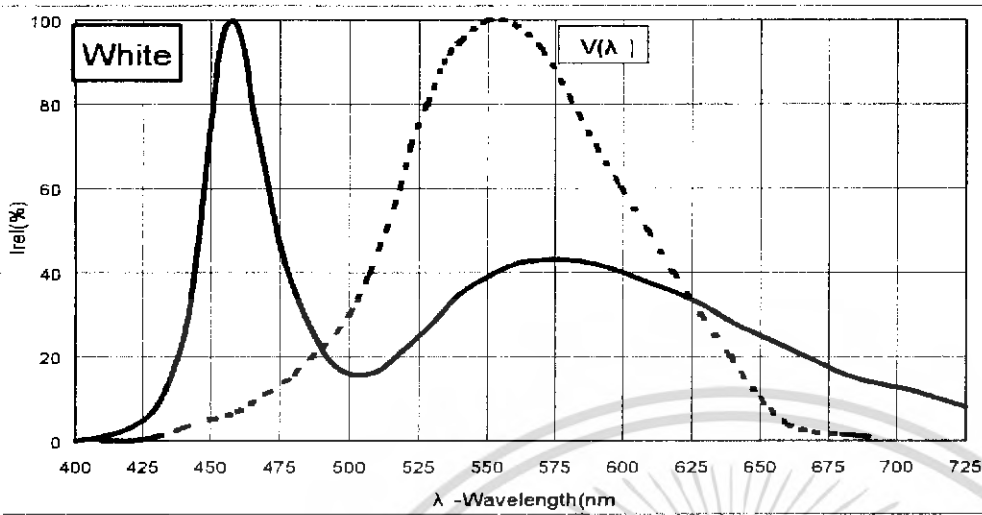
Lens Item	Part Name	Color	$2\theta_{1/2}$			Units
			Min.	Typ.	Max.	
Focusing	EDEW-1Fx1	White	--	80	--	Degrees
	EDEX-1Fx1	Warm White	--	80	--	Degrees
	EDER-1Fx3	Red	--	35	--	Degrees
	EDEO-1Fx3	Red Orange	--	35	--	Degrees
	EDEA-1Fx3	Amber	--	35	--	Degrees
	EDET-1Fx2	True Green	--	40	--	Degrees
	EDEB-1Fx1	Blue	--	40	--	Degrees

Lens Item	Part Name	Color	$2\theta_{1/2}$		θ_{PEAK}	Units
			Typ.	Typ.		
Batwing	EDEW-1Bx1	White	110	40		Degrees
	EDEX-1Bx1	Warm White	110	40		Degrees
	EDER-1Bx3	Red	110	35		Degrees
	EDEO-1Bx3	Red Orange	110	35		Degrees
	EDEA-1Bx3	Amber	110	35		Degrees
	EDET-1Bx2	True Green	110	40		Degrees
	EDEB-1Bx1	Blue	110	40		Degrees

Note

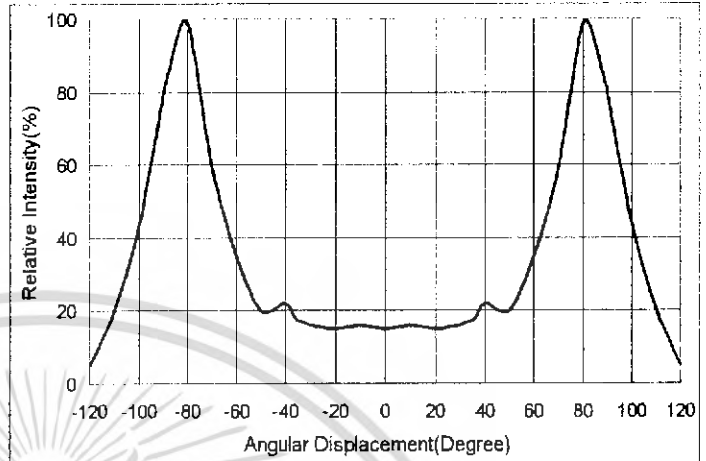
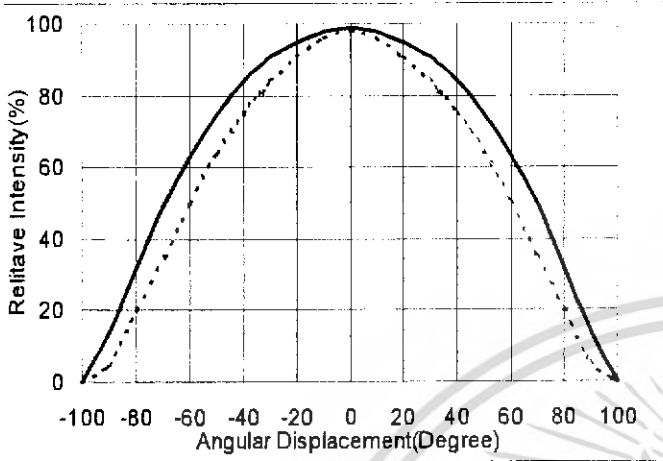
1. Flux is measured with an accuracy of $\pm 15\%$.
2. CCT selection acc. to CCT groups and an accuracy of $\pm 400K$
3. Forward Voltage is measured with an accuracy of $\pm 0.2V$.
4. Wavelength is measured with an accuracy of $\pm 3nm$
5. Angle is measured with an accuracy of ± 10 degree

Electrical & Optical Curves-Spectrum



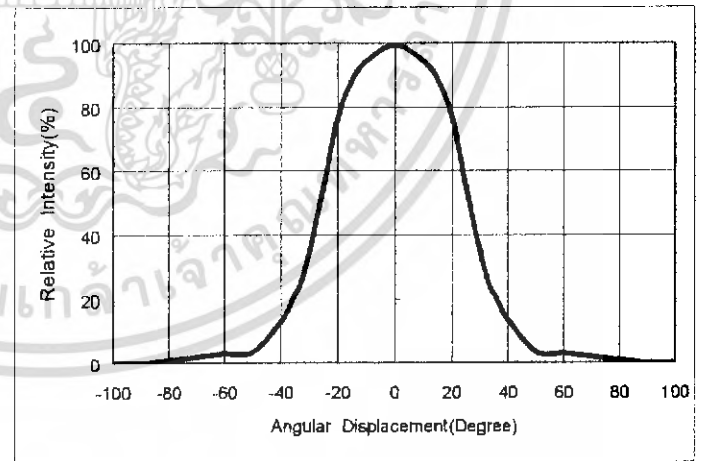
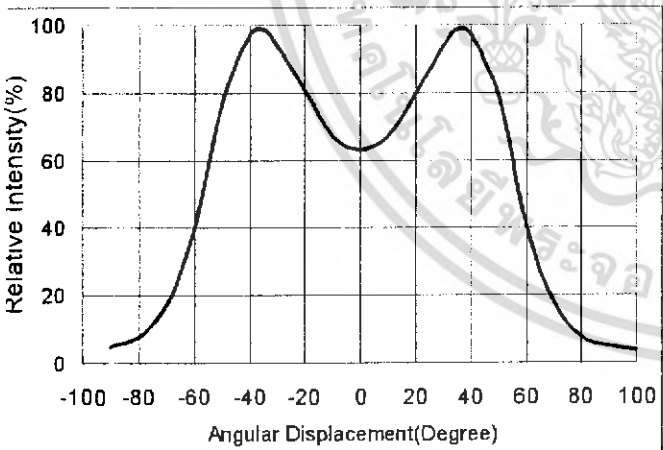
Typical Radiation Pattern for Lambertian

Typical Radiation Pattern for Side Emitting

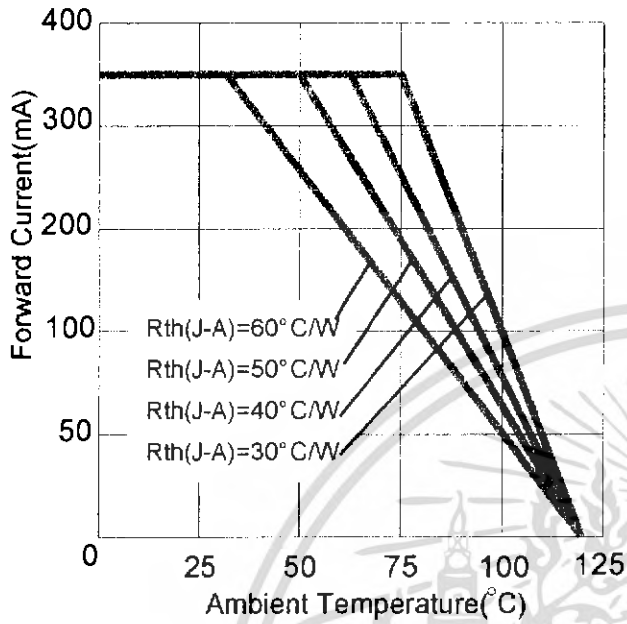


Typical Radiation Pattern for Batwing

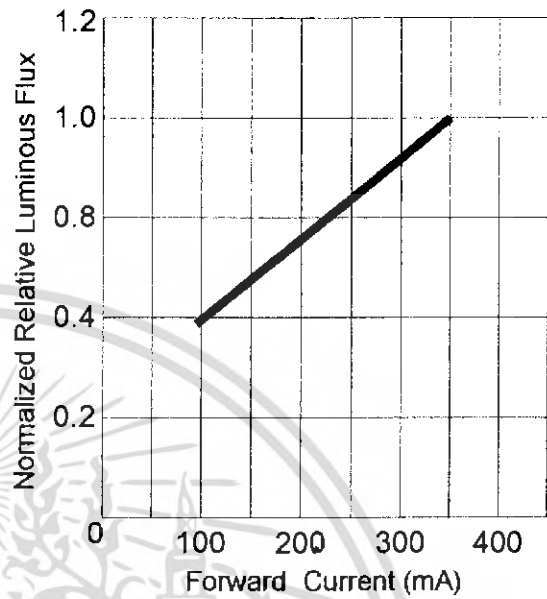
Typical Radiation Pattern for Focusing



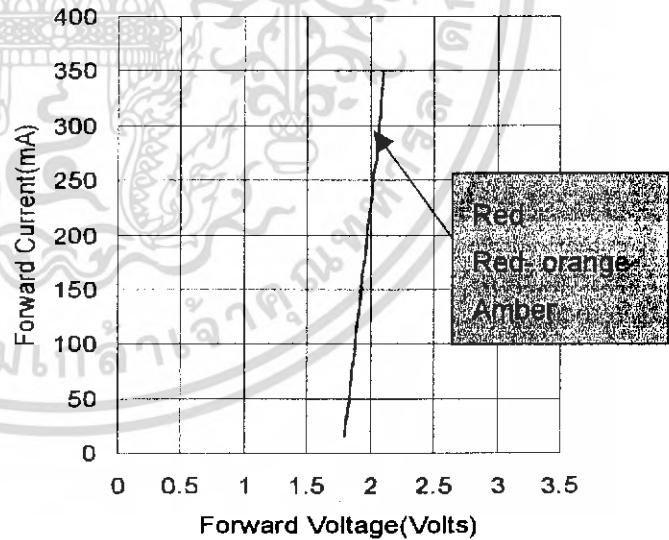
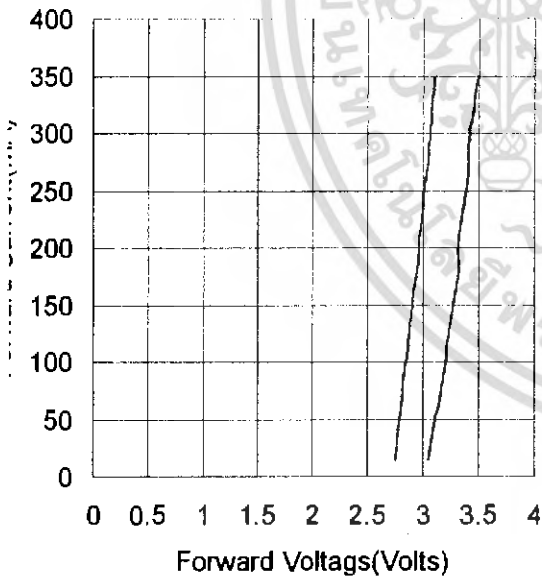
Operating Current & Ambient Temperature



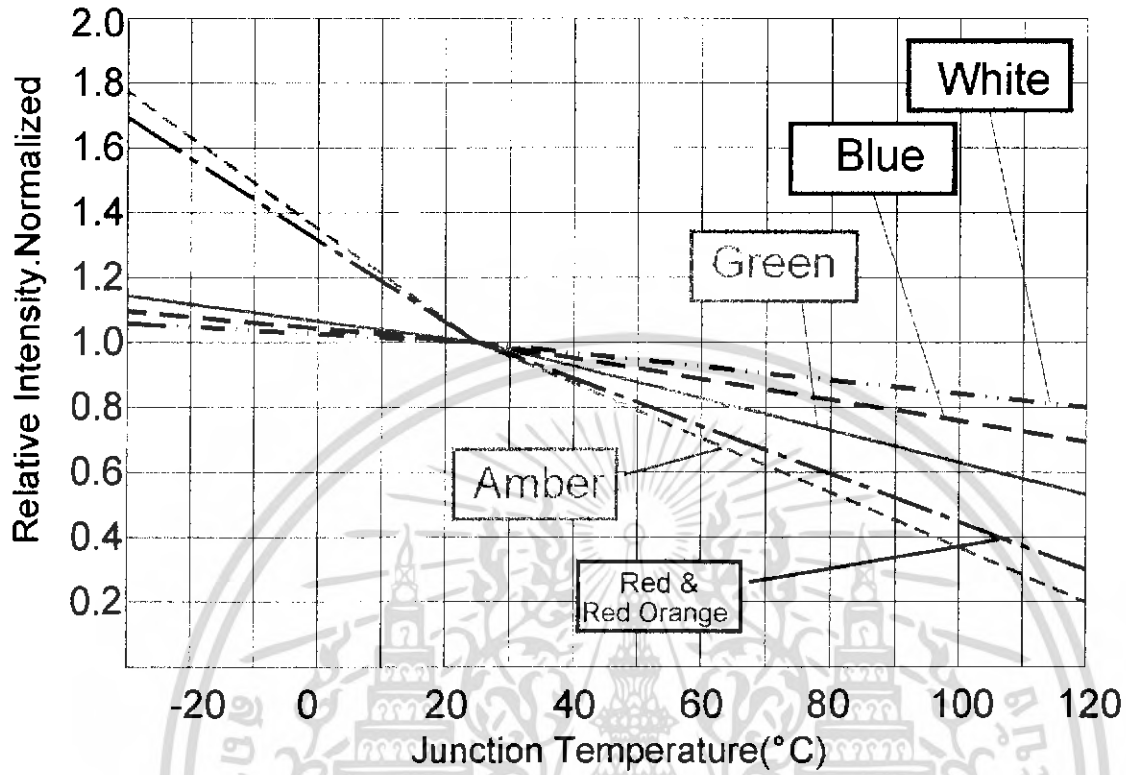
Current & Luminous Flux



Operating Current & Forward Voltage



Light Output & Junction Temperature



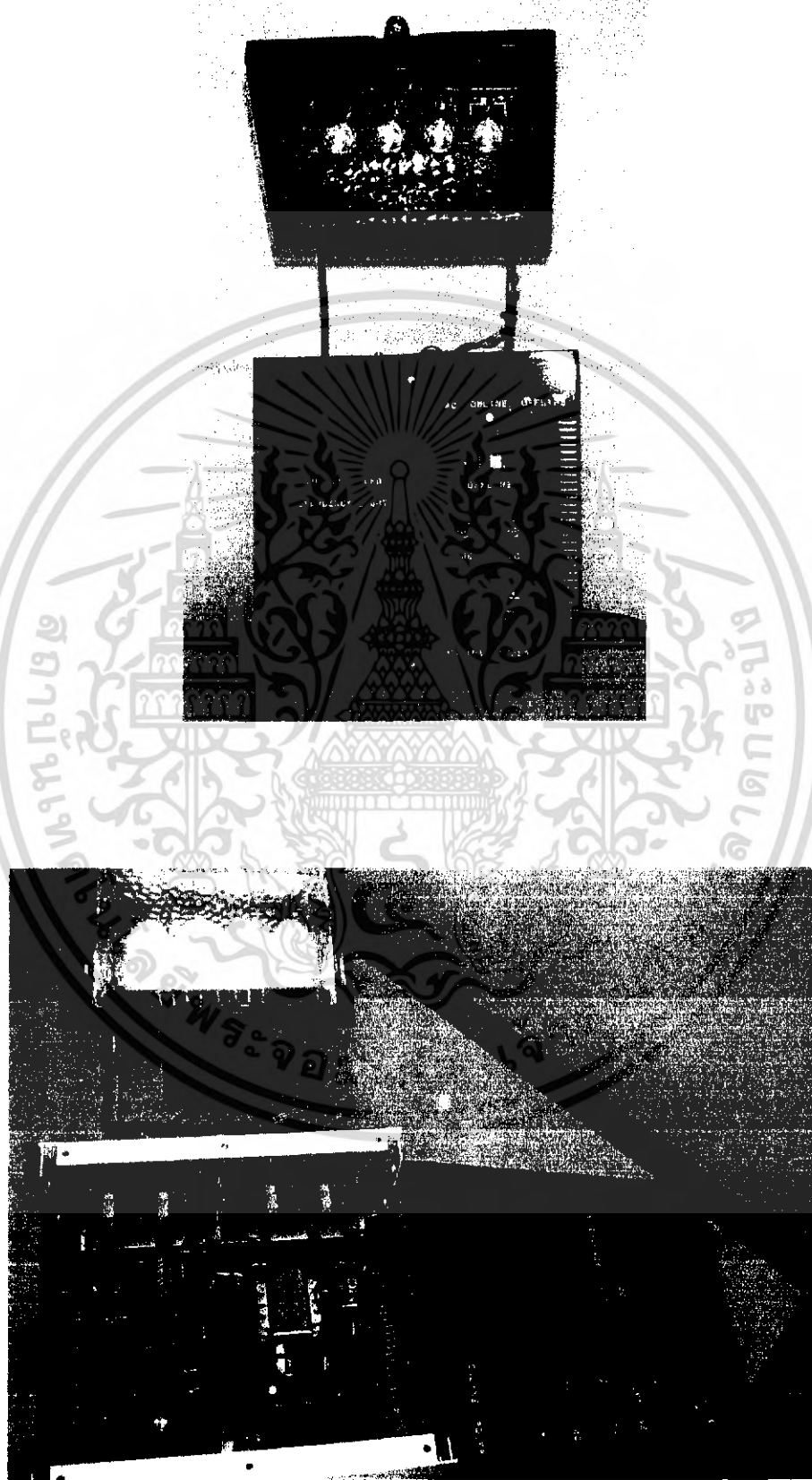
ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- ไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรฟลายแบคคอนเวเตอร์

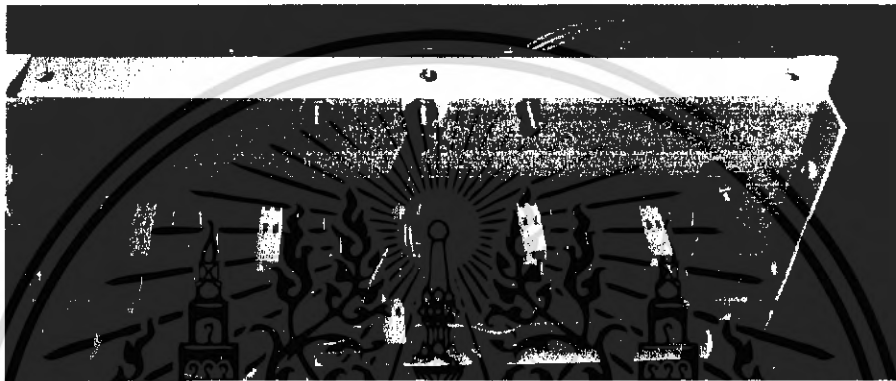
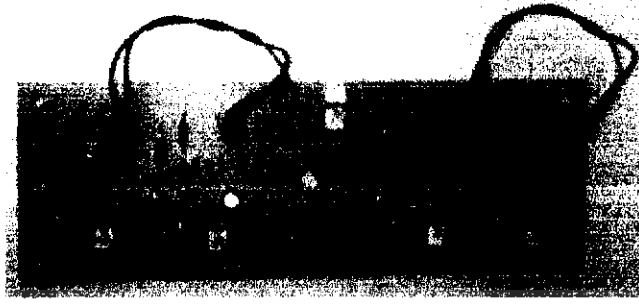


- วงจรรีเลย์ และวงจรออฟไลน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรขับหลอด



- โคมของหลอดแอลอีดีกำลังสูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักผู้ดูแลเนื้อหาเว็บไซต์นี้ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้