

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วงจรถักค่าตัวประกอบกำลังโดยวิธีการควบคุมแบบแคลมป์กระแส

POWER FACTOR CORRECTION CIRCUIT USING
CLAMPED – CURRENT CONTROL



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 62609
วัน,เดือน,ปี..... 21 ส.ค. 2549

b. 31172001
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร

สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง วงจรแก้ค่าตัวประกอบกำลังโดยวิธีการควบคุมแบบเคลมปีกระแส

Power Factor Correction Circuit Using Clamped – Current Control

ผู้จัดทำ

1. นายนพดล รักษาดี 46015307
2. นายอนันต์ โพธิ์น้อย 46015330



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแก้ค่าตัวประกอบกำลังโดยการควบคุมแบบแคลมป์กระแส

Power Factor Correction Circuit Using

Clamped – Current Control

นพดล รักษาดี 46015307

อนันต์ โพธิ์ชัย 46015330

ดร.ชนินทร์ บุญลักษณ์านุสรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังแบบแอ็คทีฟ (โดยใช้วงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงดีซี-ดีซีแบบบัสต์) เทคนิคการควบคุมที่ศึกษาคือ การควบคุมแบบแคลมป์กระแส วงจรต้นแบบสำหรับการควบคุมนี้ได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้น ผลการทดสอบพบว่าวงจรต้นแบบสามารถปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังได้เป็นที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเฝ้าระวังถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POWER FACTOR CORRECTION CIRCUITS USING - CLAMPED CURRENT CONTROL

Noppadol Raksadee

Anan Poyoi

Dr. Chanin Bunlaksananusuan Advisor

2005

Abstract

This thesis present active power factor correction circuit using a boost converter. The control techniques under the study a clamped-current control. Design and construction of the prototype circuit are described. Test results shown the prototype circuit operate satisfactorily and yields an improved power factor.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความเมตตาอย่างสูงจาก ดร.ชรินทร์ บุญลักษณานุสรณ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโทสำหรับคำแนะนำคำปรึกษา ความกรุณาที่ผู้ทำปริญญาโทได้รับมาตลอดเวลาที่ทำปริญญาโทและแบบอย่างการดำเนินชีวิต อาจารย์ที่ผู้ทำปริญญาโทรู้สึกภูมิใจที่ได้ร่วมงานด้วย ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ ดร.นนทวัฒน์ จุลเดชะ สำหรับคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อปริญญาโทนี้ อีกทั้งยังเป็นอาจารย์ที่ได้สั่งสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม และวิชาเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ให้กับผู้ทำปริญญาโทด้วย

ขอขอบคุณ พี่ภูวเดช คงถาวรวัฒนา และพี่ทศพล เกิดผล ที่ได้ให้ความช่วยเหลือผู้ทำปริญญาโทในทุก ๆ ด้าน ที่ทำให้คำปรึกษา สอนการใช้เครื่องมือต่างๆ ในการทำปริญญาโทให้กำลังใจ และถามถึงความก้าวหน้าอย่างสม่ำเสมอ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ห้องไอ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือผู้ทำปริญญาโทเสมอมา

ขอขอบคุณบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุมที่ได้อำนวยความสะดวกต่อผู้ทำปริญญาโท

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้การอุปถัมภ์เลี้ยงดู และสนับสนุนให้โอกาสผู้ทำปริญญาโท ได้รับการศึกษาเล่าเรียนมาจนถึงทุกวันนี้ เป็นกำลังใจให้กับผู้ทำปริญญาโทเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาโทนี้ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นพดล รักษาดี

อนันต์ โพธิ์ชัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VII
รายการคำย่อและสัญลักษณ์	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานของกำลังไฟฟ้า	3
2.1 ค่าตัวประกอบกำลัง	3
2.1.1 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าลักษณะไซน์และภาระไฟฟ้าเป็นเชิงเส้น	4
2.1.2 กรณีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเป็นลักษณะไซน์และภาระไฟฟ้าเป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้น	6
2.2 การปรับปรุงตัวประกอบกำลังแบบพาสซีฟ	8
2.3 การปรับปรุงตัวประกอบกำลังแบบแอ็คทีฟ	9
บทที่ 3 การควบคุมการทำงานของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง	10
3.1 บทนำ	10
3.2 วงจรชดเชย	11
3.2.1 วงจรชดเชยแบบพีไอ	11
3.2.2 การควบคุมแบบพีไอ	12
3.3 การควบคุมการทำงานของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง	13
3.3.1 การควบคุมโดยการควบคุมแคลมป์กระแส	13
บทที่ 4 การออกแบบและสร้างวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง	15
4.1 บทนำ	15
4.2 การออกแบบและสร้างวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังโดยการควบคุมแบบแคลมป์กระแส	15
4.2.1 การออกแบบวงจรภาคกำลัง	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา แลIIIองอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	21
5.1 บทนำ	21
5.2 ผลการทำงานก่อนปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง	21
5.3 ผลการทำงานของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง	25
5.3.1 การควบคุมโดยการควบคุมแบบแคลมปีกระแส	25
5.4 แรงดันไฟฟ้ากระแสเฟืองของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง	29
5.4.1 แบบการควบคุม โดยการควบคุมแคลมปีกระแส	29
5.5 ค่าตัวประกอบกำลัง	33
5.5.1 การควบคุมโดยการควบคุมแบบแคลมปีกระแส	
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	34
ภาคผนวก ก ตารางแกนเฟอร์ไรต์	
ภาคผนวก ข ข้อมูลเบอร์ไอซีต่างๆ	
ภาคผนวก ง แบบลายทองแดงวงจร	
ภาคผนวก จ ภาพถ่ายงานปริยญาานิพนธ์	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา แล IV องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับภาระไฟฟ้าใด ๆ	3
2.2 สามเหลี่ยมกำลังในกรณีภาระไฟฟ้าเป็นแบบเชิงเส้น	5
2.3 สามเหลี่ยมกำลังในกรณีภาระไฟฟ้าไม่เป็นเชิงเส้น	8
2.4 สวิตซ์ชิงเพาเวอร์ซ์พหลาย	9
3.1 วงจรนุสค์คอนเวอร์เตอร์	10
3.2 วงจรชดเชยที่สร้างด้วยตัวขยายความผิดพลาด	11
3.3 วงจรชดเชยแบบพีไอ	11
3.4 การควบคุมแบบพีไอ	12
3.5 โครงสร้างของวงจรปรับปรุงค่าประกอบกำลัง	13
3.6 ระบบควบคุมที่ทำงานโดยการควบคุมแบบแกลมปีกระแส	14
4.1 วงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังโดยการควบคุมแบบแกลมปีกระแส	20
5.1 การจัดชุดทดลองสำหรับวงจรยังไม่ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง	22
5.2 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าของวงจรเรียงกระแสเมื่อไม่ผ่านวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังที่ระดับแรงดัน 207 V ที่โหลด 100 W	23
5.3 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าของวงจรเรียงกระแสเมื่อไม่ผ่านวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังที่ระดับแรงดัน 230 V ที่โหลด 100 W	23
5.4 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าของวงจรเรียงกระแสเมื่อไม่ผ่านวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังที่ระดับแรงดัน 243 V ที่โหลด 100 W	24
5.5 การจัดชุดทดลองสำหรับวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง	26
5.6 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง ที่ระดับแรงดัน 207 V ที่โหลด 500 W	27
5.7 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง ที่ระดับแรงดัน 230 V ที่โหลด 500 W	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และVongอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.8 สัญลักษณ์แรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าของวงจร ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง ที่ระดับแรงดัน 243 V ที่โหลด 500 W	28
5.9 การจัดชุดทดลองสำหรับวงจรทดสอบแรงดันไฟฟ้ากระพุ่มที่ด้านขาออก	30
5.10 แรงดันไฟฟ้ากระพุ่มที่ด้านขาออกของวงจรที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 207 V โหลด 100 W	31
5.11 แรงดันไฟฟ้ากระพุ่มที่ด้านขาออกของวงจรที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 230 V โหลด 100 W	31
5.12 แรงดันไฟฟ้ากระพุ่มที่ด้านขาออกของวงจรที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 243 V โหลด 100 W	32



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
5.1 ค่าของตัวประกอบกำลังก่อนผ่านวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง	24
5.2 ผลการวัดค่าตัวประกอบกำลังของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง โดยการควบคุมแบบแกลมปีกระแส	33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา แลVII ังอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการคำย่อและสัญลักษณ์

A	แอมแปร์
A_c	พื้นที่หน้าตัดขวางของแกน
A_p	ผลคูณระหว่างพื้นที่หน้าตัดขวางของแกนกับพื้นที่ที่ใช้บรรจุลวด
A_w	พื้นที่ที่ใช้บรรจุลวด
B_m	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก
C	ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้า
C_o	ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าทางด้านออก
C_i	ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าทางด้านเข้า
C_2	ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าทางด้านเข้า
D	คิวตี้ไซเคิล
D_1	ไดโอดกำลัง
E	พลังงานที่สะสมในตัวเหนี่ยวนำ
F	ฟารัด
$G_{c(s)}$	ฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรชดเชยแบบพีโอ
H	เฮนรี่
H_2	เฮิร์ตซ์
I_{ds}	ค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยของเพาเวอร์มอสเฟต
$I_{p,ref}$	กระแสไฟฟ้าอ้างอิงสูงสุด
I_{rms}	กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย
$I_{v,ref}$	กระแสไฟฟ้าอ้างอิงต่ำสุด
J	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าของเส้นลวดที่ใช้พันขดลวด
K	กิโล
Kc	อัตราขยายดีซีของฟังก์ชันถ่ายโอนระหว่างสัญญาณควบคุมและแรงดันเอาต์พุตของวงจร ชดเชย
kc	ค่าคงที่ของตัวคูณลดจากตัวนำ
K_p	เป็นค่าของ Proportional Sencitivity หรือ Gain
K_w	ค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์พื้นที่ที่ใช้บรรจุขดลวด
L	ความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำ L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา แ VIII ંગอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการคำย่อและสัญลักษณ์(ต่อ)

M1	มอสเฟส
N	จำนวนของลวดทองแดงของตัวเหนี่ยวนำ
P	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย หรือกำลังไฟฟ้าจริง
P _c	กำลังงานสูญเสียขณะนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟส
P _{in}	กำลังไฟฟ้าทางด้านเข้า
P _o	กำลังไฟฟ้าทางด้านออก
P _{out}	กำลังไฟฟ้าทางด้านออก
Q	กำลังไฟฟ้รีแอกทีฟ
Q _G	ค่าประจุที่ได้จากกราฟ
Q _i	มอสเฟส
R	ความต้านทาน โหลด
R _L	ความต้านทานทางด้านออก
S	กำลังไฟฟ้าปรากฏ
THD	ผลรวมกระแสไฟฟ้าซึ่งมิได้เป็นเทอมของความถี่หลักมูลต่อกระแสไฟฟ้าที่ความถี่หลัก
T _s	คาบเวลาในการสวิตช์
V	แรงดันไฟฟ้า
V _{DS}	แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมมอสเฟส
V _g	แรงดันไฟฟ้าหลังบริดจ์ไดโอด
V _i	แรงดันไฟฟ้าทางด้านเข้า
V _{in}	แรงดันไฟฟ้าทางด้านเข้า
V _L	แรงดันไฟฟ้าของสาย
V _{L(min)}	แรงดันไฟฟ้าของสายต่ำสุด
V _o	แรงดันไฟฟ้าทางด้านออก
V _{o(min)}	แรงดันไฟฟ้าทางด้านออกต่ำสุด
V _{out}	แรงดันไฟฟ้าทางด้านออก
V _{REF}	แรงดันไฟฟ้าอ้างอิง
a	พื้นที่หน้าตัดของลวดทองแดง
f	ความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IX อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการคำย่อและสัญลักษณ์(ต่อ)

f_s	ความถี่ในการสวิตช์
$f_{s(\min)}$	ความถี่ในการสวิตช์ต่ำสุด
$P_{(t)}$	กำลังไฟฟ้าที่ภาระดูดซับมาจากแหล่งจ่าย
$i_{(t)}$	กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านภาระไฟฟ้า
$i_{ct(t)}$	กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุในช่วงเวลาหนึ่ง
i_g	กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านบริดจ์ไดโอด
$i_{g,avg}$	กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ไหลผ่านบริดจ์ไดโอด
i_i	กระแสไฟฟ้าทางด้านเข้า
i_L	กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ
Δi_L	ริบเบิลกระแสไฟฟ้าตัวเหนี่ยวนำ
$i_{L(pk)}$	กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ
$i_{L(t)}$	กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในช่วงเวลาหนึ่ง
$i_{R(t)}$	กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานโหลดในช่วงเวลาหนึ่ง
t	ช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลง
t_H	เวลาที่รักษาแรงดันไฟฟ้า
T_i	ค่าของ Integral Time
$V_{(t)}$	แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมภาระไฟฟ้่าดังกล่าวซึ่งที่นี้คือจากแหล่งจ่าย
W_{zc}	ความถี่เชิงมุมของซีโรของวงจรถดเซช
Ω	โอห์ม
β	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก
η	ค่าประสิทธิภาพ
μ	ไมโคร
π	ค่าคงที่ประมาณ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ X อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันวงการอุตสาหกรรมได้ให้ความสนใจต่อค่าตัวประกอบกำลัง เนื่องจากมีปัญหาค่าสูญเสียกำลังไป อันเนื่องมาจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังเวลาที่ทำงานจะทำให้ค่าตัวประกอบกำลังมีค่าต่ำ ทำให้เกิดผลเสียต่อระบบส่งจ่ายของการไฟฟ้า ผลเสียของผู้ใช้ไฟฟ้าในเรื่องอุปกรณ์ป้องกันกระแส ดังนั้นการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังให้สูงจะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว จากปัญหานี้ชุดเรียงกระแสไฟฟ้ามาตรฐานที่ใช้กัน โดยทั่วไปที่ประกอบด้วยไดโอดบริดจ์และคาปาซิเตอร์ตัวกรองกระแสไฟฟ้า(Capacitor Filter) ยังไม่สามารถก่อให้เกิดค่าตัวประกอบกำลังของการทำงานในขอบเขตที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาระบบที่สามารถปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังของภาระไฟฟ้าที่เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังออกมาหลายแบบ จากปัญหานี้ทำให้ได้มีการปรับปรุงตัวประกอบกำลังของภาระไฟฟ้าที่เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังออกมา ตัวประกอบกำลัง (Power Factor Correction) ในอุดมคติ คือ การทำงานของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ทำงานเสมือนหนึ่งว่าเป็นความต้านทาน ในขณะที่ยังคงรักษาระดับแรงไฟฟ้าให้คงที่ กล่าวคือการที่มีรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าทางด้านเข้าของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ารูปคลื่นไซน์(Sinusidal) และกระแสไฟฟ้าทางด้านเข้าแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเป็นรูปคลื่นไซน์ และทับเฟสกับรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า วิธีที่ใช้ในการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังโดยทั่วไปมี 2 ลักษณะ คือ

1. ชุดปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังแบบพาสซีฟ(Passive Power Factor Corrector) ประกอบด้วยไดโอดบริดจ์ ตัวเหนี่ยวนำ และคาปาซิเตอร์ตัวกรองกระแส
2. ชุดปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังแบบแอ็คทีฟ(Active Power Factor Corrector) ประกอบด้วยแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตช์

ปริณูณานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอ ชุดปรับปรุงตัวประกอบกำลังแบบใช้เทคนิคแอ็คทีฟโดยใช้วงจรแปลงผันแรงดันดีซี-ดีซีแบบบูสต์(Boost converter) เป็นภาคกำลังและการควบคุมกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าแบบแคลมป์กระแส

โดยเนื้อหาของปริณูณานิพนธ์แบ่งออกได้เป็น 6 บท โดยแต่ละบทมีเนื้อหา ดังนี้

บทที่ 2 อธิบายหลักการของค่าตัวประกอบกำลัง

บทที่ 3 อธิบายหลักการของชุดปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังแบบแอ็คทีฟ โดยใช้วงจรแปลงผันแรงดันดีซี - ดีซีแบบบูสต์ (Boost converter) เป็นวงจรภาคกำลัง และการควบคุมแบบแคลมป์กระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 แสดงการคำนวณเพื่อสร้างชุดปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

บทที่ 5 แสดงการทดลองและผลการทดลองของชุดปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังที่สร้างขึ้น

บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในตอนท้ายของปฏิญญานិพนธ์ฉบับนี้ จะเป็นภาคผนวกที่แสดงรายละเอียดข้อมูลไอซีที่นำมาใช้ในชุดปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังแบบแอ็คทีฟ และเอกสารอ้างอิงที่ใช้ประกอบการเขียนปฏิญญานิพนธ์



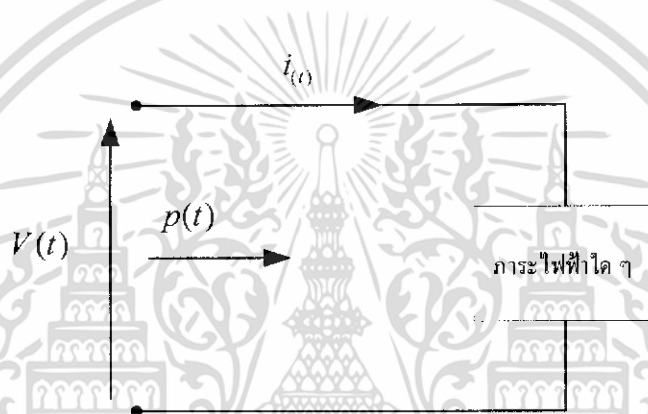
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการของตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

2.1 ที่มาของตัวประกอบกำลัง

การที่จะอ้างถึงตัวประกอบกำลัง ก่อนจะกล่าวถึงค่าตัวประกอบกำลังต้องเข้าใจกำลังไฟฟ้าก่อนว่าเป็นอย่างไร โดยทั่วไปเป็นที่ทราบกันดีว่าจะเกิดกำลังไฟฟ้าได้ ต้องประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้า ภาระไฟฟ้า ซึ่งจะเชื่อมโยงกันโดยกระแสไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง โดยแหล่งจ่ายดังกล่าวจะจ่ายกำลังไฟฟ้าผ่านไปกับกระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าจะถูกดูดซับโดยภาระไฟฟ้า



รูปที่ 2.1 แสดงการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับภาระไฟฟ้าใด ๆ

พิจารณารูปที่ 2.1

$V(t)$ คือแรงดันที่ตกคร่อมภาระไฟฟ้า

$i(t)$ คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านภาระไฟฟ้า

$p(t)$ คือกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านภาระไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Average power) หรือกำลังไฟฟ้าจริง (Real power) มีค่าเท่ากับ

$$P = \int_0^T p(t) dt$$

หรือ
$$P = \frac{1}{T} \int_0^T v(t)i(t) dt \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมภาระไฟฟ้า โดยทั่วไปสามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ (2.2)

$$v(t) = v_0 + \sum_{n=1}^{\infty} v_n \cos(n\omega_0 t + \theta_n) \quad (2.2)$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านภาระไฟฟ้า โดยทั่วไปสามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ (2.3)

$$i(t) = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n \cos(n\omega_0 t + \phi_n) \quad (2.3)$$

ภาระไฟฟ้าแยกเป็น ภาระเชิงเส้น (Linear Load) และภาระไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Load) นอกจากนี้กำลังไฟฟ้าอีกแบบ คือ กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power, S) ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$S = V_{rms} I_{rms} \quad (2.4)$$

ค่าตัวประกอบกำลังสัมพันธ์กับกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยและกำลังไฟฟ้าปรากฏ แสดงดังสมการ (2.5)

$$\text{Power Factor (pf)} = \frac{P}{V_{rms} I_{rms}} = \frac{P}{S} \quad (2.5)$$

2.1.1 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าลักษณะไซน์และภาระไฟฟ้าเป็นเชิงเส้น

ในกรณีนี้จะได้ แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเป็น

$$v(t) = V_1 \cos(\omega_0 t + \theta_1) \quad (2.6)$$

$$i(t) = I_1 \cos(\omega_0 t + \phi) \quad (2.7)$$

โดยสมการ 2.6 และ 2.7 คือแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูล(Fundamental Frequency)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 p(t) &= v(t)i(t) \\
 &= \{V_1 \cos(\omega_0 t + \theta_1)\} \{I_1 \cos(\omega_0 t + \theta_1)\} \\
 &= \frac{1}{2} V_1 I_1 \{ \cos(2\omega_0 t + \theta_1 + \phi_1) + \cos(\theta_1 - \phi_1) \} \\
 P &= \frac{1}{2T} V_1 I_1 \int_0^T \{ \cos(2\omega_0 t + \theta_1 + \phi_1) + \cos(\theta_1 - \phi_1) \} d\omega t \\
 &= \frac{V_1 I_1}{2} \cos(\theta_1 - \phi_1) \tag{2.8}
 \end{aligned}$$

$$P = V_{1(rms)} I_{1(rms)} \cos(\theta_1 - \phi_1) \tag{2.9}$$

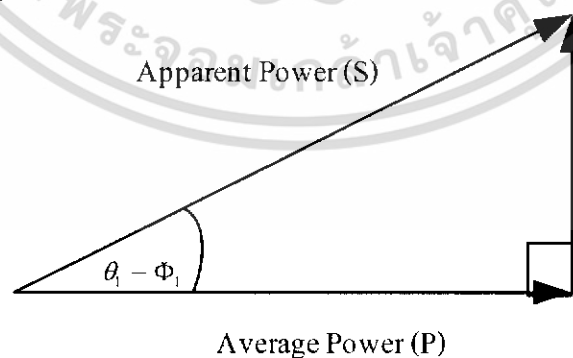
หรือ

$$P = S \cos(\theta_1 - \phi_1) \tag{2.10}$$

และจากสมการ (2.5)

$$pf = \frac{P}{S} \cos(\theta_1 - \phi_1) \tag{2.11}$$

จะเห็นได้ว่าถ้าค่าตัวประกอบกำลังยิ่งน้อยค่าของกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ภาระไฟฟ้าจะยิ่งมีค่าน้อย โดยที่แรงไฟฟ้ามีค่าเท่าเดิมจากสมการ (2.10) สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง P กับ S ในรูปสามเหลี่ยมกำลังได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สามเหลี่ยมกำลังกรณีภาระไฟฟ้าเป็นแบบเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q คือ กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power) ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีการะไฟฟ้ามีองค์ประกอบของอุปกรณ์ตัวเหนี่ยวนำหรือตัวเก็บประจุ

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = S \sin(\theta_1 - \phi_1) \quad \text{VAR} \quad (2.12)$$

2.1.2 กรณีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเป็นลักษณะไซน์ และภาระไฟฟ้าเป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้น
ในกรณีนี้จะได้แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเป็น

$$v(t) = V_1 \cos(\omega_0 t + \theta_1^\circ) \quad (2.13)$$

$$i(t) = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n \cos(n\omega_0 t + \phi_n^\circ) \quad (2.14)$$

จะเห็นได้ว่า $i(t)$ จะประกอบด้วยกระแสไฟฟ้าตรง กระแสไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูลและกระแสฮาร์โมนิกส์
จากสมการ (2.13) และ (2.14) จะได้

$$P = \frac{1}{T} \int v(t)i(t) dt$$

$$P = \frac{1}{2} [V_1 I_1] \cos(\theta_1^\circ - \phi_1^\circ) \quad (2.15)$$

$$P = V_{1(\text{rms})} I_{1(\text{rms})} \cos(\theta_1^\circ - \phi_1^\circ) \quad \text{watts}$$

จากสมการ 2.5 ค่าตัวประกอบกำลังในกรณีนี้มีค่า

$$(\text{pf}) = \frac{P}{S} = \frac{V_{1(\text{rms})} I_{1(\text{rms})} \cos(\theta_1^\circ - \phi_1^\circ)}{V_{1(\text{rms})} I_{(\text{rms})}}$$

$$(\text{pf}) = \frac{P}{S} = \frac{I_{1(\text{rms})} \cos(\theta_1^\circ - \phi_1^\circ)}{I_{\text{rms}}} = \text{Displacement factor} \times \text{Distortion factor} \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย

$$\text{Displacement factor} = \cos(\theta_1^\circ - \phi_1^\circ)$$

$$\text{Distortion factor (DF)} = \frac{I_{1(rms)}}{I_{(rms)}}$$

นั่นคือตัวประกอบกำลังจะมีค่าเป็นหนึ่งเมื่อกระแสไฟฟ้าเป็นคลื่นไซน์ (Distortion Factor = 1) และมีเฟสทับกันกับแรงดันไฟฟ้าทางด้านเข้า (Displacement Factor = 1)

Total Harmonic Distortion (THD) คือ ผลรวมกระแสไฟฟ้า ที่มีได้เป็นเทอมของความถี่หลักมูล (Nonfundamental Frequency) ต่อกระแสไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูลจะได้

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^n I_n^2(rms)}}{\sqrt{I_1^2(rms)}} \quad (2.17)$$

ดังนั้น Distortion Factor ในรูปของ (THD) แสดงดังสมการที่

$$DF = \frac{1}{\sqrt{1+(THD)^2}} \quad (2.18)$$

กำลังไฟฟ้รีแอกทีฟ (Reactive power) มีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} Q &= V_{1(rms)} I_{1(rms)} \sin(\theta_1^\circ - \phi_1^\circ) \\ &= S \sin(\theta_1^\circ - \phi_1^\circ) \quad \text{VAR} \end{aligned} \quad (2.19)$$

Distortion volt - amp (D) ถูกนิยามให้มีค่าเท่ากับ

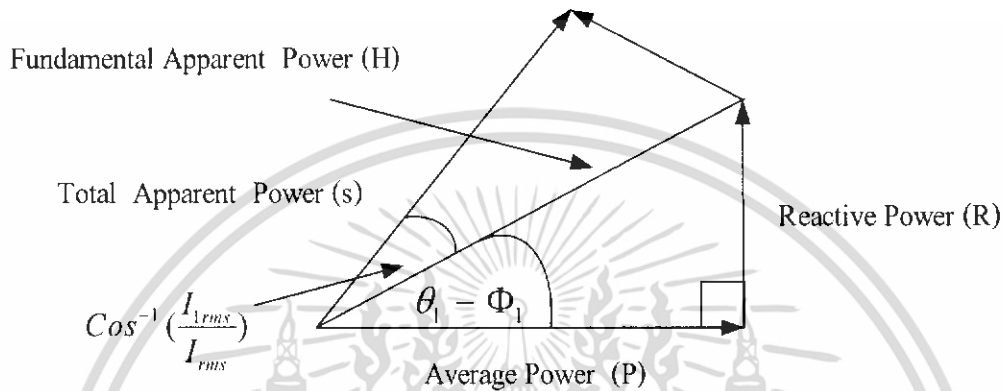
$$D = V_{1(rms)} \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2(rms)} \quad (2.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น กำลังไฟฟ้าปรากฏในกรณีมีค่าเท่ากับ

$$S = \sqrt{S^2 + Q^2 + P^2} \quad \text{VA} \quad (2.21)$$

ซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 สามเหลี่ยมกำลังกรณีกระแสไฟฟ้าไม่เป็นแบบเชิงเส้น

หลักการการแก้ตัวประกอบกำลังมี 2 แบบ คือ

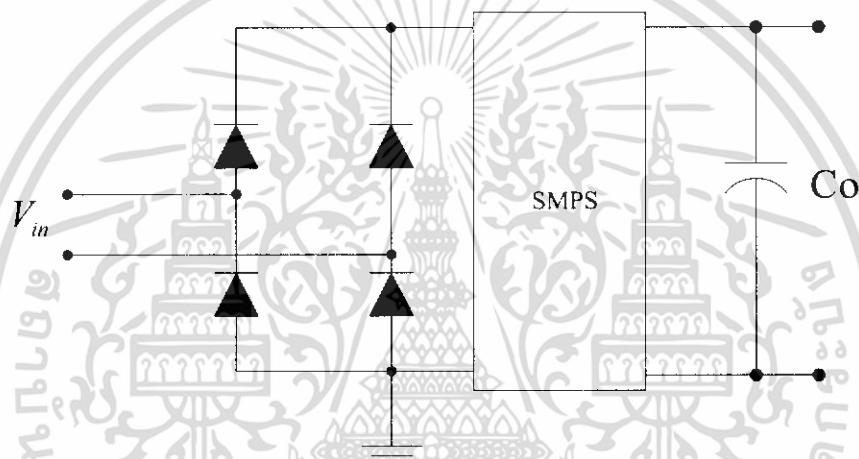
1. การปรับปรุงตัวประกอบกำลังแบบพาสซีฟ
2. การปรับปรุงตั้งประกอบกำลังแบบแอ็คทีฟ

2.2 การปรับปรุงตัวประกอบกำลังแบบพาสซีฟ

หลักการในการปรับปรุงตัวประกอบกำลังแบบพาสซีฟ สามารถกระทำได้โดยการนำอุปกรณ์ประเภท ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำมาใช้งาน การนำเอาตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าขาเข้าของสายเป็นการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าฮาร์มอนิกส์ที่ความถี่สูงสามารถผ่านออกมาได้ ส่วนตัวเก็บประจุ ถ้าต่อขนานกับสายทางด้านขาเข้ากระแสฮาร์มอนิกส์ที่ความถี่สูงถูกตัดลงกราวด์ เพราะที่ความถี่สูงค่าอิมพีแดนซ์ของตัวเก็บประจุจะมีค่าต่ำ

2.3 การปรับปรุงตัวประกอบกำลังแบบแอ็คทีฟ

การปรับปรุงตัวประกอบกำลังแบบพาสซีฟ จะต้องใช้อุปกรณ์ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุไฟฟ้า ซึ่งมีขนาดใหญ่และน้ำหนักที่มากรวมทั้งไม่มีความแน่นอน ในการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง คือไม่สามารถที่จะออกแบบได้และที่สำคัญไม่สามารถควบคุมได้ในทางระบบควบคุมนั่นเองดังนั้นเราจึงหันมาพิจารณาการปรับปรุงตัวประกอบกำลังโดยวิธีแบบแอ็คทีฟซึ่งหลักการโดยทั่วไปคือพยายามควบคุมให้รูปคลื่นของกระแสไฟฟ้าเป็นสัญญาณไซน์ และมีเฟสทับกันกับรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้าทางด้านเข้า ของภาระไฟฟ้าไม่เป็นเชิงเส้น โดยหลักการแล้วเราจะใช้วงจรสวิตซ์ซึ่งไฟฟ้ากระแสตรง (Switching power supply) มาเป็นทางเลือก โดยจะใช้สวิตซ์ที่มีความถี่สูงมาเป็นตัวทำให้รูปคลื่นของกระแสมีลักษณะเป็นสัญญาณไซน์มากขึ้น



รูปที่ 2.4 สวิตซ์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

โดยปกติวงจรการจ่ายแรงดันสวิตซ์ซึ่งไฟฟ้ากระแสตรง เราจะนิยมใช้วงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost converter) ซึ่งจากรูปที่ 2.4 จะต่ออยู่ระหว่างวงจรเรียงกระแสกับตัวเก็บประจุทางด้านออก (C_o) โดยความถี่การสวิตซ์ ดังกล่าวจะมีค่าสูงกว่าความถี่จากแรงดันไฟฟ้าสลับทางด้านเข้ามากโดยวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์จะถูกควบคุมให้ดึงกระแสไฟฟ้าจากแรงดันไฟฟ้าสลับทางด้านเข้า (V_L) เป็นรูปไซน์ โดยวิธีดังกล่าวทำให้

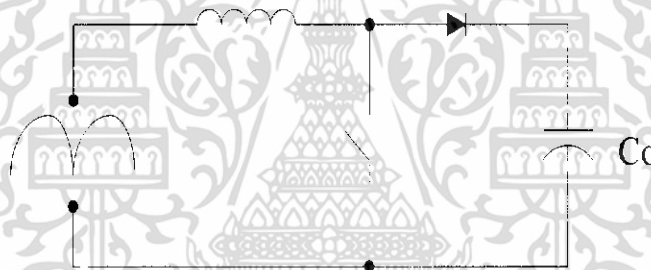
1. ตัวประกอบกำลังด้านขาเข้ามีค่าสูงมาก (0.9 ขึ้นไป)
2. ลดกระแสไฟฟ้าฮาร์โมนิกส์
3. สามารถทำงานได้ในย่านแรงดันทางด้านขาเข้าที่กว้าง (90-240 โวลท์)

บทที่ 3

การควบคุมการทำงานของวงจรปรับปรุงค่าประกอบกำลัง

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์แบบอุดมคติ เพื่อจะนำไปสู่การเข้าใจการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ที่มีการแก้ตัวประกอบกำลังต่อไป โดยจะพิจารณาโหมดการทำงานทั้งในกรณีโหมดกระแสต่อเนื่องและโหมดกระแสไม่ต่อเนื่องแรงดันไฟฟ้าไฟตรงด้านออกของวงจรจะมีค่ามากกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านขาเข้าเช่นถ้าย่านของแรงดันไฟฟ้าทางด้านเข้าเป็น 110 – 240 โวลต์แรงดันไฟฟ้าตรงทางด้านออกต้องสูงกว่าค่า $\sqrt{2}$ (240) นั่นเอง



รูปที่ 3.1 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

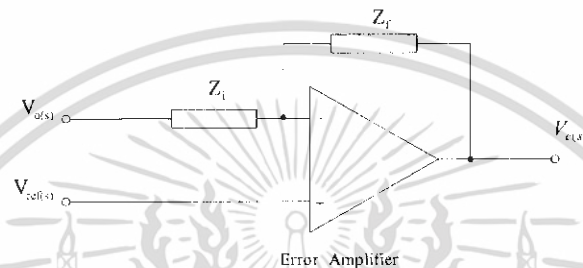
ในโหมดกระแสต่อเนื่องวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์มีการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้า (di/dt) ต่ำเพราะผลของตัวเหนี่ยวนำทางด้านขาเข้า ทำให้สัญญาณรบกวน (EMI) ลดลงนอกจากนี้ยังง่ายต่อการควบคุมกระแสไฟฟ้าทางด้านเข้าให้เป็นรูปไซน์โดยใช้การควบคุมแบบกระแส (Current mode control)

จากวงจรรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าที่สวิทช์ (มอสเฟต) ตำแหน่งของขาซอร์ต(Source) ถูกต่ออยู่ที่จุดกราวด์เดียวกันกับวงจรควบคุมและตัวเก็บประจุทางด้านขาออก ดังนั้น จึงสามารถที่จะขับให้สวิทช์คือ แรงดันไฟฟ้าทางด้านออก (V_o)

วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์มีข้อบกพร่องตรงที่ขาดความสามารถในการจำกัดกระแสไฟฟ้าเพราะสวิทช์ไม่ได้ต่อกับกราวด์อยู่ระหว่างด้านเข้า และด้านออก โดยสภาวะที่จะเกิดกระแสสูงสุดในวงจรคือ ขณะเริ่มทำงาน (Start-up) โดยทั่วไปแล้ววงจรต้องมีการป้องกัน

3.2 วงจรชดเชย

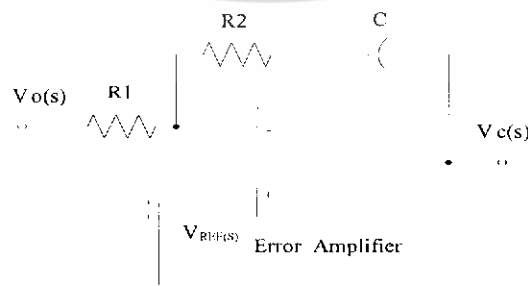
ในการนำแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตช์ไปใช้งาน แรงดันเอาต์พุตจะต้องมีค่าอยู่ในย่านที่กำหนดถึงแม้ว่าแรงดันอินพุตหรือ โหลดมีการเปลี่ยนแปลง การควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ จะกระทำโดยการป้อนกลับแบบลบ (negative feedback) เพื่อให้ระบบปรับคิวิตีไซเคิลด้วยตัวเองอย่างอัตโนมัติ โดยที่สัญญาณควบคุมความกว้างของคิวิตีไซเคิลถูกสร้างจากตัวขยายความผิดพลาด (error amplifier) ซึ่งขยายค่าความแตกต่างระหว่างแรงดันอ้างอิง (reference voltage, V_{ref}) กับค่าแรงดันเอาต์พุตดังแสดงในรูปที่ ระบบจะทำการปรับคิวิตีไซเคิลไปจนกระทั่งแรงดันเอาต์พุตเท่ากับแรงดันอ้างอิง



รูปที่ 3.2 วงจรชดเชยที่สร้างด้วยตัวขยายความผิดพลาด

แม้ว่าการป้อนกลับจะทำให้ระบบสามารถควบคุมแรงดันเอาต์พุตได้อย่างอัตโนมัติ แต่อาจเป็นเหตุให้ระบบขาดเสถียรภาพได้นอกจากนี้การตอบสนองของแรงดันเอาต์พุตที่ได้ อาจจะไม่เป็นที่พึงปรารถนา เช่น ระบบมีการตอบสนองช้า ระบบมีการแกว่งมากเกินไป หรือมีความคลาดเคลื่อนมากจากค่าที่ต้องการ สิ่งที่ไม่พึงปรารถนาเหล่านี้ จะสามารถทำการป้องกันและควบคุมได้ โดยการออกแบบวงจรชดเชยให้เหมาะสมกับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตช์อีกทั้ง ในการออกแบบวงจรชดเชยจึงเป็นส่วนสำคัญในการออกแบบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตช์ เพื่อให้มีสมรรถนะและเสถียรภาพที่ดี ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเฉพาะรูปแบบของวงจรชดเชย แบบที่นิยมใช้ในการชดเชยวงจรควบคุมของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตช์ดังนี้

3.2.1 วงจรชดเชยแบบพีไอ



รูปที่ 3.3 วงจรชดเชยแบบพีไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G_c(s) = K_c \frac{(1 + W_{zc}s)}{s} \quad (3.1)$$

เมื่อ

$$K_c = \frac{1}{CR_1}$$

$$W_{zc} = CR_2$$

โดย

$G_c(s)$ คือ ฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรถดเชยแบบพีไอ

K_c คือ อัตราขยายดีซีของฟังก์ชันถ่ายโอนระหว่างสัญญาณควบคุมและแรงดันเอาต์พุตของวงจรถดเชย

W_{zc} คือ ความถี่เชิงมุมของซีโรของวงจรถดเชย

3.2.2 การควบคุมแบบพีไอ (Proportional Plus Integral Control)

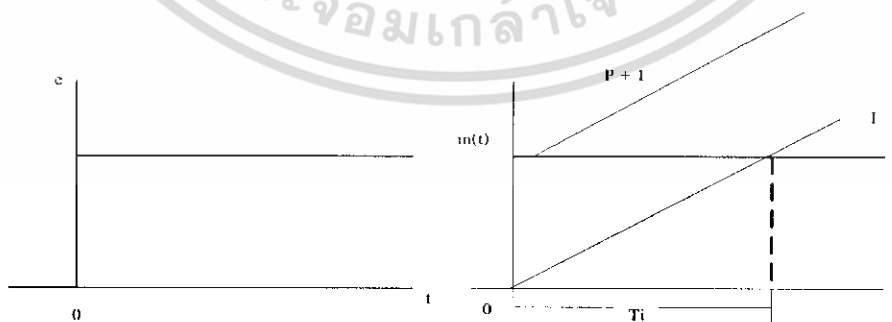
เป็นการควบคุมที่ค่าเอาต์พุต เป็นสัดส่วนแบบเชิงเส้นกับผลรวมของค่าอินพุต และค่าอินทิกรัลเชิงเวลาของอินพุต โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$m(t) = (K_p \times e(t)) + \left(\frac{K_p}{T_i} \right) \int_0^t e(t) dt \quad (3.2)$$

หรือ
$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \times \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad (3.3)$$

โดยที่ K_p เป็นค่าของ Proportional Sensitivity หรือ Gain

T_i เป็นค่าของ Integral Time



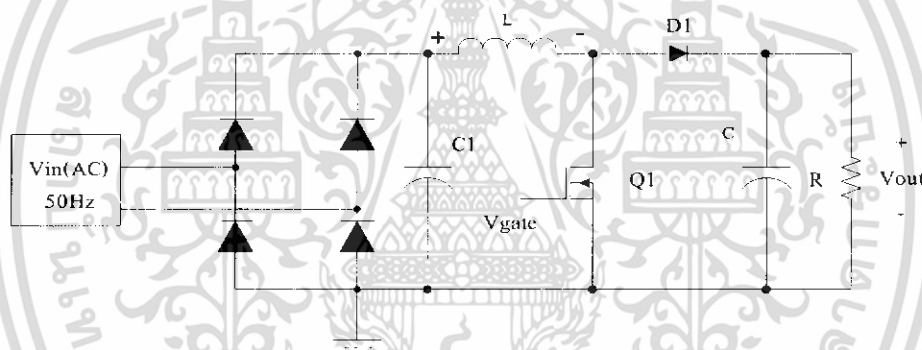
รูปที่ 3.4 การควบคุมแบบพีไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของการควบคุมแบบพีไอคือ ชุดอินทิกรัลจะกำจัด Offset ของชุดควบคุมแบบสัดส่วนให้หมดไป

3.3 การควบคุมการทำงานของวงจรปรับปรุงค่าประกอบกำลัง

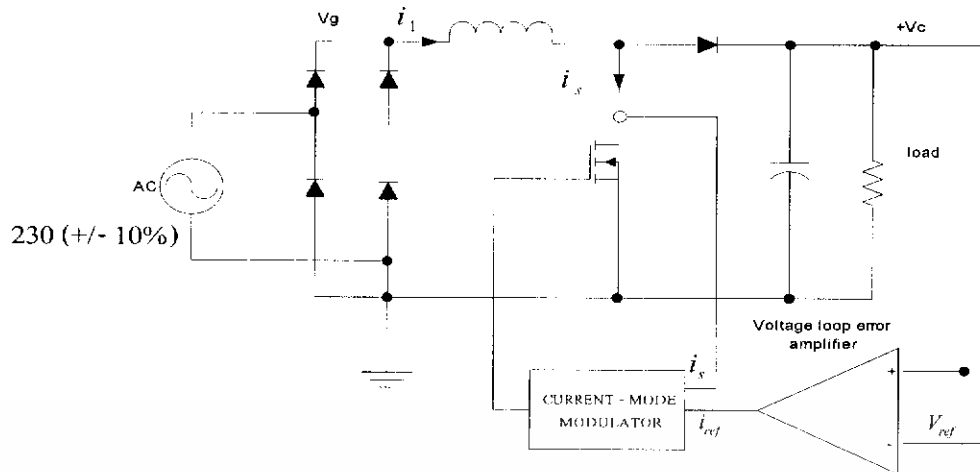
การนำวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์มาประยุกต์เป็นวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงวงจรเล็กน้อย คือ แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าคงที่จะเปลี่ยนไปเป็นรูปคลื่นเรียงกระแสแบบเต็มรูปคลื่น แต่มีการเปลี่ยนแปลงที่ช้ามากเมื่อเทียบกับความถี่การทำงานของอุปกรณ์สวิตช์ ทำให้คาบสวิตช์ต่างๆ สามารถคิดเสมือนว่าแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเป็นค่าคงที่สำหรับการทำงานในคาบการสวิตช์ต่อไป แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายจะค่อยๆเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้จะต้องต่อคร่อมตัวเก็บประจุค่าต่างๆ ไว้หลังไดโอดบริดจ์เสมอ เพื่อกรองความถี่สูงทิ้งให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าวงจรจากด้านสายมีแต่องค์ประกอบความถี่ต่ำเท่านั้น เมื่อนำวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์มาเป็นวงจรภาคกำลัง มีการควบคุมแบบแคลมป์กระแส



รูปที่ 3.5 โครงสร้างของวงจรปรับปรุงค่าประกอบกำลัง

3.3.1 การควบคุมโดยการควบคุมแคลมป์กระแส (Clamped – current control)

จากรูปที่ 3.3 จะพบว่าสวิตช์มีความถี่ในการทำงานคงที่ แรงดันไฟฟ้าอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ เมื่อเทียบกับความถี่ในการสวิตช์ของมอสเฟต (Mosfet) แรงดันที่ใช้ในการควบคุมมีค่าคงที่ การทำงานระบบควบคุมนี้จะทำงานทั้งโหมดกระแสต่อเนื่อง (CCM) และโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง (DCM) กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าวงจรมีความผิดเพี้ยนอยู่บ้างเนื่องจากมีความถี่ฮาร์โมนิกส์รบกวนระบบ



รูปที่ 3.6 ระบบควบคุมที่ทำงานโดยการควบคุมแบบแคลมป์กระแส

ข้อดีของการควบคุมโดยการควบคุมแบบแคลมป์กระแส

1. สวิตช์ทำงานด้วยความถี่คงที่
2. เป็นการควบคุมแบบ PWM ที่ง่าย
3. ให้ประสิทธิภาพที่สูง
4. ราคาถูก

ข้อเสียของการควบคุมโดยการควบคุมแบบแคลมป์กระแส

1. มีการบิดเบือนของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าวงจร
2. ย่านการทำงานของแรงดันทางด้านขาเข้าของวงจรมีย่านการทำงานที่แคบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบและสร้างวงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลัง

4.1 บทนำ

ในบทนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลังโดยในปริภูมิพหุคูณนี้ได้ออกแบบการควบคุมโดยการควบคุมแบบกระแส (Clamped-Current Control) รายละเอียดการออกแบบ แสดงดังต่อไปนี้

4.2 การออกแบบและสร้างวงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลัง

โดยการควบคุมแบบกระแส

คุณสมบัติทางไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าที่ต้องการทางด้านขาออก	P_{out}	:	500w.
แรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า	V_{in}	:	230 Vac (rms)
แรงดันไฟฟ้าด้านเข้าออก	V_{out}	:	380 Vdc
ความถี่ของสวิตช์ที่เลือกใช้	f_s	:	100KHz
Normalized Line Voltage	M_g	:	0.85
Input Current	J_g	:	0.35
ดิวิตีไซเคิลค่าสูงสุด	D_{max}	:	0.5

4.2.1 การออกแบบวงจรภาคกำลัง [2]

4.2.1.1 การคำนวณและการออกแบบค่าตัวเหนี่ยวนำ

$$L = \frac{M_g \cdot J_g \cdot V_o^2}{4 \cdot P_{om} \cdot f_s}$$

$$L = \frac{(0.85)(0.35)(380^2)}{(4)(500)(100 \times 10^3)}$$

$$\therefore L = 215 \mu\text{H}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาค่ากระแสต้านออก

$$I_{om} = \frac{P_{om}}{V_o}$$

$$I_{om} = \frac{500}{380}$$

$$\therefore I_{om} = 1.315 \text{ A}$$

การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในสายสูงสุด

$$I_n = 6.75I_{om}$$

$$I_n = (6.75)(1.315)$$

$$\therefore I_n = 8.88 \text{ A}$$

การออกแบบค่าตัวเหนี่ยวนำด้วยวิธีผลคูณพื้นที่

$$E = \frac{1}{2} L i_n^2$$

$$E = \frac{1}{2} (215 \times 10^{-6}) (8.88^2)$$

$$\therefore E = 0.003154235 \text{ J}$$

การคำนวณหาขนาดแกนเหล็กมาใช้งาน

$$A_p = A_w A_c = \frac{2E}{K_w K_c J B_m}$$

โดยเลือก	ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก(B_m)	=	0.2	T.
	ความหนาแน่นกระแสในตัวนำ(J)	=	3	A/mm ²
	ค่าคงที่ของตัวคูณลดช่องว่าง(K_w)	=	0.6	
	ค่าคงที่ของตัวคูณลดจกตัวนำ(K_c)	=	1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_p = \frac{(2)(0.003154235)}{(0.6)(1)(3 \times 10^6)(0.2)}$$

$$\therefore A_p = 17523.52856 \text{ mm}^4$$

เลือกขนาดแกนเหล็กโดยเลือกค่าเอพีให้มากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ

เลือกแกนเฟอร์ไรต์แบบ EE55/55A ($A_p = 140800\text{mm}^4$, $A_w = 400\text{mm}^2$, $A_c = 352\text{mm}^2$)

การคำนวณหาจำนวนรอบของขดลวดที่ใช้พัน

$$N = \frac{LI_m}{A_c B_m}$$

$$N = \frac{(215 \times 10^{-6})(5.4168)}{(352)(0.2)}$$

$$\therefore N = 17$$

จากการคำนวณรอบการพันขดลวดได้ 17 รอบ

การคำนวณหาขนาดของขดลวดตัวนำ

$$a = \frac{I_m}{J}$$

$$a = \frac{5.1468}{3}$$

$$\therefore a = 1.8056$$

เลือกขนาดขดลวดให้มีขนาดใหญ่กว่าการคำนวณ โดยเลือกลวดเบอร์ AWG# มีพื้นที่หน้าตัด 0.5188mm^2 และจำนวนเส้นลวดหาได้จาก a / ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

$$= \frac{a}{0.5188}$$

$$= \frac{1.8056}{0.5188}$$

$$= 3.47$$

เลือกจำนวนเส้นลวด = 4 เส้น

ตรวจสอบว่าสามารถพันขลวดได้ตามจำนวนรอบที่คำนวณหรือไม่

$$A_w K_w > \text{จำนวนเส้นลวด} \times \text{พื้นที่หน้าตัดของลวด} \times \text{จำนวนรอบ}$$

$$400 \times 0.6 > 0.5188 \times 6 \times 17$$

$$240 > 35.299$$

สามารถพันได้ตามจำนวนรอบและขนาดลวดที่คำนวณได้

4.2.1.2 การคำนวณค่าตัวเก็บประจุด้านออก

$$C = \frac{2P_{out} t_{II}}{V_0^2 - V_{o(min)}^2}$$

โดยเลือก แรงดันไฟฟ้าทางด้านออกที่ต่ำสุดขณะทำงาน ($V_{o(min)}$) 360 V

เวลาที่รักษาระดับไฟฟ้าไว้เมื่อไม่มีแรงดันไฟฟ้าจากสายส่ง 5 ms

$$C = \frac{2P_{out} t_{II}}{V_0^2 - V_{o(min)}^2}$$

$$C = \frac{2 \times 500 \times 5 \times 10^{-3}}{380^2 - 360^2}$$

$$\therefore C = 337.837 \times 10^{-6}$$

เลือกตัวเก็บประจุค่า 450 uF 450 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 เลือกสวิตช์สารกึ่งตัวนำ

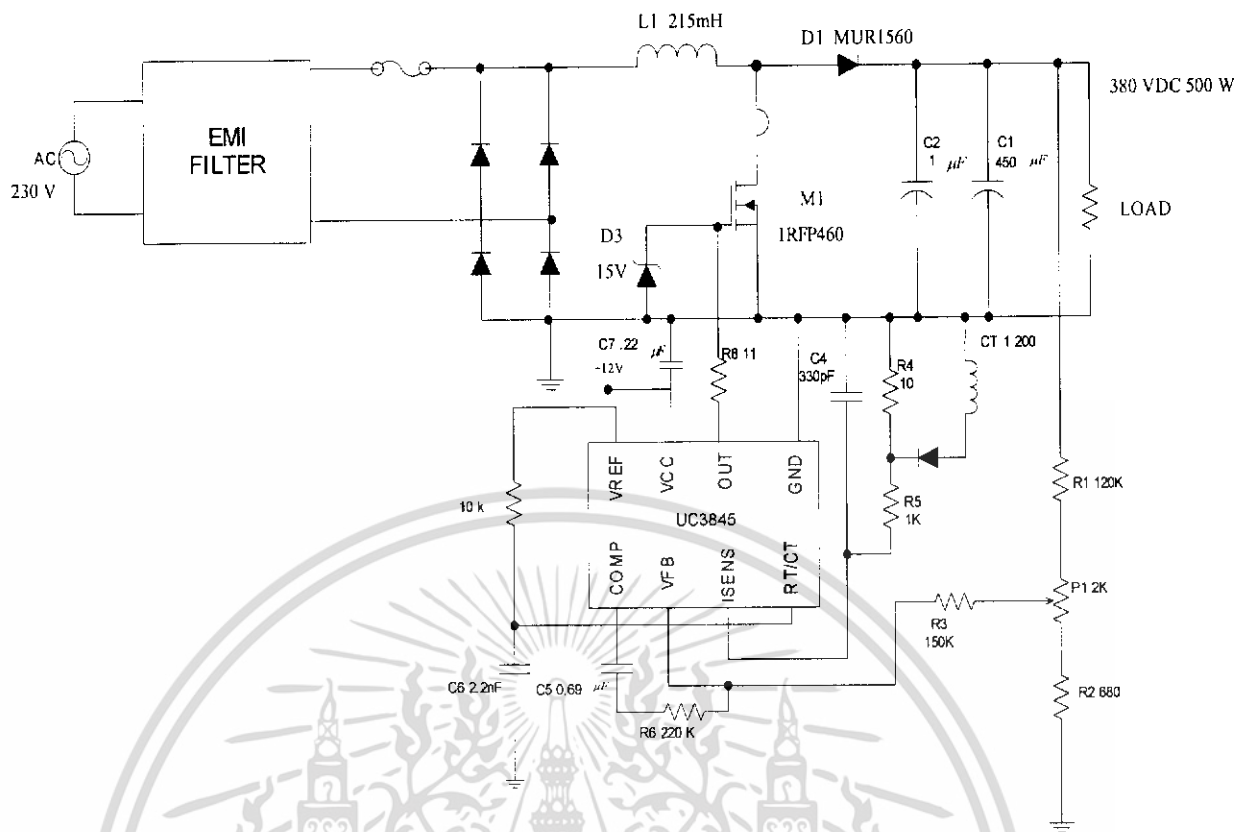
พิจารณากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสวิตช์เท่ากับกระแสไฟฟ้าของตัวเหนี่ยวนำ	8.88 A
แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์เท่ากับแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออก	380 V
เลือกมอสเฟตเบอร์ IRF460 ($I_{DS} = 20 \text{ A}$, $V_{DS} = 500 \text{ v}$)	

4.2.1.4 เลือกไดโอด

แรงดันพังทลายมากกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออก	400 V
ทนกระแสได้สองเท่าของกระแสไฟฟ้าทางด้านขาออก	1.25 A
เลือกไดโอดเบอร์ MUR 1560	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 วงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง โดยการควบคุมแบบแควมปีกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 บทนำ

วงจรปรับปรุ้บค่าตัวประกอบกำลัง ที่ออกแบบในบทที่ผ่านมามีถูกนำมาทดลองเพื่อทดลองความสามารถในการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออก การตอบสนองของวงจรเมื่อแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้ามีการเปลี่ยนแปลง และค่าตัวประกอบกำลังหลังการปรับปรุ้บแล้ววิธีการทดลองรวมถึงผลการทดลองที่ได้จะนำเสนอต่อไปนี้ โดยอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ ได้แก่

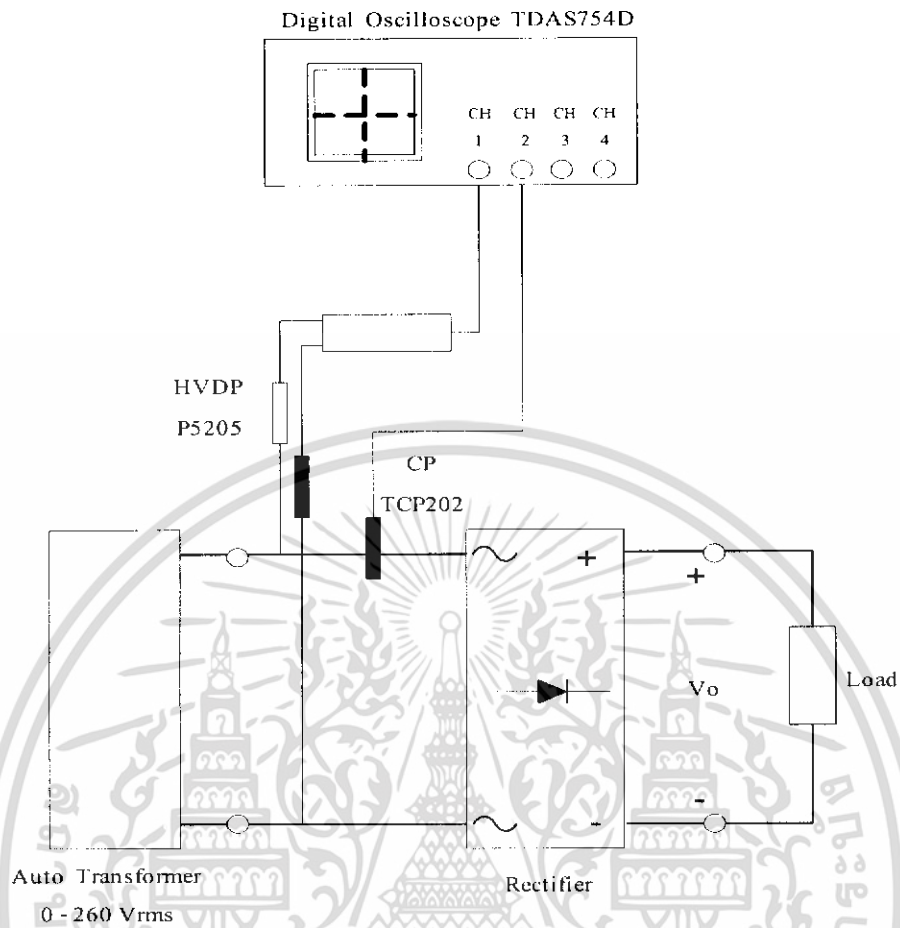
1. DC Power Supply ของ Analab รุ่น APS-1 จำนวน 1 เครื่อง
2. Auto Transformer ของ Stendal รุ่น SD-12 จำนวน 1 เครื่อง
3. Digital Multimeter ของ FLUKE รุ่น 179 จำนวน 1 เครื่อง
4. Digital Oscilloscope ของ Tektronix รุ่น TDS754D จำนวน 1 เครื่อง

5.2 ผลการทำงานก่อนปรับปรุ้บค่าตัวประกอบกำลัง

แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสโดยไม่ผ่านวงจรปรับปรุ้บค่าตัวประกอบกำลังวิธีการทดลอง

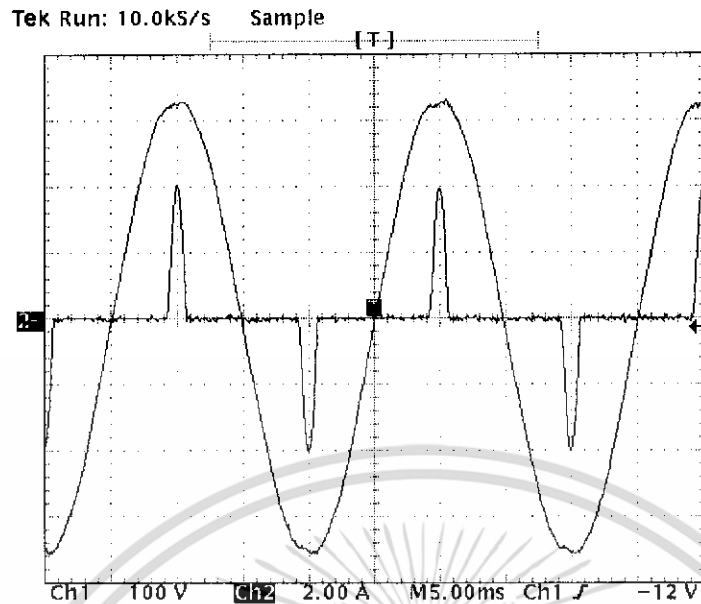
1. จัดชุดการทดลองโดยต่อ Auto Transformer กับด้านเข้าของวงจรปรับปรุ้บตัวประกอบกำลัง ต่อ DC Power Supply กับวงจรควบคุม ต่อภาระทางไฟฟ้าที่ด้านขาออกของวงจรปรับปรุ้บค่าตัวประกอบกำลัง ใช้ Digital Oscilloscope วัดสัญญาณที่ด้านเข้าของวงจรปรับปรุ้บตัวประกอบกำลัง และใช้ Digital Multimeter วัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ด้านขาออกของวงจรปรับปรุ้บตัวประกอบกำลัง
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 12V จาก DC Power Supply ให้กับวงจรควบคุม
3. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 207 V จาก Auto Transformer ให้กับวงจรปรับปรุ้บค่าตัวประกอบกำลัง
4. บันทึกค่าสัญญาณของแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าซึ่งเป็นระดับที่แรงดันไฟฟ้าต่ำสุดและกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าสูงสุด
5. เพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้า จาก Auto Transformer จนถึงระดับแรงดัน 243
6. บันทึกค่าสัญญาณของแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าซึ่งเป็นระดับแรงไฟฟ้าสูงสุดและกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 การจัดชุดทดลองสำหรับวงจรยังไม่ปรับปรุ่งค่าตัวประกอบกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าของวงจรเรียงกระแสเมื่อไม่ผ่านวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังที่ระดับแรงดัน 243 V ที่โหลด 100 W

ตารางที่ 5.1 ค่าของตัวประกอบกำลังก่อนผ่านวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (V)	กระแสไฟฟ้าขาเข้า (A)	ค่าตัวประกอบกำลัง
207	0.950	0.474
230	1.037	0.452
243	1.107	0.450

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ผลการทำงานของวงจรปรับปรุ้งค่าตัวประกอบกำลัง

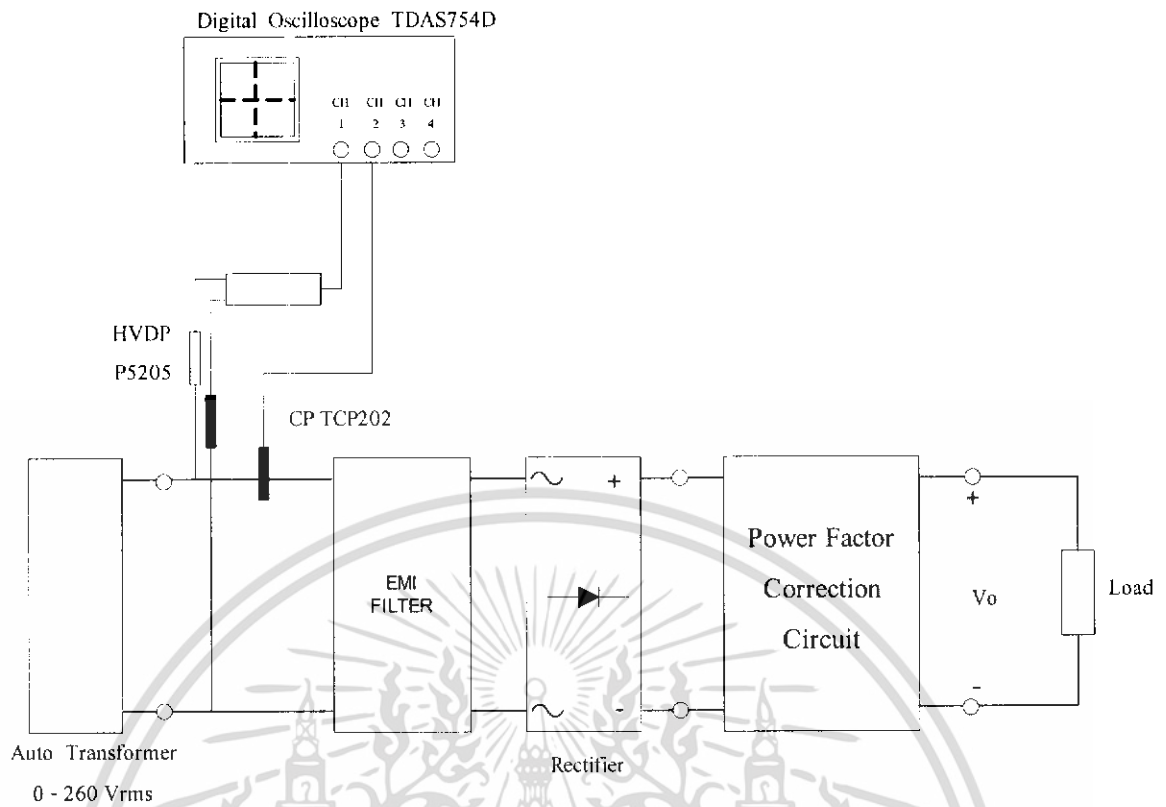
แสดงการทำงานของวงจรปรับปรุ้งค่าตัวประกอบกำลัง โดยเปรียบเทียบลักษณะของรูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้า

5.3.1 การควบคุมโดยการควบคุมแบบแคลมป์กระแส

(Clamped – current control)

วิธีการทดลอง

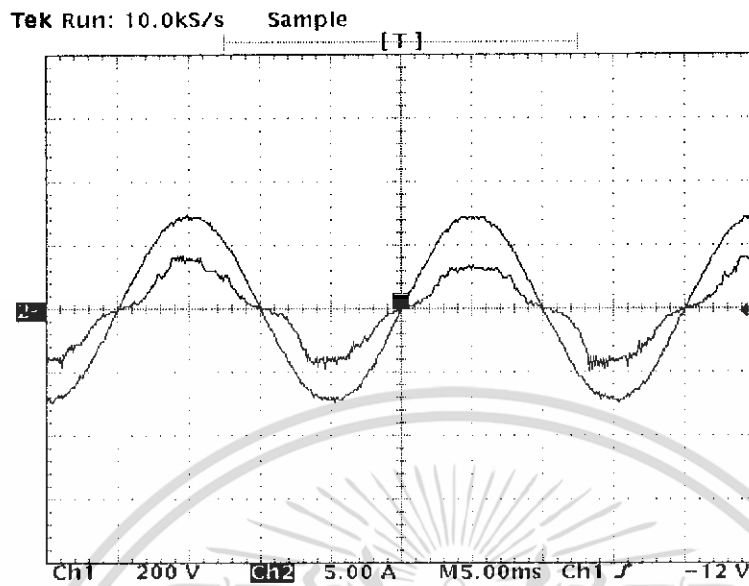
1. จัดชุดทดลองโดยต่อ Auto Transformer กับด้านเข้าของวงจรปรับปรุ้งค่าตัวประกอบกำลังต่อ DC Power Supply กับวงจรควบคุม ต่อภาระทางไฟฟ้าที่ด้านขาออกของวงจรปรับปรุ้งค่าตัวประกอบกำลัง ใช้ Digital Oscilloscope วัดสัญญาณที่ด้านขาเข้าวงจรปรับปรุ้งค่าตัวประกอบกำลัง Digital Multimeter วัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ด้านขาออกของวงจรปรับปรุ้งค่าตัวประกอบกำลัง
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 12 V จาก DC Power Supply ให้กับวงจรควบคุม
3. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 207 V จาก Auto Transformer ให้กับวงจรปรับปรุ้งค่าตัวประกอบกำลัง
4. บันทึกสัญญาณแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้า
5. เพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าจาก Auto Transformer จนถึงระดับ 243 V และปรับให้โหลดคือกระแสไฟฟ้าต่ำสุด
6. บันทึกสัญญาณของแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้า



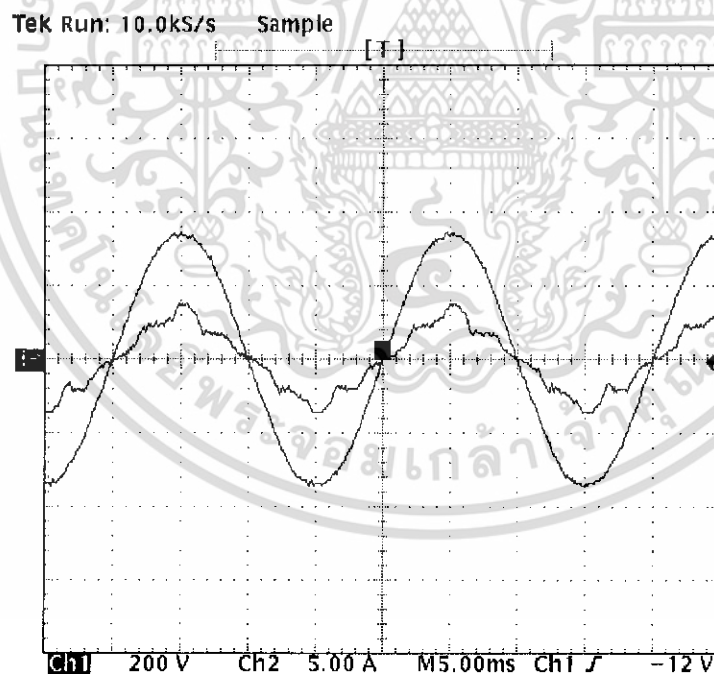
รูปที่ 5.5 การจัดชุดทดลองสำหรับวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

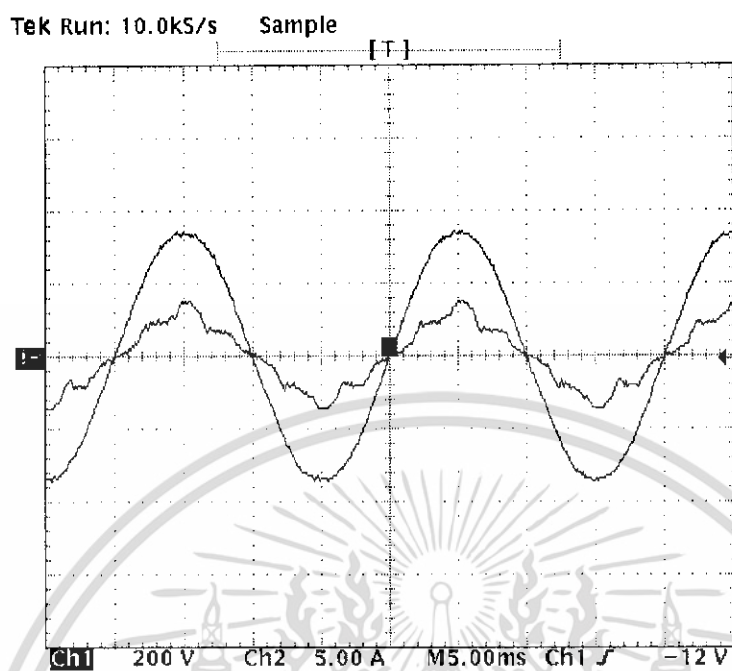


รูปที่ 5.6 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าของวงจรปรับปรุง
ค่าตัวประกอบกำลัง ที่ระดับแรงดัน 207 V ที่โหลด 500 W



รูปที่ 5.7 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าของวงจรปรับปรุง
ค่าตัวประกอบกำลัง ที่ระดับแรงดัน 230 V ที่โหลด 500 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง ที่ระดับแรงดัน 243 V ที่โหลด 500 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 แรงดันไฟฟ้ากระแสเพิ่มของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

แสดงการวัดให้เห็นว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ทางด้านขาออกของวงจรนั้นเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดันไฟฟ้ากระแสเพิ่ม

5.4.1 แบบการควบคุมโดยการควบคุมแคลมป์กระแส

วิธีการทดลอง

1. จัดชุดการทดลองโดยต่อ Auto Transformer กับด้านเข้าของวงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลัง ต่อ DC Power Supply กับวงจรควบคุม ต่อภาระทางไฟฟ้าที่ด้านขาออกของวงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลัง ใช้ Digital Oscilloscope วัดสัญญาณที่ด้านเข้าของวงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลัง และใช้ Digital Multimeter วัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ด้านขาออกของวงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลัง

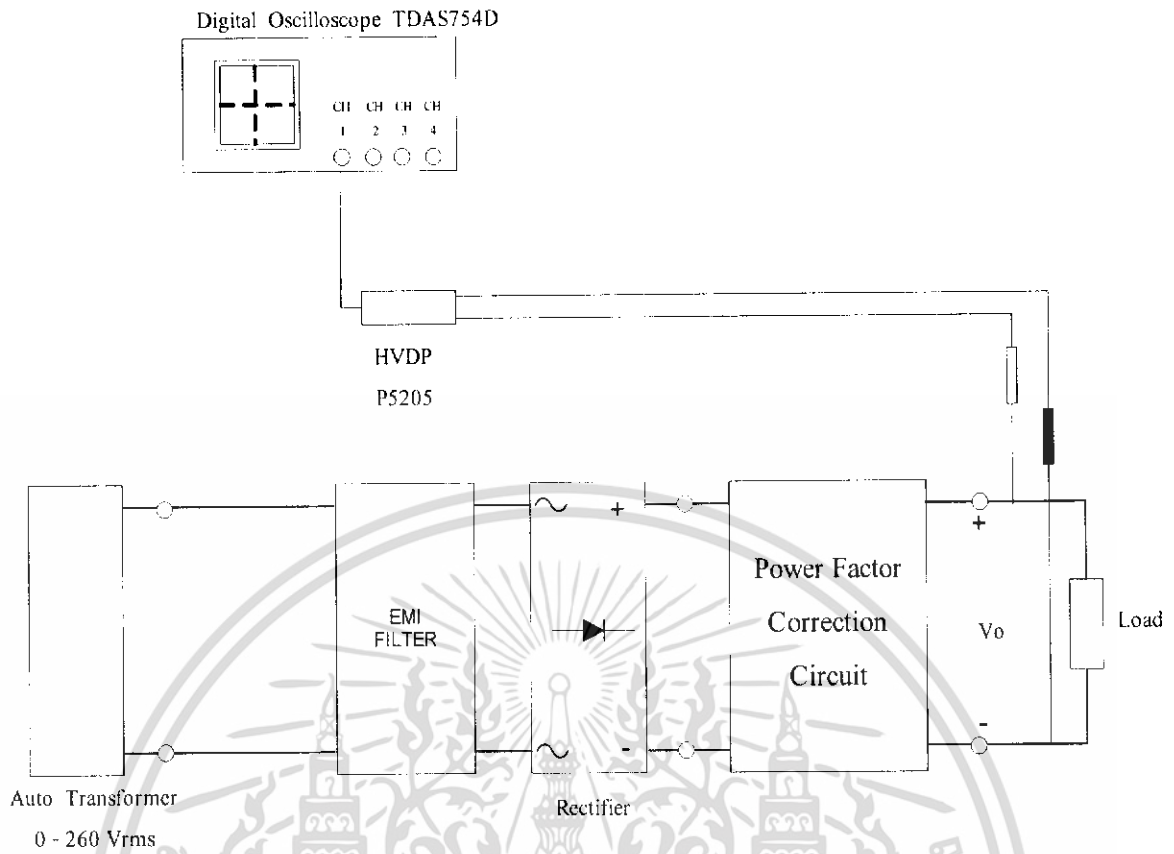
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 12 V จาก DC Power Supply ให้กับวงจรควบคุม

3. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 207 V จาก Auto Transformer ให้กับวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังและปรับให้โหลดคิงกระแสไฟฟ้าสูงสุด

4. บันทึกค่าสัญญาณของแรงดันไฟฟ้ากระแสเพิ่ม ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดและกระแสไฟฟ้าทางด้านขาออกสูงสุด

5. เพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าจาก Auto Transformer จนถึงระดับแรงดัน 243 V และปรับให้โหลดคิงกระแสไฟฟ้าต่ำสุด

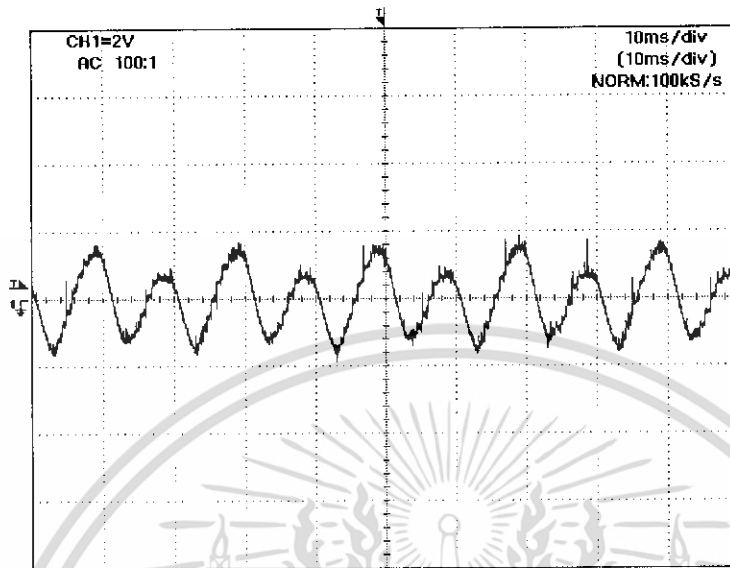
6. บันทึกค่าสัญญาณของแรงดันไฟฟ้ากระแสเพิ่ม ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดและกระแสไฟฟ้าทางด้านขาออกต่ำสุด



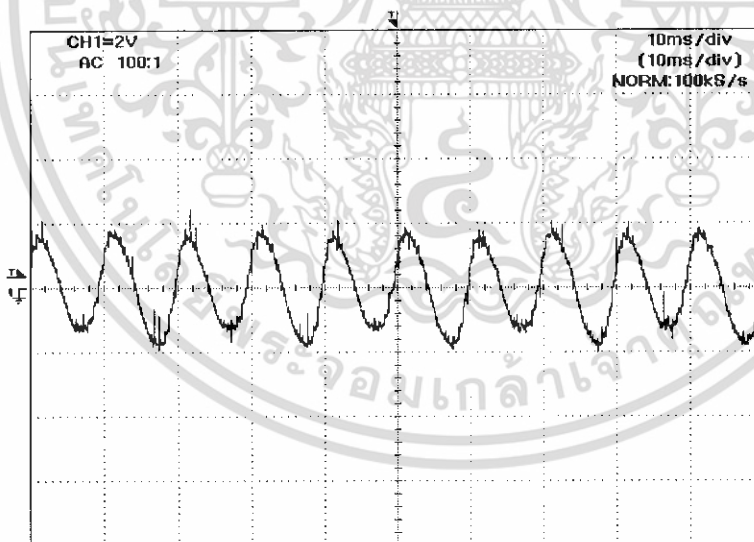
รูปที่ 5.9 การจัดชุดทดลองสำหรับวงจรทดสอบแรงดันไฟฟ้ากระแสเฟืองที่ด้านขาออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

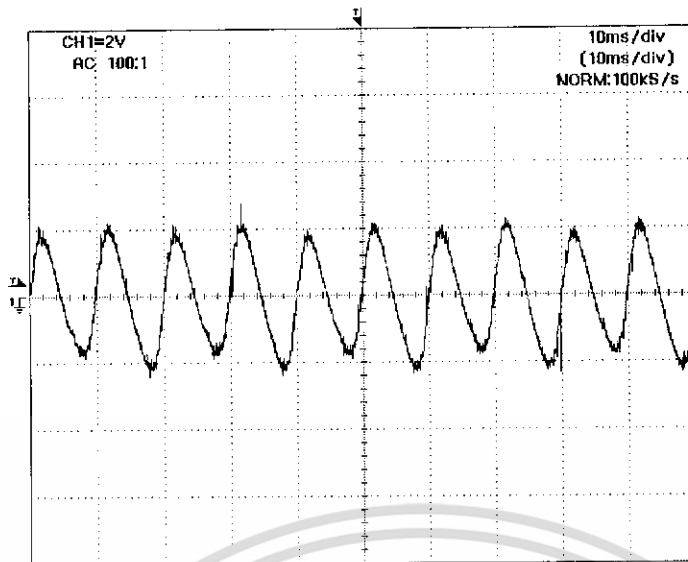


รูปที่ 5.10 แรงดันไฟฟ้ากระแสเฟืองที่ด้านขาออกของวงจรที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 207 V โหลด 100 W



รูปที่ 5.11 แรงดันไฟฟ้ากระแสเฟืองที่ด้านขาออกของวงจรที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 230 V โหลด 100 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 แรงดันไฟฟ้ากระแสเพิ่มที่ด้านขาออกของวงจรที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 243 V โหลด 100 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ค่าตัวประกอบกำลัง

ค่าของตัวประกอบกำลังหลังจากผ่านวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

5.5.1 การควบคุมโดยการควบคุมแบบแคลมป์กระแส

(Clamped – current control)

วิธีการทดลอง

1. จัดชุดทดลองโดยต่อ Auto Transformer กับด้านเข้าของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังต่อ DC Power Supply กับวงจรควบคุม ต่อภาระทางไฟฟ้าที่ด้านขาออกของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง ใช้ Digital Oscilloscope วัดสัญญาณที่ด้านขาเข้าวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง Digital Multimeter วัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ด้านขาออกของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง ดังรูปที่ 5.5

2. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 12 V จาก DC Power Supply ให้กับวงจรควบคุม

3. จ่ายแรงดันไฟฟ้า 207 V จาก Auto Transformer ให้กับวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง และปรับให้โหลดคิ่งกระแสไฟฟ้าสูงสุด

4. บันทึกค่าตัวประกอบกำลัง ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้าต่ำสุด และกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าสูงสุด

5. เพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าจาก Auto Transformer จนถึงระดับ 243 V และปรับให้โหลดคิ่งกระแสไฟฟ้าสูงสุด

6. บันทึกค่าตัวประกอบกำลัง ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดและกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าสูงสุด

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.2 ผลการวัดค่าตัวประกอบกำลังของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังโดยการควบคุมแบบแคลมป์กระแส

แรงดันไฟฟ้า ขาเข้า (V)	กระแสไฟฟ้า ขาเข้า (A)	ค่าตัวประกอบกำลัง	แรงดันไฟฟ้า ขาออก(V)
207	2.538	0.975	380
230	2.190	0.991	380
243	2.098	0.980	380

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังในบทที่ผ่านมาแสดงให้เห็นผลดังต่อไปนี้

1. การทำงานก่อนปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังนั้นรูปสัญญาณกระแสไฟฟ้าที่ด้านขาเข้าไม่เป็นรูปคลื่นไซน์ และค่าตัวประกอบกำลังต่ำประมาณ (0.5)

2. เมื่อใช้วงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังโดยการควบคุมแบบแคลมป์กระแสรูปสัญญาณกระแสไฟฟ้าที่ด้านขาเข้าจะมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ และมีค่าตัวประกอบกำลังสูง ประมาณ (0.9)

3. เมื่อวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังโดยการควบคุมแบบแคลมป์กระแส รูปสัญญาณกระแสไฟฟ้าที่ด้านขาเข้าจะมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ และมีค่าตัวประกอบกำลังประมาณ (0.9) แต่ที่แรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า 243V รูปคลื่นไซน์ที่ได้จะมีการบิดเบี้ยวเนื่องจากขดลวดตรวจจับกระแสศูนย์ของวงจรไม่ทำงานเป็นบางช่วง

4. แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทางด้านขาออกของวงจรมีค่า 380 V และเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดันไฟฟ้ากระแสเพิ่มเพียงเล็กน้อย

สรุปได้ว่าวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง สามารถปรับปรุงรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้าเป็นรูปคลื่นไซน์และมีค่าตัวประกอบกำลังมีค่าที่สูงกว่าเมื่อไม่มีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

เอกสารอ้างอิง

- [1] กัณฑ์ชา กิตติพิรัชล, “การออกแบบวงจรควบคุมของแหล่งจ่ายไฟฟ้กำลังแบบสวิตซ์”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ,2547
- [2] Dragan Maksimovic, “**Design of the Clamped – Current High Power Factor Boost Rectifier**”,IEEE Transation on Industry Applications .1995
- [3] Daniel W. Hart. **Introduction to Power Electronics**. New Jersey : Prentice-Hall, Inc. 1997
- [4] H.W. Whittington, B.W. Flynn, D.E. Macpherson. **Switched Mode Power Supplies: Design and Construction**. Somerset : Research Studies Press Ltd. 1992.
- [5] Muhammad H. Rashid. **Power Electronics Circuit Devices and Applications**. Third Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. 2004
- [6] Robert W. Erickson. **Fundamentals of Power Electronics**. Fourth printing Massachusetts: Kluwer academic publishers. 1999.

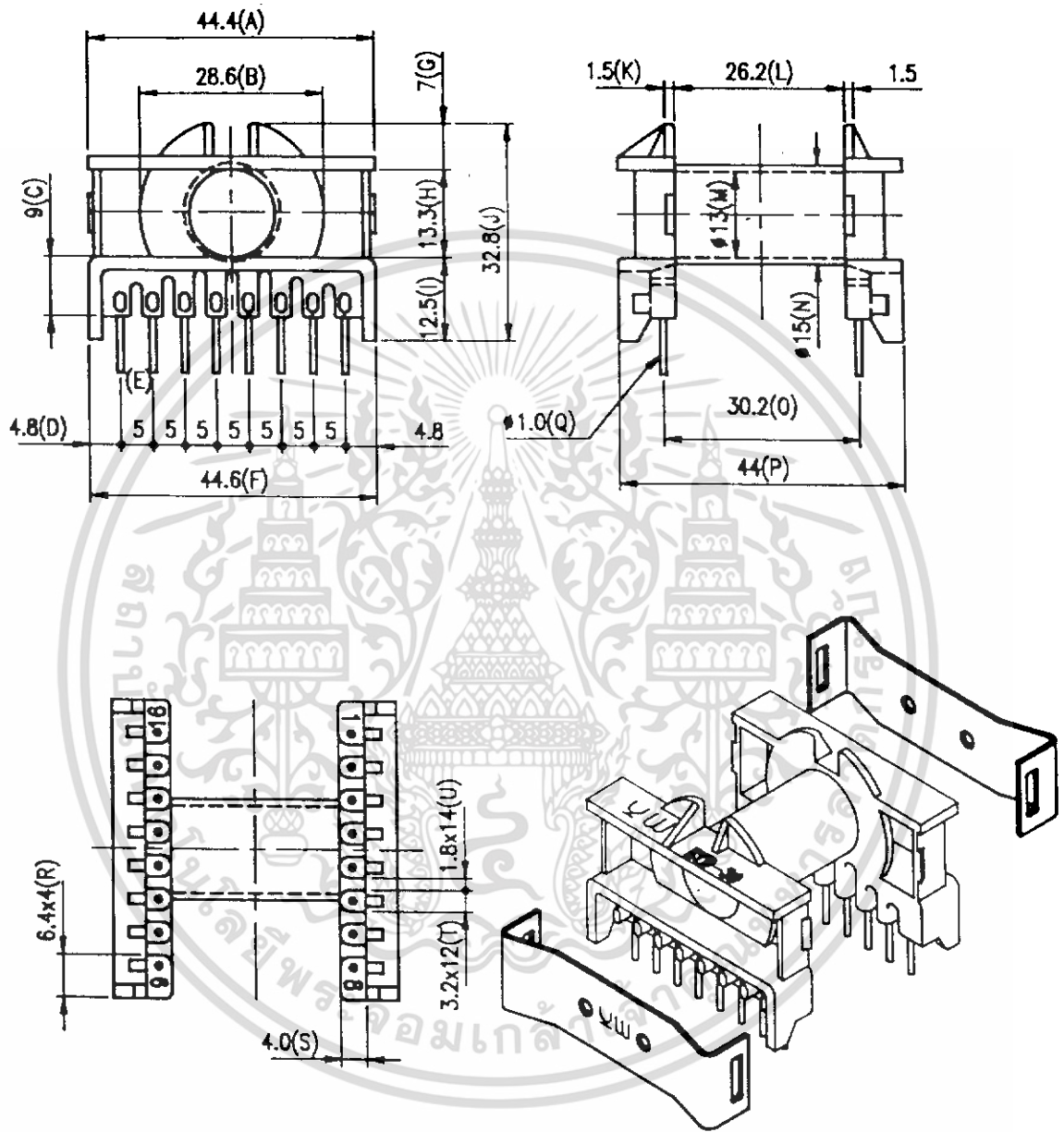
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

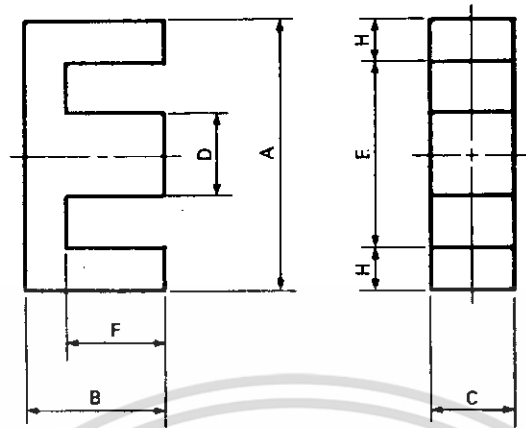
ตารางแทนเฟอร์ไรต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

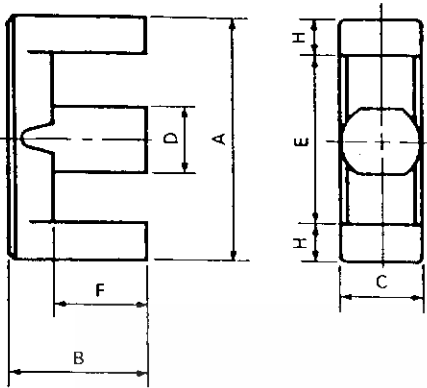


				TOLERANCE:					
				WHOLENO ± 0.5		DECIMAL X ± 0.3		CHECK	
				PIN PITCH ± 0.1		.XX ± 0.2			
				ROW PITCH ± 0.5					
修改日期	修改部份	修改前尺寸	修改後尺寸	SHEET OF		REV.	A	DRAWING	
毅華企業股份有限公司				TEL	(02)248-3366	MODEL	ETD-39 (YW-148)		
YIH HWA ENTERPRISE CO., LTD				FAX	(02)240-6919	MATERIAL	PHENOLIC		
中和市連城路222巷4弄2號2樓				UNIT	m/m	SCALE	1 / 1	DATE	

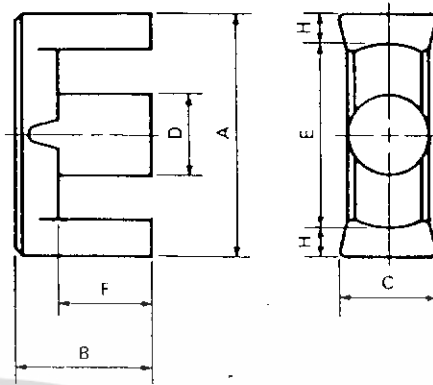


Shape code	Dimensions (mm)							General standard
	A	B	C	D	E _{min}	F	H	
EE12.6/13	12.6±0.50	6.40±0.10	3.55±0.15	3.55±0.15	8.9	4.65±0.15	1.70	
EE13/13B	13.0±0.20	6.40±0.10	7.00±0.10	3.55±0.15	8.9	4.65±0.15	1.90	
EE16/14K	16.0±0.30	7.20±0.10	4.80±0.20	3.80±0.20	11.7	5.20±0.15	2.00	JIS
EE19/16K	19.1±0.30	7.95±0.15	5.00±0.20	4.55±0.15	14.2	5.60±0.10	2.30	JIS
EE19/16Z	19.3±0.32	8.10±0.18	4.76±0.13	4.76±0.08	14.1	5.72±0.13	2.38	
EE22/20	22.0±0.30	10.2±0.20	5.75±0.25	4.25±0.25	17.0	7.70±0.20	2.25	
EE25/19A	25.8±0.40	9.65±0.13	6.35±0.20	6.48±0.13	18.8	6.73±0.25	3.30	
EE25/19Z	25.4±0.38	9.53±0.25	6.35±0.25	6.35±0.13	18.7	6.38±0.17	3.18	JIS
EE25/20	25.0±0.30	10.2±0.20	6.40±0.30	6.40±0.30	18.2	6.65±0.15	3.25	
EE30/26K	30.0±0.50	13.2±0.20	10.7±0.30	10.7±0.30	19.5	8.15±0.15	5.00	JIS
EE30/30	30.0±0.50	14.9±0.25	6.90±0.30	6.90±0.20	19.5	10.2±0.25	5.00	
EE34/28A	34.6±0.45	14.2±0.20	9.27±0.25	9.27±0.25	25.4	9.90±0.25	4.38	
EE40/34B	40.0±0.60	16.8±0.40	11.7±0.40	11.7±0.40	26.8	10.7±0.15	6.35	
EE40/34K	40.0±0.50	17.0±0.30	10.7±0.30	10.7±0.30	27.4	10.3±0.30	6.00	JIS
EE40/35A	40.8±0.55	16.6±0.25	12.4±0.30	12.5±0.30	28.6	10.7±0.28	5.85	
EE40/44	40.1±0.60	22.3±0.30	11.7±0.40	11.7±0.40	27.3	15.2±0.20	6.05	
EE42/42-15W	42.2±0.90	21.0±0.20	15.0±0.30	12.0±0.30	29.5	15.2±0.40	6.03	JIS
EE42/42-20W	42.2±0.90	21.0±0.20	19.6±0.40	12.0±0.30	29.5	15.2±0.40	6.03	JIS
EE43/34	42.6±0.85	17.0±0.30	12.6±0.40	12.6±0.30	28.1	10.5±0.30	6.86	
EE47/39A	47.2±0.60	19.6±0.30	15.5±0.40	15.7±0.35	31.8	12.4±0.35	7.44	
EE50/42K	50.0±0.70	21.3±0.30	14.6±0.40	14.6±0.40	34.2	12.8±0.30	7.50	JIS
EE55/55A	55.2±1.10	27.5±0.30	20.7±0.30	17.0±0.30	37.5	18.9±0.40	8.52	JIS
EE56/47A	56.6±0.65	23.6±0.30	18.7±0.45	18.8±0.25	38.1	14.8±0.35	9.02	
EE80/76	80.0±1.00	38.1±0.40	19.8±0.40	19.8±0.40	61.2	28.2±0.30	8.90	

TYPE 3



TYPE 4



Core code	Magnetic parameter				Center leg area A_c (mm ²)	Minimum cross sectional area A_{min} (mm ²)		Window area A_w (mm ²)	Approx. weight (g/pr.)	Test data (page)	Bobbin (page)
	C_t (mm ⁻¹)	A_e (mm ²)	l_e (mm)	V_e (mm ³)							
R09/05	1.7278	7.96	13.8	110	8.81	7.07	B	7.28	0.631	—	—
R11/05	1.2353	11.9	14.7	175	13.2	10.3	B	7.48	1.00	—	—
R19/24	1.8784	28.1	52.8	1480	24.6	24.6	C	74.8	8.20	—	—
R26/33	1.6995	44.1	74.9	3300	40.7	40.7	C	164	16.8	—	—
R28/20	0.58524	86.3	50.5	4360	87.7	85.7	LB	81.2	21.9	—	—
R28/34	0.86800	85.6	74.3	6360	77.0	77.0	C	148	32.4	—	—
R29/30	0.80887	85.9	69.5	5970	86.3	85.7	LB	152	29.4	—	—
R29/32	0.92727	76.3	70.7	5400	70.9	70.9	C	145	27.0	29	—
R30/26	0.47976	120	57.4	6860	113	113	C	70.8	35.3	—	—
R33/33	0.63188	121	76.3	9210	120	120	C	158	45.8	—	—
R34/35	0.81454	97.0	79.0	7670	91.6	91.6	C	188	38.0	30	—
R35/41	0.81729	110	90.1	9930	100	100	C	218	52.7	31	41
R38/44	0.50604	185	93.6	17300	181	181	C	183	86.5	—	—
R39/40	0.74141	125	92.6	11600	123	123	C	257	57.1	32	—
R39/45	0.75038	136	102	13900	129	129	C	277	69.7	33	41, 42
R40/45	0.63353	153	97.2	14900	139	139	C	249	75.9	34	—
R42/42	0.52664	183	96.3	17600	181	179	B	242	92.5	35	—
R42/43	0.57274	173	99.0	17100	170	165	B	261	87.7	36	—
R42/45	0.48286	202	97.3	19600	189	189	C	219	95.0	—	—
R42/49	0.46860	233	109	25400	235	231	B	282	129	—	—
R44/45	0.59208	175	103	18100	174	173	B	304	90.8	37	—
R45/38	0.51323	178	91.2	16200	181	170	L	223	82.4	—	—
R48/41	0.39196	254	99.5	25300	254	251	B	297	126	38	—
R49/49	0.53674	231	114	24300	211	211	C	373	128	39	—
R49/62	0.55627	242	134	32500	232	230	L	449	167	40	—
R53/37	0.35469	255	90.4	23100	252	252	C	252	117	—	—
R55/57	0.38039	334	127	42400	334	331	B	410	220	—	—
R80/65	0.39587	403	160	64300	394	394	C	792	325	—	—

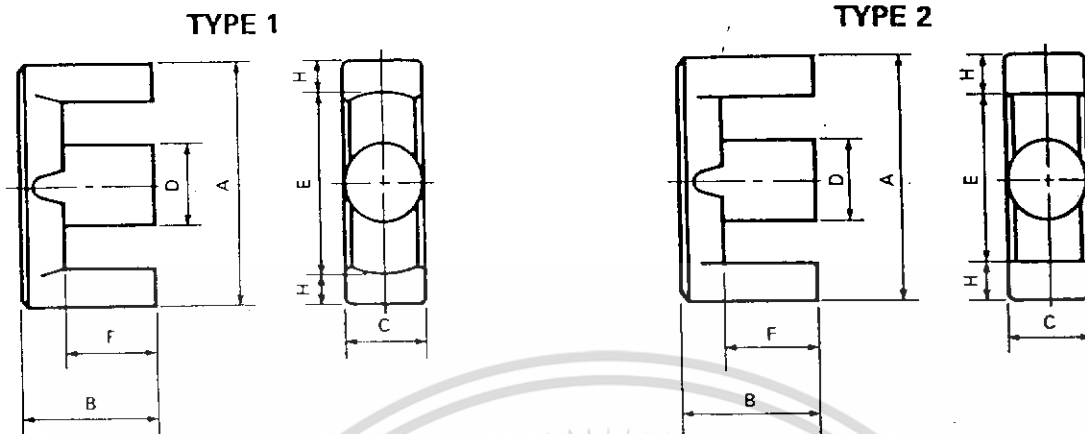
Minimum cross sectional area B; Back area C; Center leg area L; Side leg area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการอ้างอิงเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Summary

EER CORES

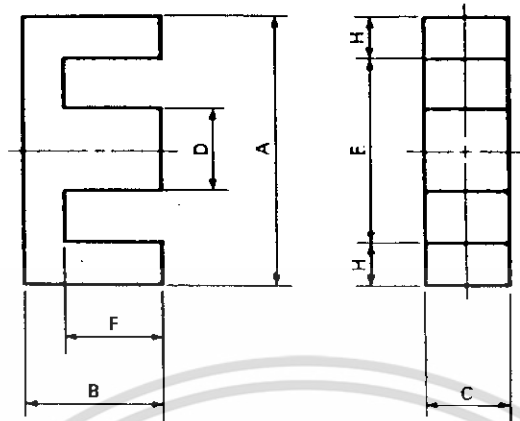


Shape code	Type	Dimensions (mm)							General standard
		A	B	C	D	E _{min.}	F	H _{nom.}	
EER09/05	1	9.3±0.20	2.30±0.10	5.05±0.15	3.35±0.15	7.7	1.6±0.10	0.70	
EER11/05	1	10.8±0.20	2.45±0.10	5.90±0.10	4.10±0.15	8.7	1.6±0.10	1.00	
EER19/24	2	19.2±0.40	12.1±0.15	5.60±0.30	5.60±0.30	13.6	8.9±0.20	2.60	
EER26/33	2	26.2±0.40	16.3±0.20	7.20±0.30	7.20±0.30	19.6	12.8±0.20	3.10	
EER28/20	3	28.0±0.40	10.1±0.25	11.9±0.30	8.50±0.20	20.4	6.6±0.20	3.60	
EER28/34	1	28.6±0.50	16.9±0.25	11.4±0.30	9.90±0.20	21.2	12.6±0.30	3.40	
EER29/30	3	29.3±0.40	14.6±0.30	11.9±0.30	8.30±0.20	21.6	11.0±0.20	3.60	
EER29/32	1	29.8±0.80	15.8±0.20	9.50±0.30	9.50±0.30	22.0	11.0±0.30	3.55	ETD29
EER30/26	1	30.1±0.60	13.2±0.35	12.0±0.25	12.0±0.25	20.0	8.3±0.30	4.76	
EER33/33	3	33.0±0.30	16.7±0.35	13.0±0.20	10.5±0.20	23.4	12.0±0.20	4.65	
EER34/35	1	34.2±0.80	17.3±0.20	10.8±0.30	10.8±0.30	25.6	12.1±0.30	3.95	ETD34
EER35/41	1	35.0±0.50	20.7±0.30	11.3±0.25	11.3±0.25	25.6	14.7±0.30	4.43	JIS
EER38/44	1	37.5±0.50	22.0±0.20	15.2±0.25	15.2±0.25	26.5	15.5±0.20	5.25	
EER39/40	1	39.1±0.90	19.8±0.20	12.5±0.30	12.5±0.30	29.3	14.6±0.40	4.50	ETD39
EER39/45	1	39.0±0.40	22.7±0.20	12.8±0.25	12.8±0.25	28.6	17.1±0.20	5.00	JIS
EER40/45	1	40.0±0.70	22.4±0.30	13.3±0.30	13.3±0.30	28.8	15.4±0.30	5.25	JIS
EER42/42	1	42.0±0.50	21.2±0.20	15.2±0.25	15.2±0.25	30.5	15.3±0.30	5.50	JIS
EER42/43	1	42.2±0.90	21.6±0.20	14.7±0.30	14.7±0.30	30.4	16.0±0.40	5.58	
EER42/45	1	42.0±0.60	22.4±0.20	15.5±0.25	15.5±0.25	29.4	15.4±0.30	6.15	
EER42/49	1	42.0±0.50	24.7±0.20	19.6±0.40	17.3±0.25	31.8	18.8±0.30	4.85	
EER44/45	1	44.0±1.00	22.3±0.20	14.9±0.30	14.9±0.30	32.5	16.5±0.40	5.35	ETD44
EER45/38	2	44.0±0.50	19.3±0.20	15.2±0.25	15.2±0.25	31.0	13.3±0.20	6.00	
EER48/41	1	48.0±1.00	20.6±0.60	20.9±0.40	18.0±0.30	37.2	15.0±0.30	5.10	
EER49/49	1	48.7±1.10	24.7±0.20	16.4±0.30	16.4±0.30	36.1	18.1±0.40	5.85	ETD49
EER49/62	1	49.0±0.50	31.2±0.30	17.2±0.25	17.2±0.25	36.4	22.7±0.20	6.00	JIS
EER53/37	1	53.5±1.00	18.3±0.20	17.9±0.40	17.9±0.40	39.8	11.1±0.30	6.43	
EER55/57	4	55.0±0.50	28.4±0.40	24.7±0.40	20.6±0.30	41.7	19.0±0.30	6.40	
EER80/65	2	80.0±0.80	32.5±0.40	20.0±0.50	24.0±0.50	59.2	22.0±0.30	10.0	

Core code	Magnetic parameter				Center leg area A_c (mm ²)	Minimum cross sectional area A_{min} (mm ²)		Window area A_w (mm ²)	Approx. weight (g/pr.)	Test data (page)	Bobbin (page)
	C_1 (mm ⁻¹)	A_m (mm ²)	l_e (mm)	V_e (mm ³)							
EE16/13	2.4057	12.4	29.7	367	12.6	12.1	L	26.3	1.90	—	—
EE18/13B	1.1934	25.1	30.0	752	24.9	23.8	B	26.6	3.70	47	—
EE18/14K	1.8662	18.9	35.2	663	18.2	18.2	C	42.6	3.20	48	59
EE18/16K	1.7168	23.1	39.6	915	22.8	22.8	C	55.7	4.58	49	—
EE18/16Z	1.7715	22.7	40.1	909	22.7	22.7	LBC	55.9	4.56	—	—
EE18/20	1.9594	26.1	51.2	1340	24.4	24.4	C	102	13.8	—	—
EE18/19A	1.2387	39.8	49.2	1960	41.1	37.1	B	85.6	9.96	—	—
EE18/19Z	1.1970	40.2	48.1	1940	40.3	40.0	B	81.0	10.3	50	—
EE18/20	1.1561	42.6	49.3	2100	41.0	41.0	C	80.5	10.3	—	—
EE18/26K	0.52756	110	57.9	6360	114	107	L	75.8	32.2	51	59
EE18/30	1.1538	57.3	66.1	3790	47.6	47.6	C	134	20.7	52	—
EE18/28A	0.85153	82.1	69.9	5750	85.9	79.7	B	164	29.5	—	—
EE18/34B	0.54389	142	77.5	11000	137	137	C	167	52.0	53	—
EE18/34K	0.60782	127	77.4	9860	114	114	C	178	52.0	54	60
EE18/35A	0.52569	149	78.1	11600	155	145	L	178	58.8	—	—
EE18/44	0.66917	145	97.2	14100	137	137	C	248	71.7	—	—
EE18/42-15W	0.54243	180	97.8	17600	180	180	BC	276	86.9	55	—
EE18/42-20W	0.41512	236	97.8	23000	235	235	BC	276	118	56	—
EE18/34	0.47780	165	78.7	13000	159	159	C	171	65.0	—	—
EE18/39A	0.38524	232	89.5	20800	243	223	B	206	106	—	—
EE18/42K	0.42677	226	96.3	21700	213	213	C	261	113	57	60
EE18/55A	0.34989	353	124	43700	352	352	C	400	218	58	—
EE18/47A	0.31597	339	107	36400	352	329	B	292	186	—	—
EE18/76	0.49137	377	185	69700	392	352	L	1480	354	—	—

Minimum cross sectional area B; Back area C; Center leg area L; Side leg area

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ออกทั้งห้ามมิให้คัดแบบลงนิตยสารหรือหนังสือพิมพ์โดยไม่ได้รับอนุญาตจากบริษัทฯ ขอสงวนสิทธิ์ในเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Shape code	Dimensions (mm)							General standard
	A	B	C	D	Emin.	F	H	
EE12.6/13	12.6±0.50	6.40±0.10	3.55±0.15	3.55±0.15	8.9	4.65±0.15	1.70	
EE13/13B	13.0±0.20	6.40±0.10	7.00±0.10	3.55±0.15	8.9	4.65±0.15	1.90	
EE16/14K	16.0±0.30	7.20±0.10	4.80±0.20	3.80±0.20	11.7	5.20±0.15	2.00	JIS
EE19/16K	19.1±0.30	7.95±0.15	5.00±0.20	4.55±0.15	14.2	5.60±0.10	2.30	JIS
EE19/16Z	19.3±0.32	8.10±0.18	4.76±0.13	4.76±0.08	14.1	5.72±0.13	2.38	
EE22/20	22.0±0.30	10.2±0.20	5.75±0.25	4.25±0.25	17.0	7.70±0.20	2.25	
EE25/19A	25.8±0.40	9.65±0.13	6.35±0.20	6.48±0.13	18.8	6.73±0.25	3.30	
EE25/19Z	25.4±0.38	9.53±0.25	6.35±0.25	6.35±0.13	18.7	6.38±0.17	3.18	JIS
EE25/20	25.0±0.30	10.2±0.20	6.40±0.30	6.40±0.30	18.2	6.65±0.15	3.25	
EE30/26K	30.0±0.50	13.2±0.20	10.7±0.30	10.7±0.30	19.5	8.15±0.15	5.00	JIS
EE30/30	30.0±0.50	14.9±0.25	6.90±0.30	6.90±0.20	19.5	10.2±0.25	5.00	
EE34/28A	34.6±0.45	14.2±0.20	9.27±0.25	9.27±0.25	25.4	9.90±0.25	4.38	
EE40/34B	40.0±0.60	16.8±0.40	11.7±0.40	11.7±0.40	26.8	10.7±0.15	6.35	
EE40/34K	40.0±0.50	17.0±0.30	10.7±0.30	10.7±0.30	27.4	10.3±0.30	6.00	JIS
EE40/35A	40.8±0.55	16.6±0.25	12.4±0.30	12.5±0.30	28.6	10.7±0.28	5.85	
EE40/44	40.1±0.60	22.3±0.30	11.7±0.40	11.7±0.40	27.3	15.2±0.20	6.05	
EE42/42-15W	42.2±0.90	21.0±0.20	15.0±0.30	12.0±0.30	29.5	15.2±0.40	6.03	JIS
EE42/42-20W	42.2±0.90	21.0±0.20	19.6±0.40	12.0±0.30	29.5	15.2±0.40	6.03	JIS
EE43/34	42.6±0.85	17.0±0.30	12.6±0.40	12.6±0.30	28.1	10.5±0.30	6.86	
EE47/39A	47.2±0.60	19.6±0.30	15.5±0.40	15.7±0.35	31.8	12.4±0.35	7.44	
EE50/42K	50.0±0.70	21.3±0.30	14.6±0.40	14.6±0.40	34.2	12.8±0.30	7.50	JIS
EE55/55A	55.2±1.10	27.5±0.30	20.7±0.30	17.0±0.30	37.5	18.9±0.40	8.52	JIS
EE56/47A	56.6±0.65	23.6±0.30	18.7±0.45	18.8±0.25	38.1	14.8±0.35	9.02	
EE80/76	80.0±1.00	38.1±0.40	19.8±0.40	19.8±0.40	61.2	28.2±0.30	8.90	

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

Preferred Devices

SWITCHMODE™ Power Rectifiers

This series is designed for use in switching power supplies, inverters and as free wheeling diodes, these state-of-the-art devices have the following features:

Features

- Ultrafast 35 and 60 Nanosecond Recovery Time
- 175°C Operating Junction Temperature
- Popular TO-220 Package
- High Voltage Capability to 600 Volts
- Low Forward Drop
- Low Leakage Specified @ 150°C Case Temperature
- Current Derating Specified @ Both Case and Ambient Temperatures
- Pb-Free Packages are Available*

Mechanical Characteristics

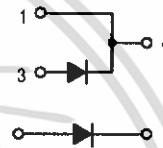
- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 1.9 grams (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead Temperature for Soldering Purposes: 260°C Max. for 10 Seconds
- Shipped 50 units per plastic tube



ON Semiconductor*

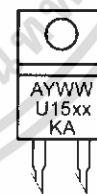
<http://onsemi.com>

ULTRAFAST RECTIFIERS 15 AMPERES, 100-600 VOLTS



TO-220AC
CASE 221B
PLASTIC

MARKING DIAGRAM



A = Assembly Location
Y = Year
WW = Work Week
U15 = Device Code
xx = 10, 15, 20, 40 or 60
KA = Location Code

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลเบอร์ไอซีต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	MUR					Unit
		1510	1515	1520	1540	1560	
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	100	150	200	400	600	V
Average Rectified Forward Current (Rated V_R)	$I_{F(AV)}$	15 @ $T_C = 150^\circ\text{C}$			15 @ $T_C = 145^\circ\text{C}$		A
Peak Rectified Forward Current (Rated V_R , Square Wave, 20 kHz)	I_{FRM}	30 @ $T_C = 150^\circ\text{C}$			30 @ $T_C = 145^\circ\text{C}$		A
Nonrepetitive Peak Surge Current (Surge applied at rated load conditions halfwave, single phase, 60 Hz)	I_{FSM}	200			150		A
Operating Junction Temperature and Storage 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.

THERMAL CHARACTERISTICS

Maximum Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	1.5	$^\circ\text{C/W}$
--	-----------------	-----	--------------------

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Maximum Instantaneous Forward Voltage (Note 1) ($I_F = 15$ Amps, $T_C = 150^\circ\text{C}$) ($I_F = 15$ Amps, $T_C = 25^\circ\text{C}$)	V_F	0.85 1.05	1.12 1.25	1.20 1.50	V
Maximum Instantaneous Reverse Current (Note 1) (Rated dc Voltage, $T_C = 150^\circ\text{C}$) (Rated dc Voltage, $T_C = 25^\circ\text{C}$)	I_R	500 10	500 10	1000 10	μA
Maximum Reverse Recovery Time ($I_F = 1.0$ Amp, $di/dt = 50$ Amps/ μs)	t_{rr}	35		60	ns

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

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping†
MUR1510	TO-220	50 Units / Rail
MUR1510G	TO-220 (Pb-Free)	50 Units / Rail
MUR1515	TO-220	50 Units / Rail
MUR1520	TO-220	50 Units / Rail
MUR1520G	TO-220 (Pb-Free)	50 Units / Rail
MUR1540	TO-220	50 Units / Rail
MUR1540G	TO-220 (Pb-Free)	50 Units / Rail
MUR1560	TO-220	50 Units / Rail
MUR1560G	TO-220 (Pb-Free)	50 Units / Rail

†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.

<http://onsemi.com>

2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

MUR1510, MUR1515, MUR1520

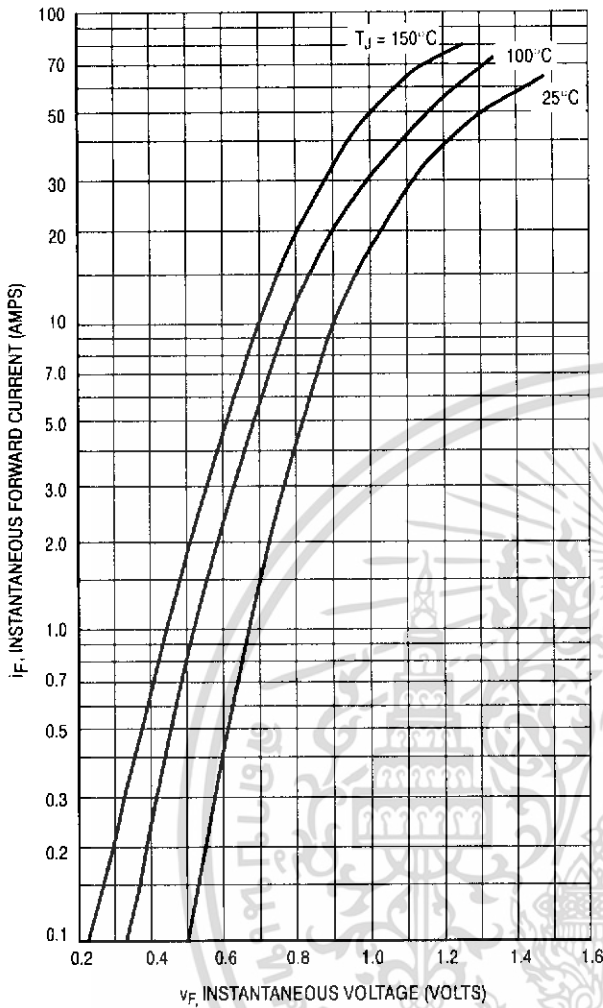


Figure 1. Typical Forward Voltage

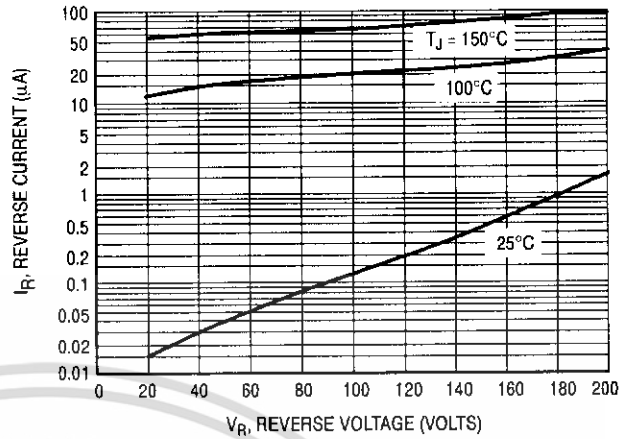


Figure 2. Typical Reverse Current

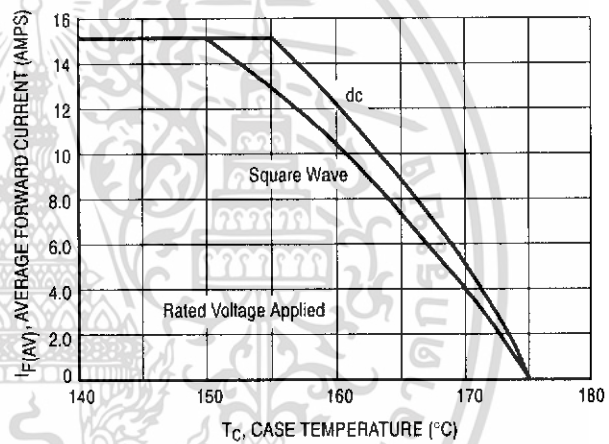


Figure 3. Current Derating, Case

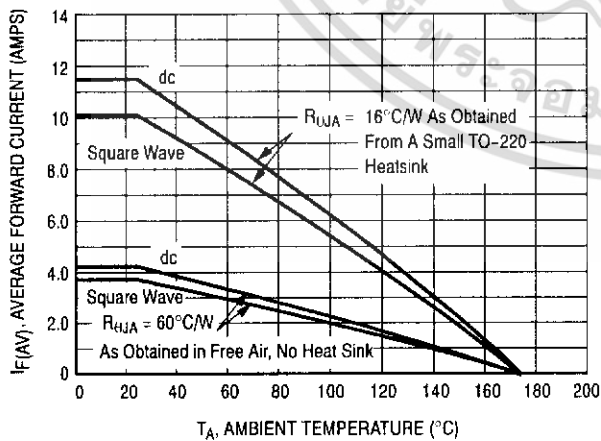


Figure 4. Current Derating, Ambient

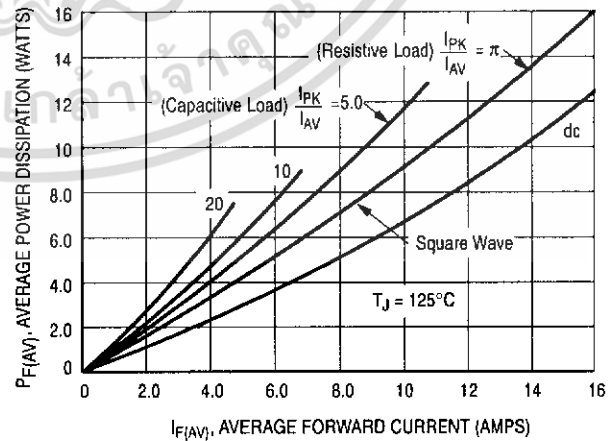


Figure 5. Power Dissipation

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

MUR1540

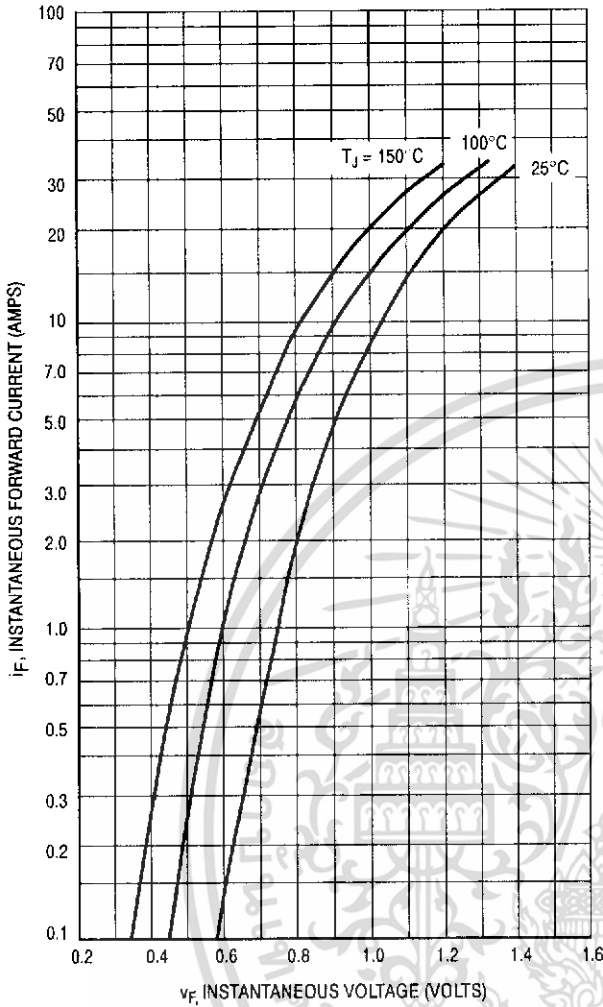


Figure 6. Typical Forward Voltage

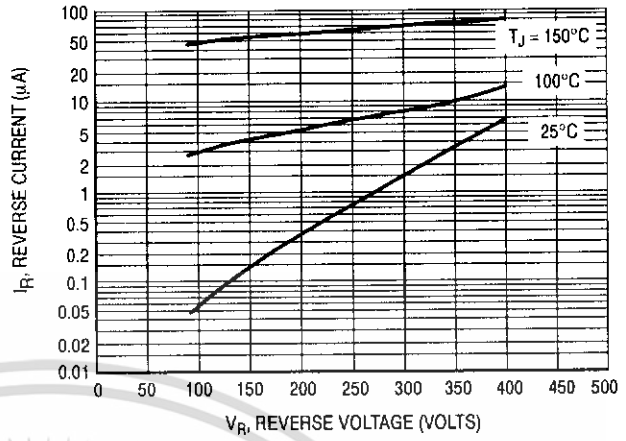


Figure 7. Typical Reverse Current

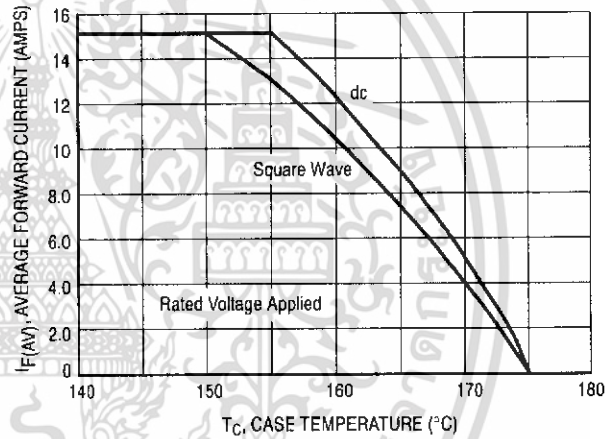


Figure 8. Current Derating, Case

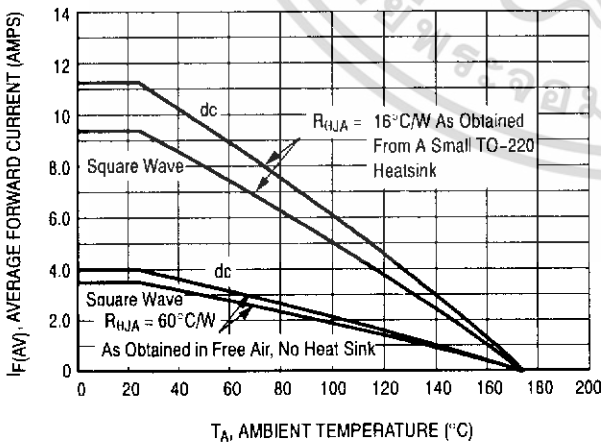


Figure 9. Current Derating, Ambient

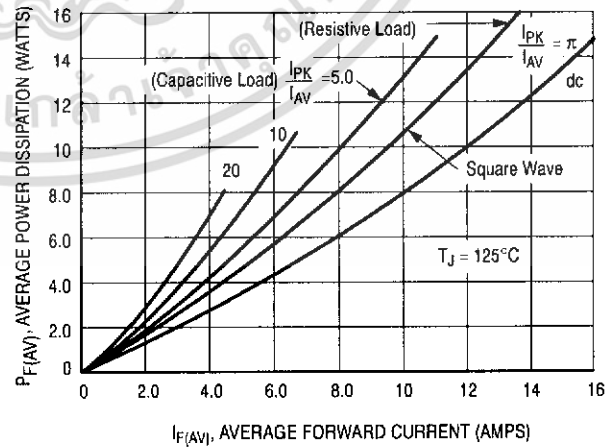


Figure 10. Power Dissipation

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

MUR1560

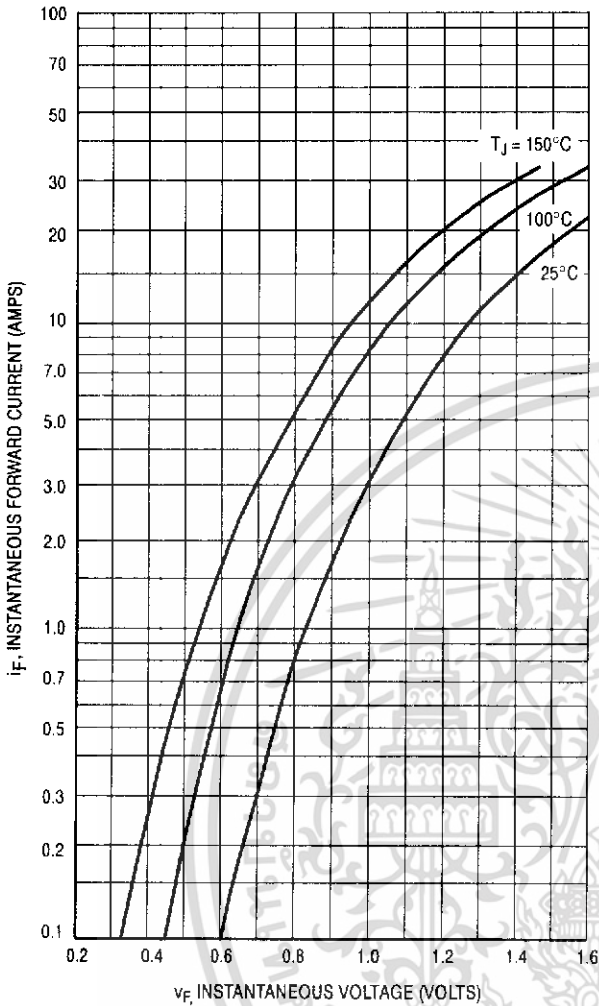


Figure 11. Typical Forward Voltage

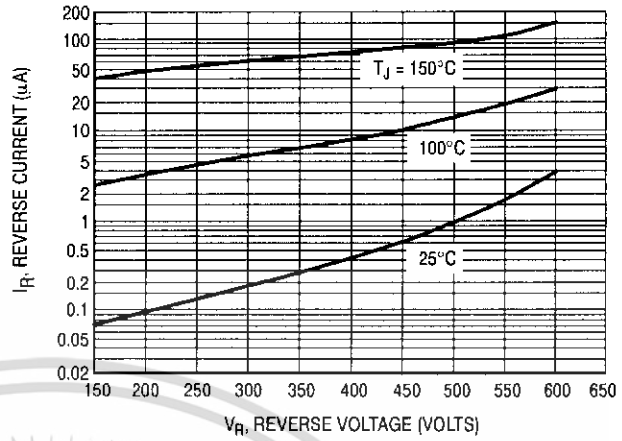


Figure 12. Typical Reverse Current

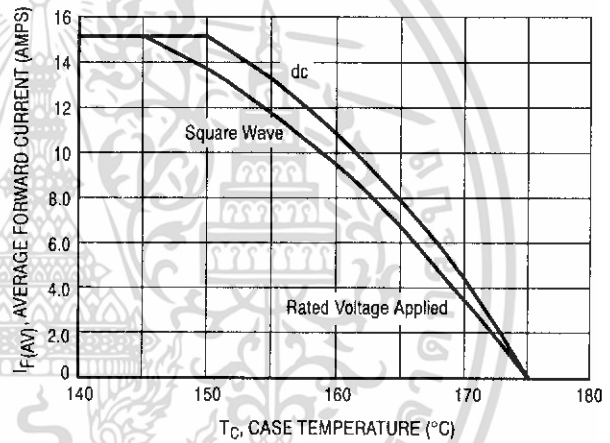


Figure 13. Current Derating, Case

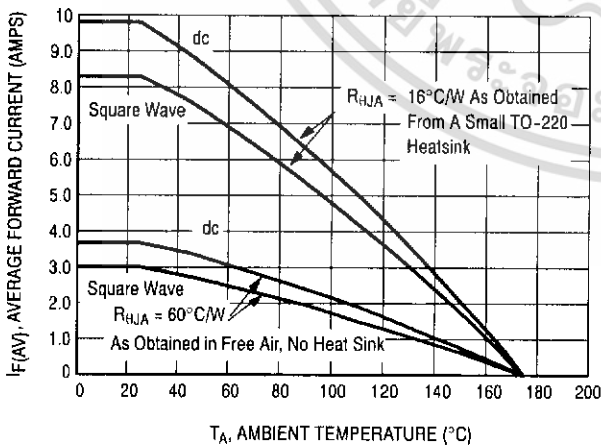


Figure 14. Current Derating, Ambient

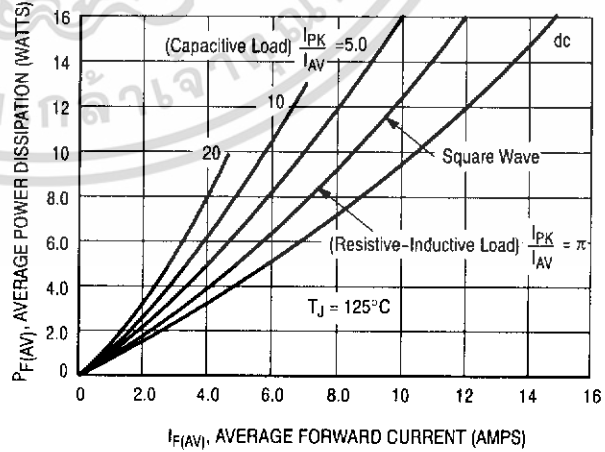


Figure 15. Power Dissipation

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

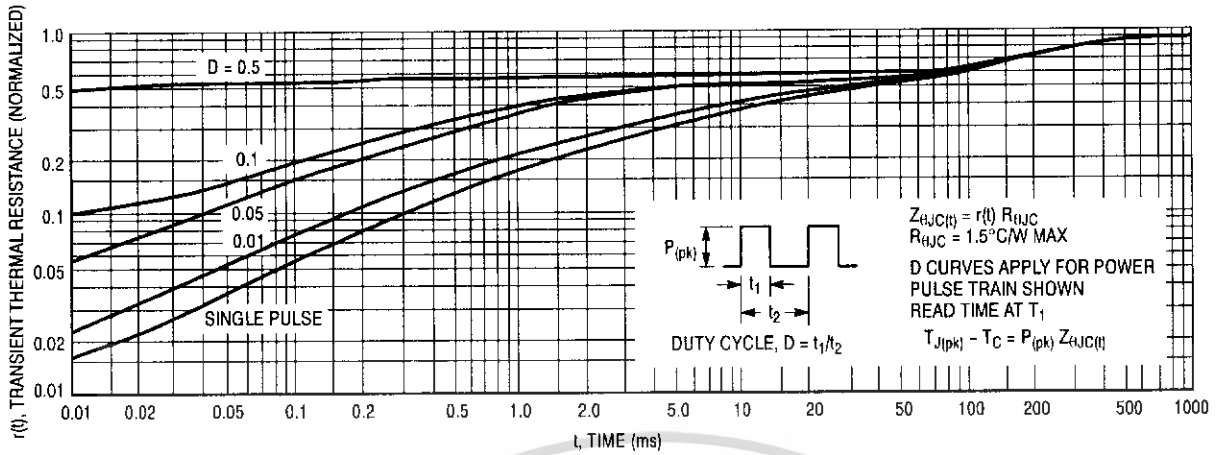


Figure 16. Thermal Response

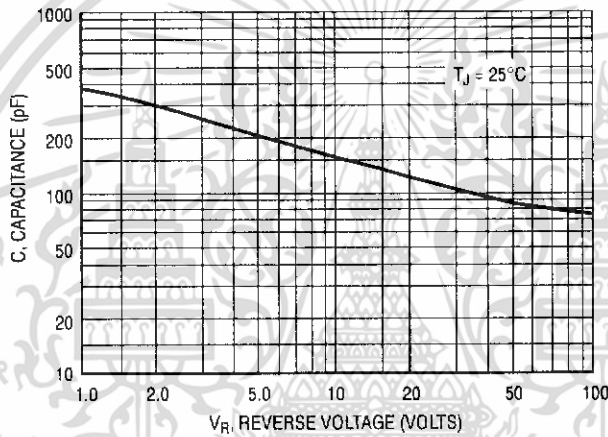
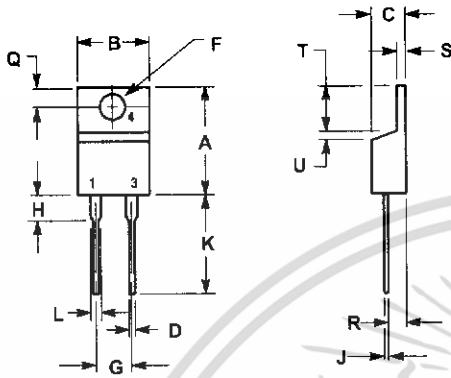


Figure 17. Typical Capacitance

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

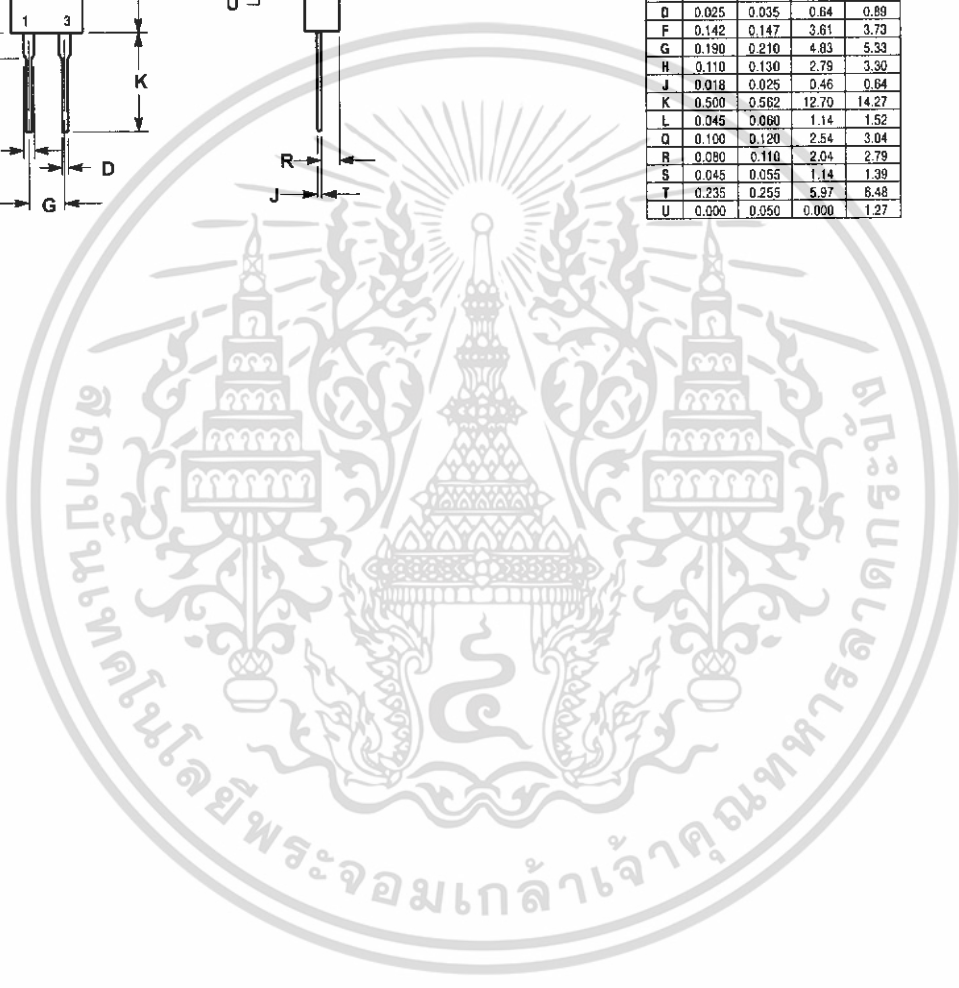
PACKAGE DIMENSIONS

TO-220 TWO-LEAD
CASE 221B-04
ISSUE D



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.595	0.620	15.11	15.75
B	0.380	0.405	9.65	10.29
C	0.160	0.190	4.05	4.82
D	0.025	0.035	0.64	0.89
F	0.142	0.147	3.61	3.73
G	0.190	0.210	4.83	5.33
H	0.110	0.130	2.79	3.30
J	0.018	0.025	0.46	0.64
K	0.500	0.562	12.70	14.27
L	0.045	0.060	1.14	1.52
Q	0.100	0.120	2.54	3.04
R	0.080	0.110	2.04	2.79
S	0.045	0.055	1.14	1.39
T	0.235	0.255	5.97	6.48
U	0.000	0.050	0.000	1.27




<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560



SWITCHMODE is a trademark of Semiconductor Components Industries, LLC.

ON Semiconductor and  are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 61312, Phoenix, Arizona 85062-1312 USA
Phone: 480-829-7710 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 480-829-7709 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada

Japan: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center
2-9-1 Kamimeguro, Meguro-ku, Tokyo, Japan 153-0051
Phone: 81-3-5773-3850

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

Order Literature: <http://www.onsemi.com/litorder>

For additional information, please contact your
local Sales Representative.

MUR1520/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

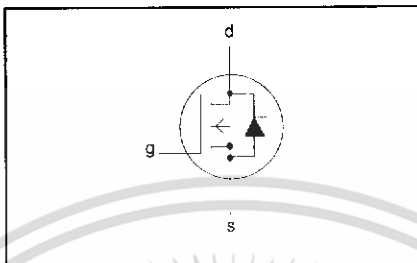
**PowerMOS transistors
Avalanche energy rated**

IRFP460

FEATURES

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

SYMBOL



QUICK REFERENCE DATA

$V_{DSS} = 500\text{ V}$
$I_D = 20\text{ A}$
$R_{DS(ON)} \leq 0.27\ \Omega$

GENERAL DESCRIPTION

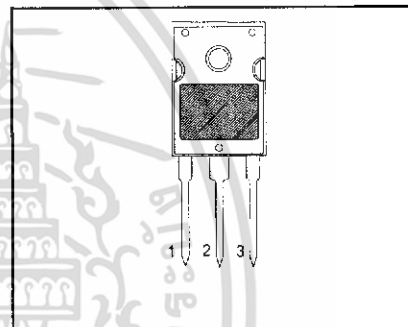
N-channel, enhancement mode field-effect power transistor, intended for use in off-line switched mode power supplies, T.V. and computer monitor power supplies, d.c. to d.c. converters, motor control circuits and general purpose switching applications.

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

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	gate
2	drain
3	source
tab	drain

SOT429 (TO247)



LIMITING VALUES

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

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

AVALANCHE ENERGY LIMITING VALUES

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

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

¹ pulse width and repetition rate limited by T_j max.

**PowerMOS transistors
Avalanche energy rated**

IRFP460

THERMAL RESISTANCES

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

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

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

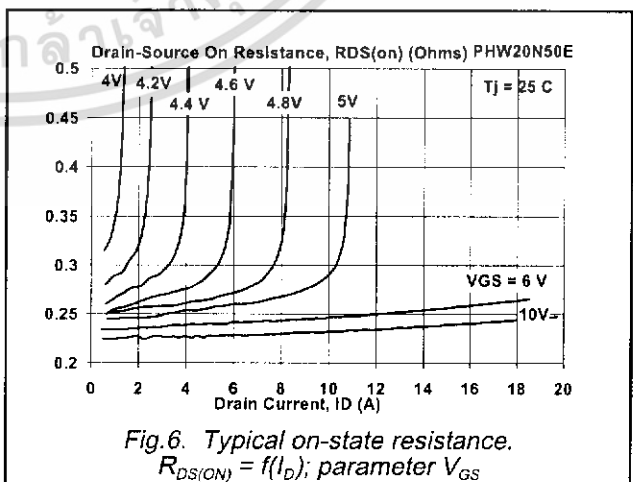
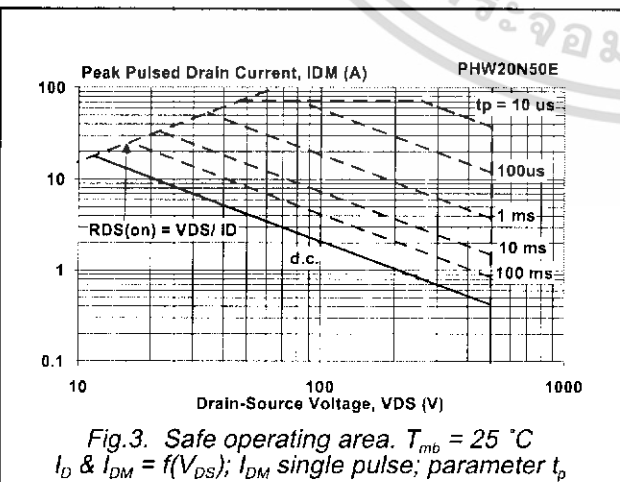
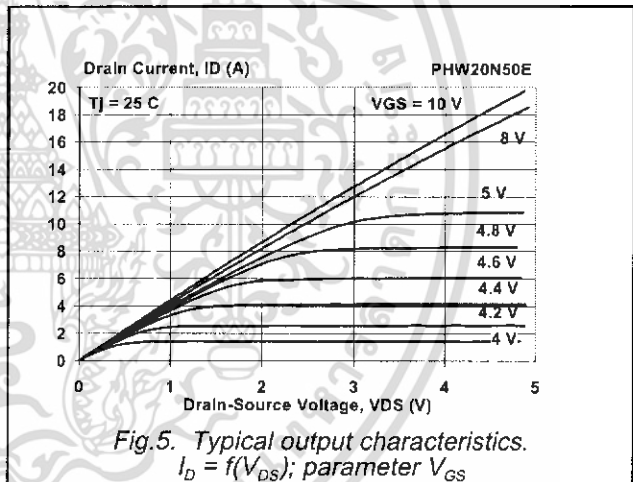
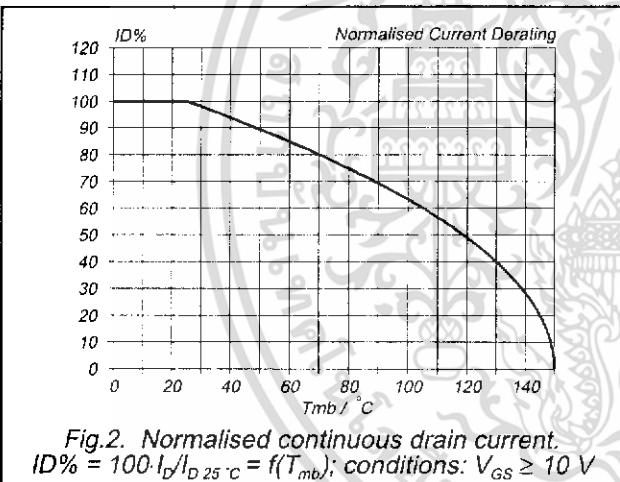
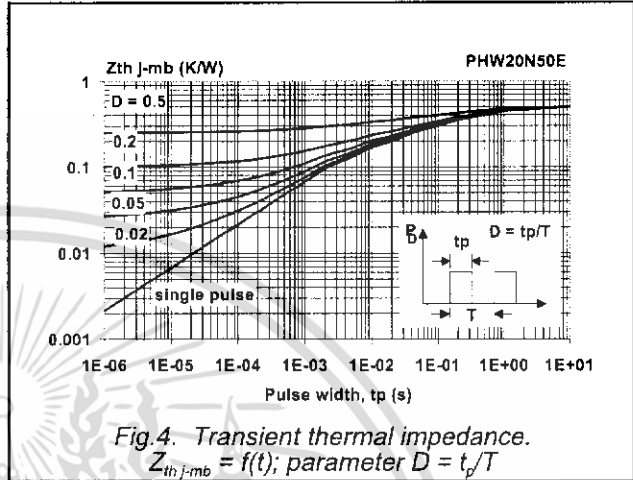
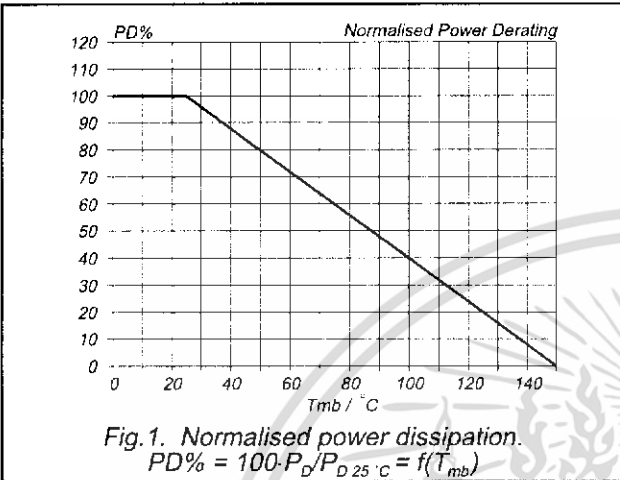
SOURCE-DRAIN DIODE RATINGS AND CHARACTERISTICS
 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

PowerMOS transistors
Avalanche energy rated

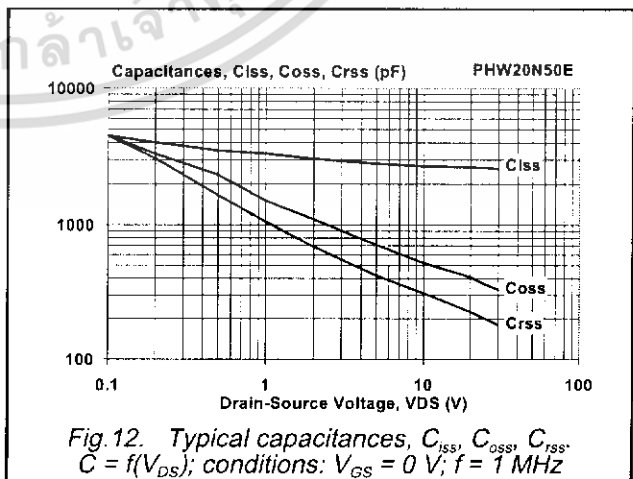
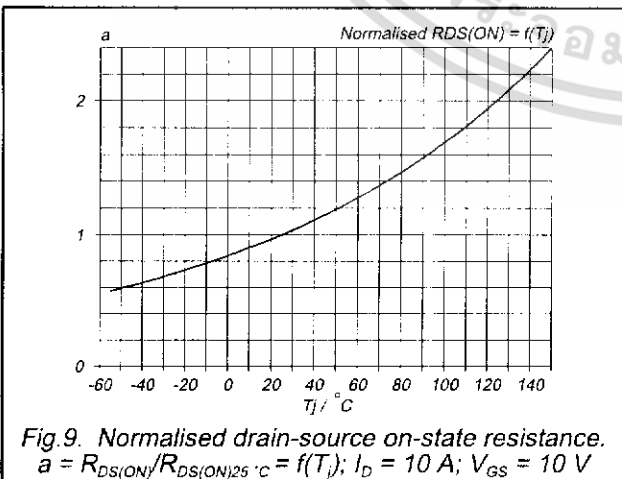
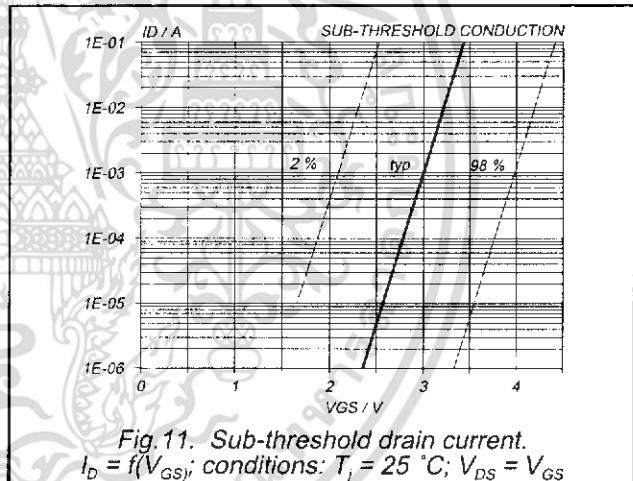
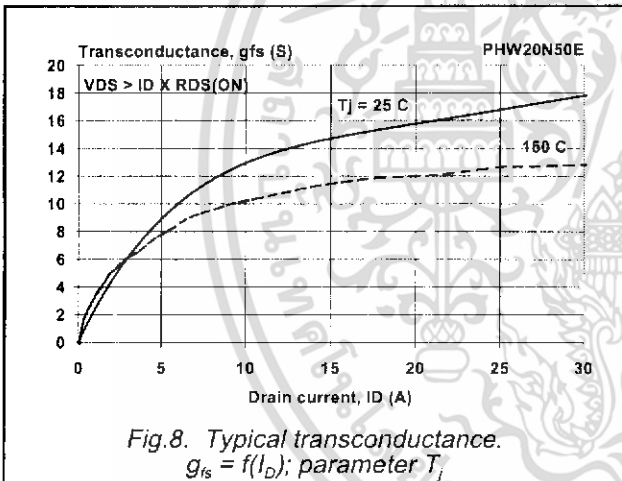
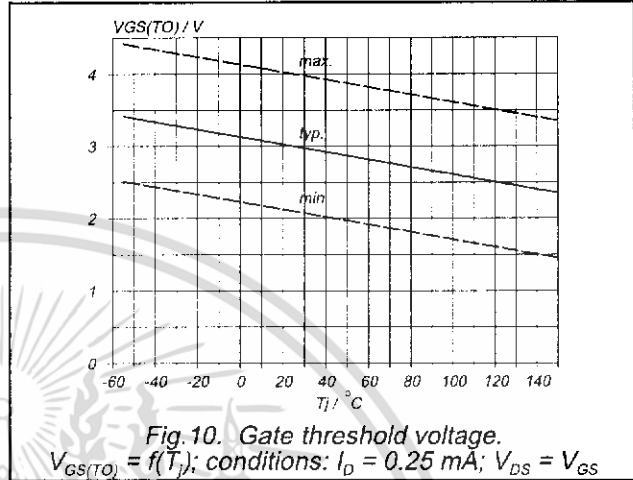
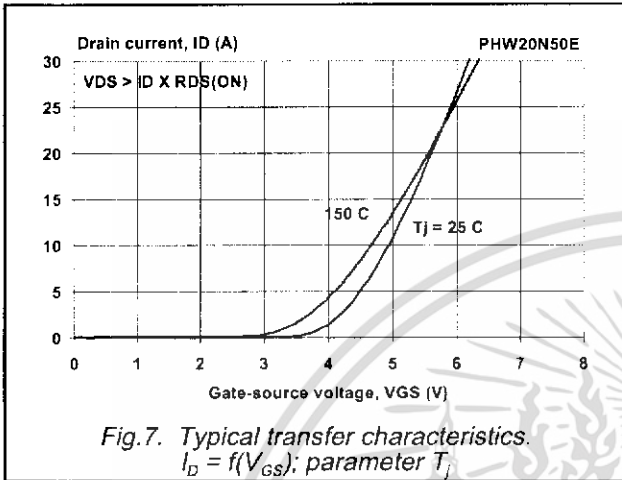
IRFP460



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PowerMOS transistors
Avalanche energy rated

IRFP460



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PowerMOS transistors
Avalanche energy rated

IRFP460

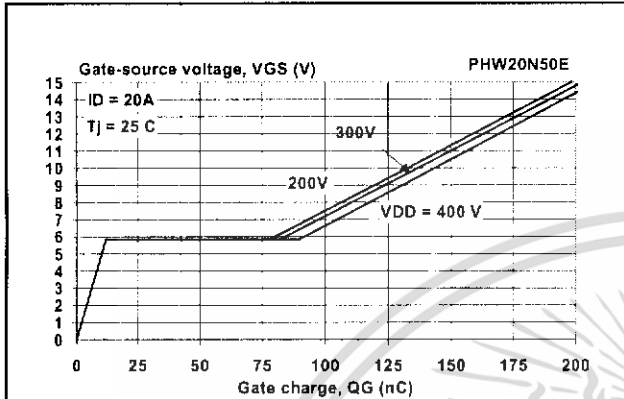


Fig. 13. Typical turn-on gate-charge characteristics.
 $V_{GS} = f(Q_G)$; parameter V_{DS}

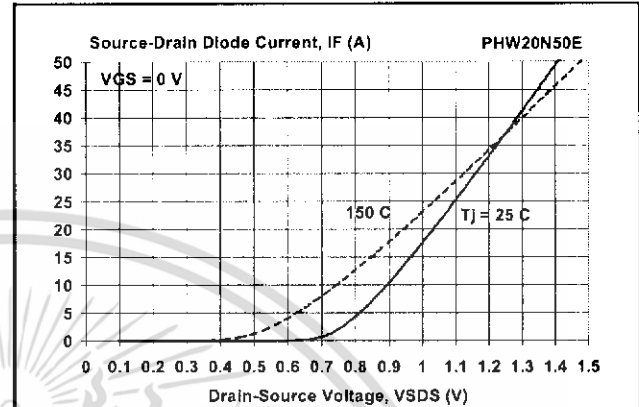


Fig. 16. Source-Drain diode characteristic.
 $I_F = f(V_{SDS})$; parameter T_j

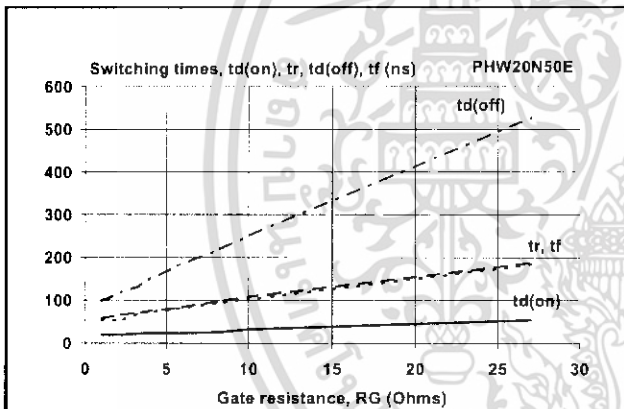


Fig. 14. Typical switching times; $t_{d(on)}$, t_r , $t_{d(off)}$, $t_f = f(R_G)$

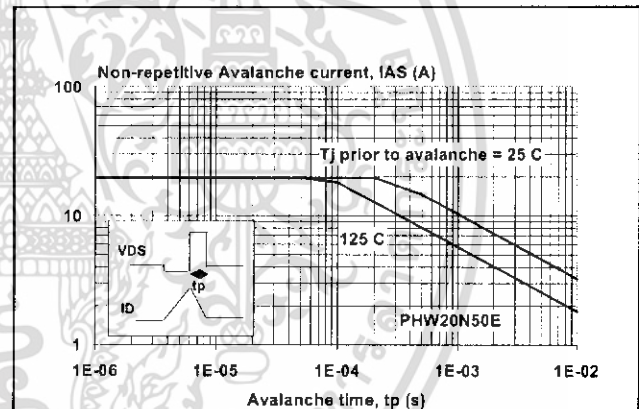


Fig. 17. Maximum permissible non-repetitive avalanche current (I_{AS}) versus avalanche time (t_p); unclamped inductive load

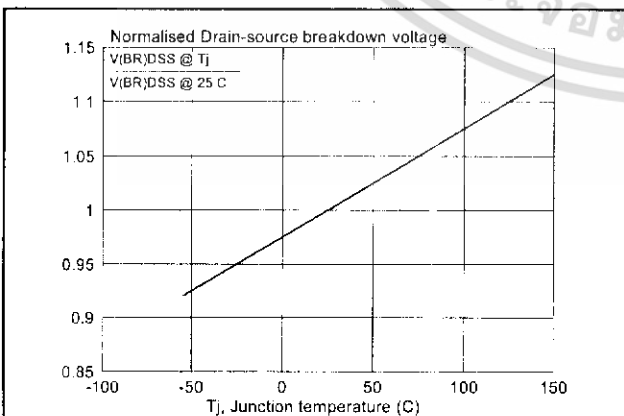


Fig. 15. Normalised drain-source breakdown voltage;
 $V_{(BR)DSS} / V_{(BR)DSS 25 C} = f(T_j)$

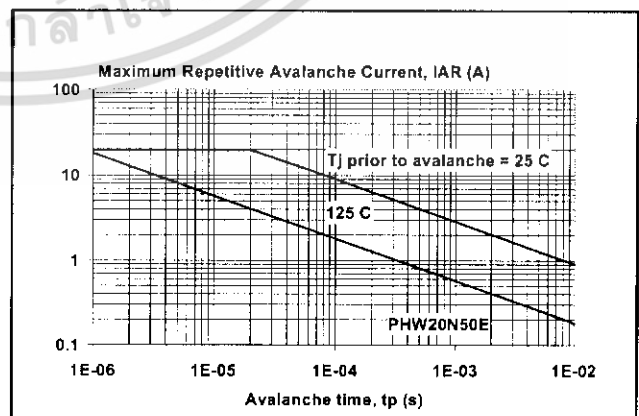


Fig. 18. Maximum permissible repetitive avalanche current (I_{AR}) versus avalanche time (t_p)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PowerMOS transistors
Avalanche energy rated

IRFP460

MECHANICAL DATA

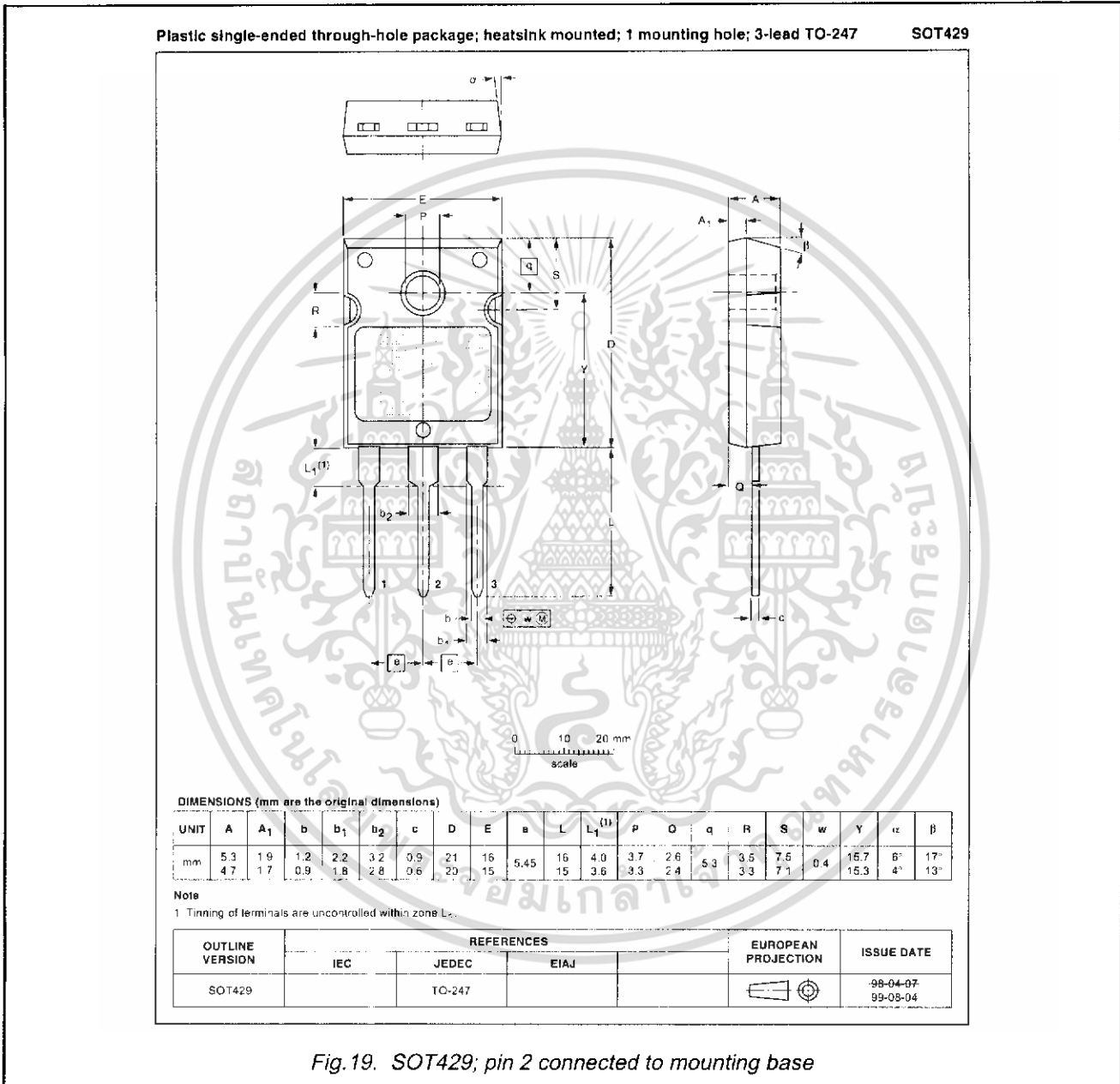


Fig. 19. SOT429; pin 2 connected to mounting base

Notes

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

PowerMOS transistors Avalanche energy rated

IRFP460

DEFINITIONS

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

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

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

UC3842/UC3843/UC3844/UC3845

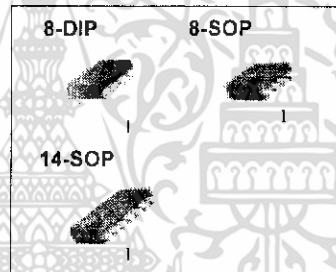
SMPS Controller

Features

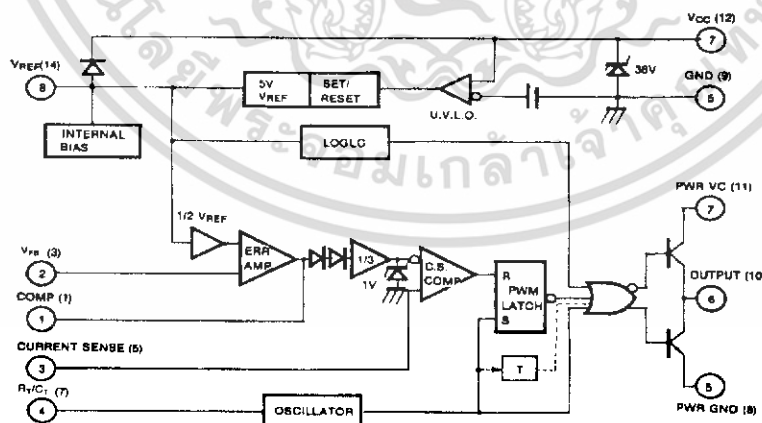
- Low Start up Current
- Maximum Duty Clamp
- UVLO With Hysteresis
- Operating Frequency up to 500KHz

Description

The UC3842/UC3843/UC3844/UC3845 are fixed frequency current-mode PWM controller. They are specially designed for Off-Line and DC to DC converter applications with minimum external components. These integrated circuits feature a trimmed oscillator for precise duty cycle control, a temperature compensated reference, high gain error amplifier, current sensing comparator and a high current totempole output for driving a Power MOSFET. The UC3842 and UC3844 have UVLO thresholds of 16V (on) and 10V (off). The UC3843 and UC3845 are 8.5V(on) and 7.9V (off). The UC3842 and UC3843 can operate within 100% duty cycle. The UC3844 and UC3845 can operate with 50% duty cycle.



Internal Block Diagram



- * NORMALLY 8DIP/8SOP PIN NO.
- * () IS 14SOP PINNO.
- * TOGGLE FLIP FLOP USED ONLY IN UC3844, UC3845

Rev. 1.0.1

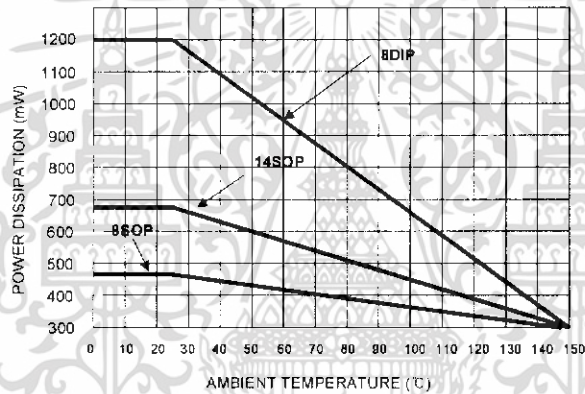
Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	VCC	30	V
Output Current	IO	±1	A
Analog Inputs (Pin 2,3)	V(ANA)	-0.3 to 6.3	V
Error Amp Output Sink Current	ISINK (E.A)	10	mA
Power Dissipation at TA≤25°C (8DIP)	PD(Note1,2)	1200	mW
Power Dissipation at TA≤25°C (8SOP)	PD(Note1,2)	460	mW
Power Dissipation at TA≤25°C (14SOP)	PD(Note1,2)	680	mW
Storage Temperature Range	TSTG	-65 ~ +150	°C
Lead Temperature (Soldering, 10sec)	TLEAD	+300	°C

Note:

1. Board Thickness 1.6mm, Board Dimension 76.2mm x114.3mm, (Reference EIA / JSED51-3, 51-7)
2. Do not exceed PD and SOA (Safe Operation Area)

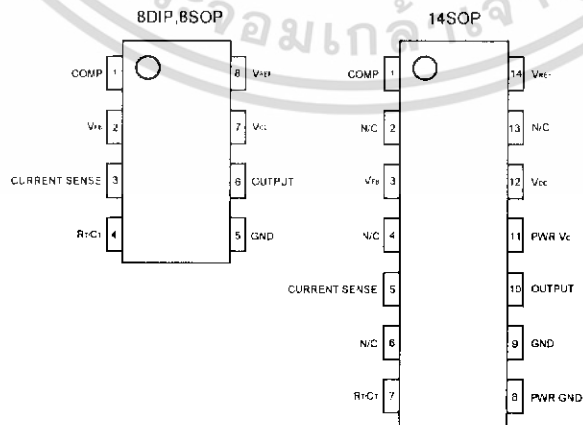
Power Dissipation Curve



Thermal Data

Characteristic	Symbol	8-DIP	8-SOP	14-SOP	Unit
Thermal Resistance Junction-ambient	Rthj-amb(MAX)	100	265	180	°C/W

Pin Array



Electrical Characteristics

($V_{CC}=15V$, $R_T=10k\Omega$, $C_T=3.3nF$, $T_A=0^\circ C$ to $+70^\circ C$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
REFERENCE SECTION						
Reference Output Voltage	V_{REF}	$T_J = 25^\circ C$, $I_{REF} = 1mA$	4.90	5.00	5.10	V
Line Regulation	ΔV_{REF}	$12V \leq V_{CC} \leq 25V$	-	6	20	mV
Load Regulation	ΔV_{REF}	$1mA \leq I_{REF} \leq 20mA$	-	6	25	mV
Short Circuit Output Current	I_{SC}	$T_A = 25^\circ C$	-	-100	-180	mA
OSCILLATOR SECTION						
Oscillation Frequency	f	$T_J = 25^\circ C$	47	52	57	kHz
Frequency Change with Voltage	$\Delta f/\Delta V_{CC}$	$12V \leq V_{CC} \leq 25V$	-	0.05	1	%
Oscillator Amplitude	V_{OSC}	-	-	1.6	-	V _{P-P}
ERROR AMPLIFIER SECTION						
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	-0.1	-2	μA
Input Voltage	$V_{I(E>A)}$	$V_{pin1} = 2.5V$	2.42	2.50	2.58	V
Open Loop Voltage Gain	G_{VO}	$2V \leq V_O \leq 4V$ (Note3)	65	90	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$12V \leq V_{CC} \leq 25V$ (Note3)	60	70	-	dB
Output Sink Current	I_{SINK}	$V_{pin2} = 2.7V$, $V_{pin1} = 1.1V$	2	7	-	mA
Output Source Current	I_{SOURCE}	$V_{pin2} = 2.3V$, $V_{pin1} = 5V$	-0.6	-1.0	-	mA
High Output Voltage	V_{OH}	$V_{pin2} = 2.3V$, $R_L = 15k\Omega$ to GND	5	6	-	V
Low Output Voltage	V_{OL}	$V_{pin2} = 2.7V$, $R_L = 15k\Omega$ to Pin 8	-	0.8	1.1	V
CURRENT SENSE SECTION						
Gain	G_V	(Note 1 & 2)	2.85	3	3.15	V/V
Maximum Input Signal	$V_{I(MAX)}$	$V_{pin1} = 5V$ (Note 1)	0.9	1	1.1	V
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$12V \leq V_{CC} \leq 25V$ (Note 1,3)	-	70	-	dB
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	-3	-10	μA
OUTPUT SECTION						
Low Output Voltage	V_{OL}	$I_{SINK} = 20mA$	-	0.08	0.4	V
		$I_{SINK} = 200mA$	-	1.4	2.2	V
High Output Voltage	V_{OH}	$I_{SOURCE} = 20mA$	13	13.5	-	V
		$I_{SOURCE} = 200mA$	12	13.0	-	V
Rise Time	t_R	$T_J = 25^\circ C$, $C_L = 1nF$ (Note 3)	-	45	150	ns
Fall Time	t_F	$T_J = 25^\circ C$, $C_L = 1nF$ (Note 3)	-	35	150	ns
UNDER-VOLTAGE LOCKOUT SECTION						
Start Threshold	$V_{TH(ST)}$	UC3842/UC3844	14.5	16.0	17.5	V
		UC3843/UC3845	7.8	8.4	9.0	V
Min. Operating Voltage (After Turn On)	$V_{OPR(MIN)}$	UC3842/UC3844	8.5	10.0	11.5	V
		UC3843/UC3844	7.0	7.6	8.2	V

Electrical Characteristics (Continued)(V_{CC}=15V, R_T=10kΩ, C_T=3.3nF, T_A= 0°C to +70°C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
PWM SECTION						
Max. Duty Cycle	D(Max)	UC3842/UC3843	95	97	100	%
	D(Max)	UC3844/UC3845	47	48	50	%
Min. Duty Cycle	D(MIN)	-	-	-	0	%
TOTAL STANDBY CURRENT						
Start-Up Current	I _{ST}	-	-	0.45	1	mA
Operating Supply Current	I _{CC(OPR)}	V _{pin3} =V _{pin2} =ON	-	14	17	mA
Zener Voltage	V _Z	I _{CC} = 25mA	30	38	-	V

Adjust V_{CC} above the start threshold before setting at 15V**Note:**

- Parameter measured at trip point of latch
- Gain defined as:

$$A = \frac{\Delta V_{pin1}}{\Delta V_{pin3}}, 0 \leq V_{pin3} \leq 0.8V$$

- These parameters, although guaranteed, are not 100 tested in production.

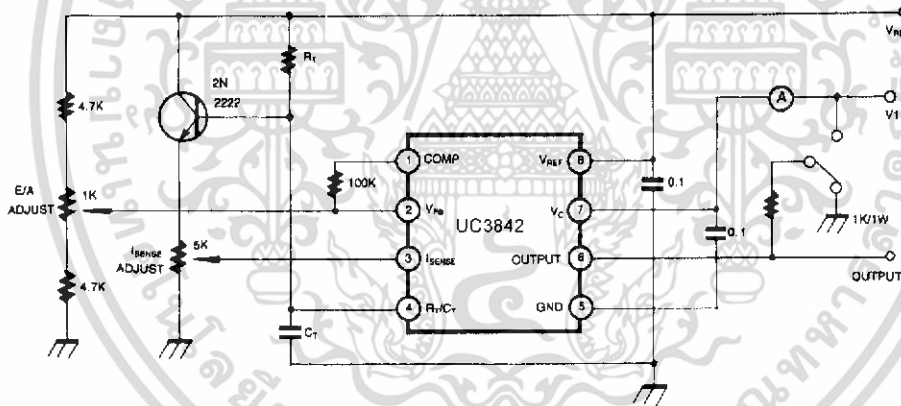


Figure 1. Open Loop Test Circuit

High peak currents associated with capacitive loads necessitate careful grounding techniques. Timing and bypass capacitors should be connected close to pin 5 in a single point ground. The transistor and 5kΩ potentiometer are used to sample the oscillator waveform and apply an adjustable ramp to pin 3.

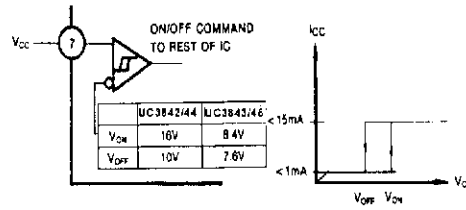


Figure 2. Under Voltage Lockout

During Under-Voltage Lock-Out, the output driver is biased to a high impedance state. Pin 6 should be shunted to ground with a bleeder resistor to prevent activating the power switch with output leakage current.

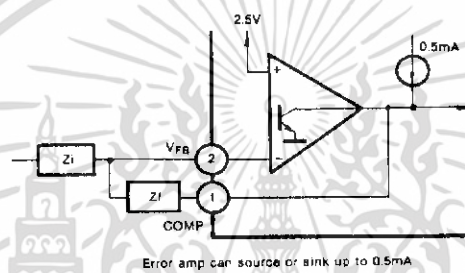


Figure 3. Error Amp Configuration

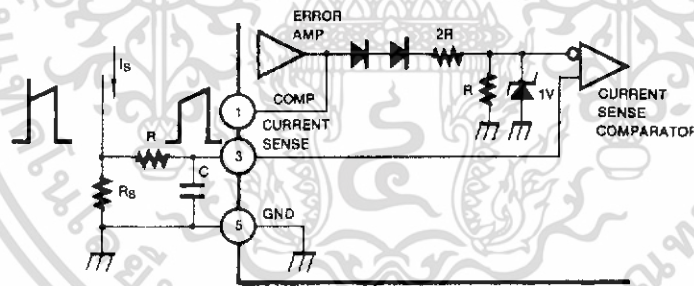


Figure 4. Current Sense Circuit

Peak current (I_S) is determined by the formula:

$$I_S(\text{MAX}) = \frac{1.0\text{V}}{R_S}$$

A small RC filter may be required to suppress switch transients.

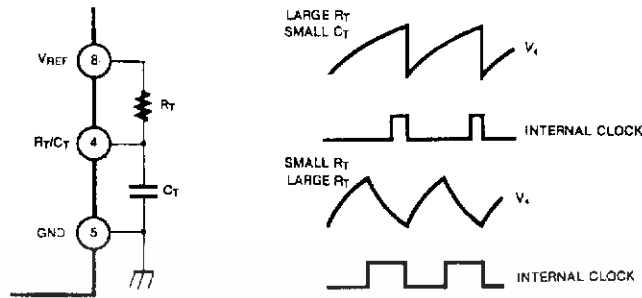


Figure 5. Oscillator Waveforms and Maximum Duty Cycle

Oscillator timing capacitor, C_T , is charged by V_{REF} through R_T and discharged by an internal current source. During the discharge time, the internal clock signal blanks the output to the low state. Selection of R_T and C_T therefore determines both oscillator frequency and maximum duty cycle. Charge and discharge times are determined by the formulas:

$$t_c \approx 0.55 R_T C_T$$

$$t_d = R_T C_T I_n \left(\frac{0.0063 R_T - 2.7}{0.0063 R_T - 4} \right)$$

Frequency, then, is: $f = (t_c + t_d)^{-1}$

$$\text{For } R_T > 5k\Omega, f = \frac{1.8}{R_T C_T}$$

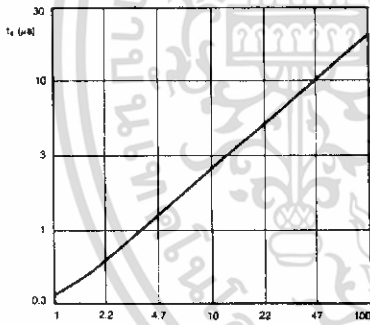


Figure 6. Oscillator Dead Time & Frequency

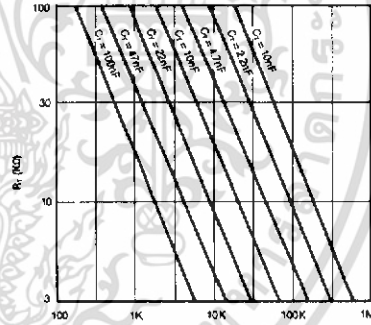


Figure 7. Timing Resistance vs Frequency

(Deadtime vs C_T $R_T > 5k\Omega$)

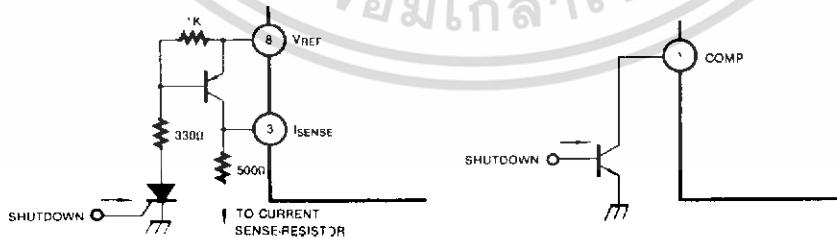


Figure 8. Shutdown Techniques

Shutdown of the UC3842 can be accomplished by two methods; either raise pin 3 above 1V or pull pin 1 below a voltage two diode drops above ground. Either method causes the output of the PWM comparator to be high (refer to block diagram). The PWM latch is reset dominant so that the output will remain low until the next clock cycle after the shutdown condition at pins 1 and/or 3 is removed. In one example, an externally latched shutdown may be accomplished by adding an SCR which will be reset by cycling VCC below the lower UVLO threshold. At this point the reference turns off, allowing the SCR to reset.

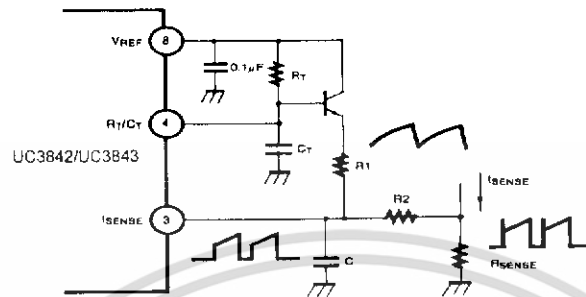


Figure 9. Slope Compensation

A fraction of the oscillator ramp can be resistively summed with the current sense signal to provide slope compensation for converters requiring duty cycles over 50%. Note that capacitor, C_T , forms a filter with R_2 to suppress the leading edge switch spikes.

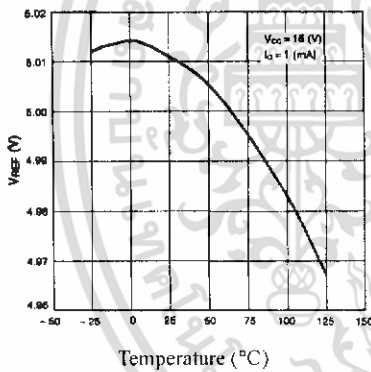


Figure 10. Temperature Drift (Vref)

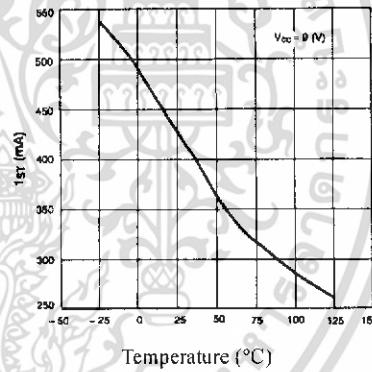


Figure 11. Temperature Drift (Ist)

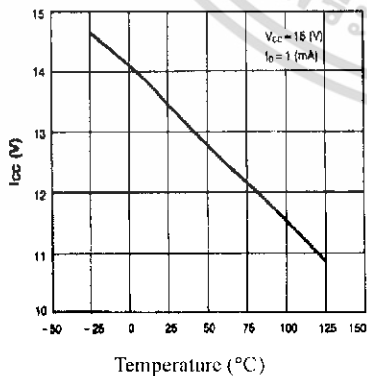
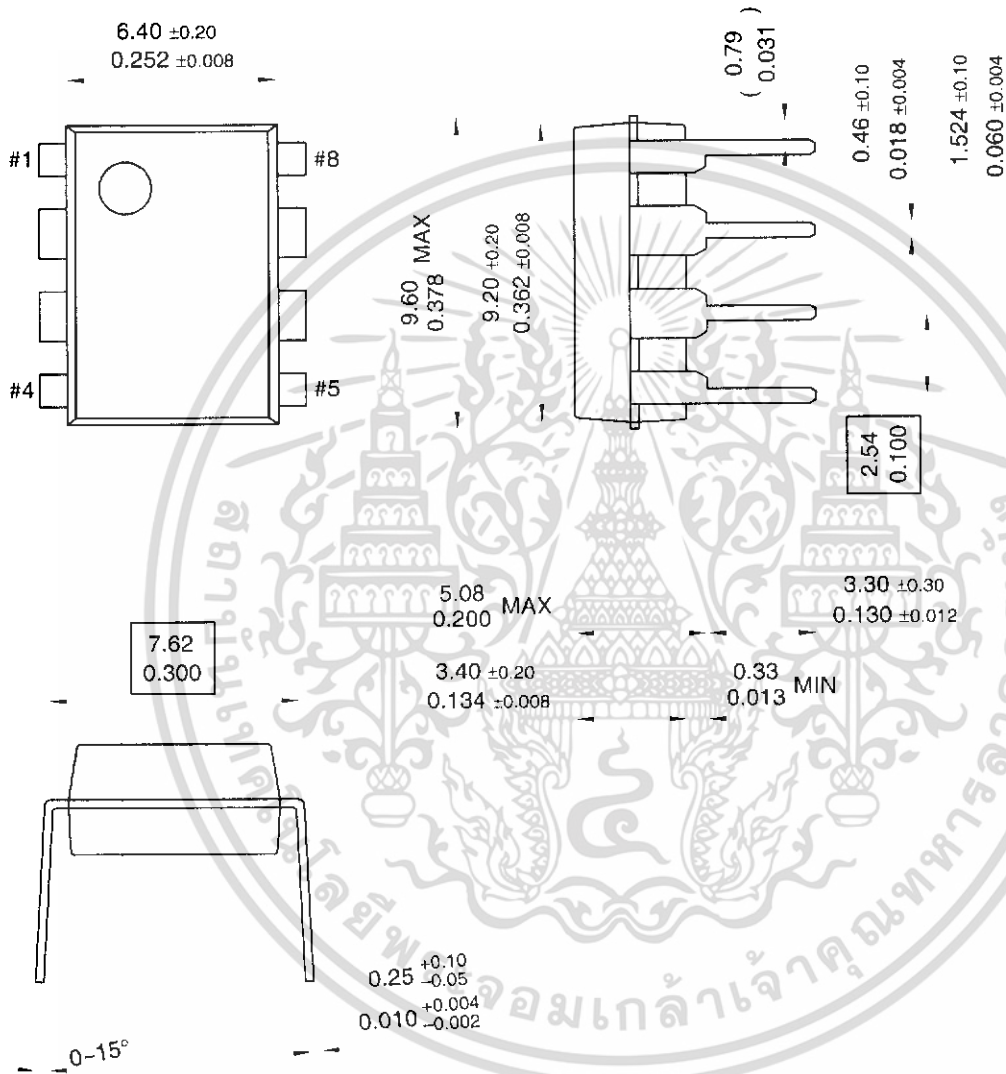


Figure 12. Temperature Drift (Icc)

Mechanical Dimensions

Package

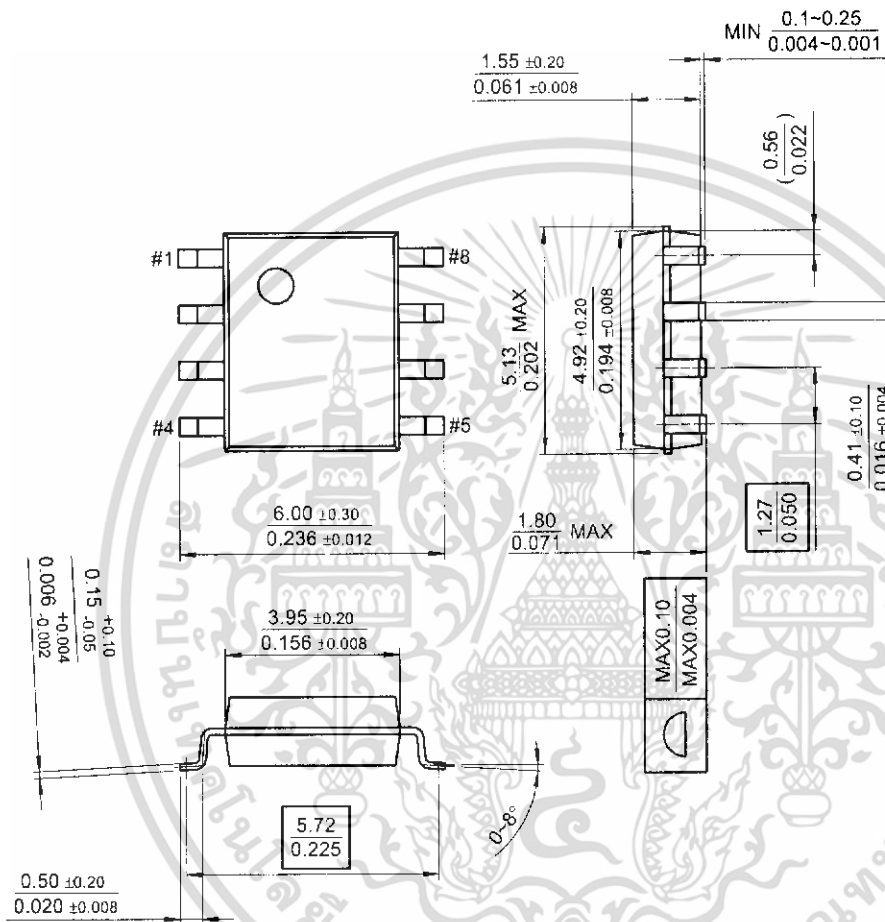
8-DIP



Mechanical Dimensions (Continued)

Package

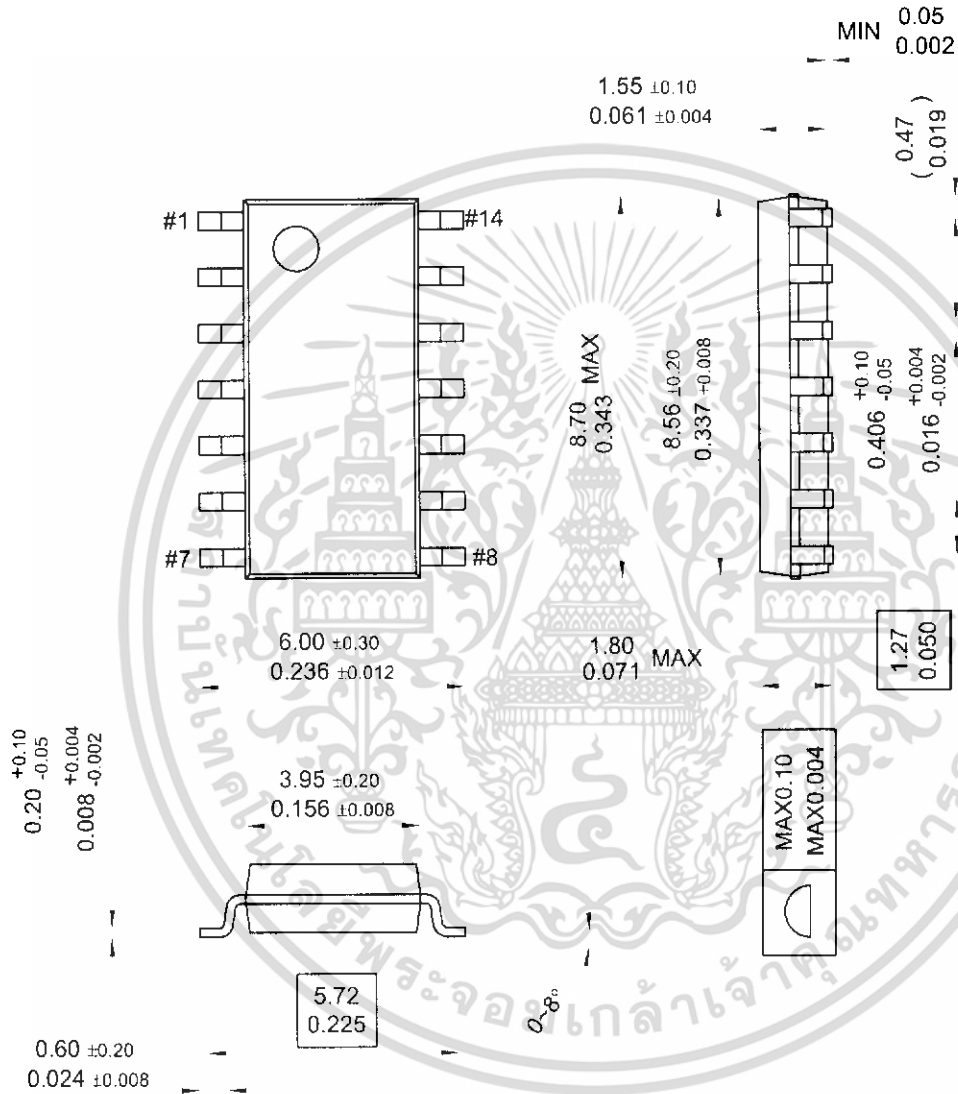
8-SOP



Mechanical Dimensions (Continued)

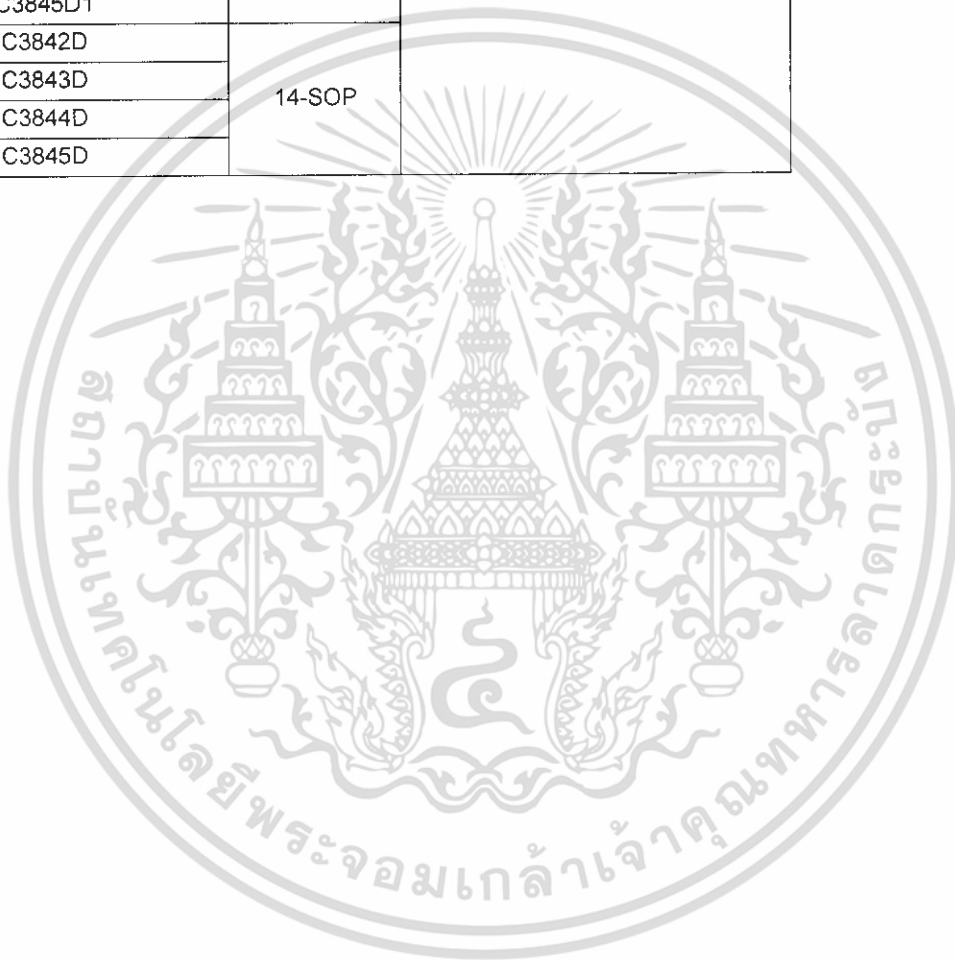
Package

14-SOP



Ordering Information

Product Number	Package	Operating Temperature
UC3842N	8-DIP	0 ~ +70°C
UC3843N		
UC3844N		
UC3845N		
UC3842D1	8-SOP	
UC3843D1		
UC3844D1		
UC3845D1		
UC3842D	14-SOP	
UC3843D		
UC3844D		
UC3845D		





DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD 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.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

www.fairchildsemi.com

2/19/02 0 0m 001
Stock#DSxxxxxxx

© 2002 Fairchild Semiconductor Corporation

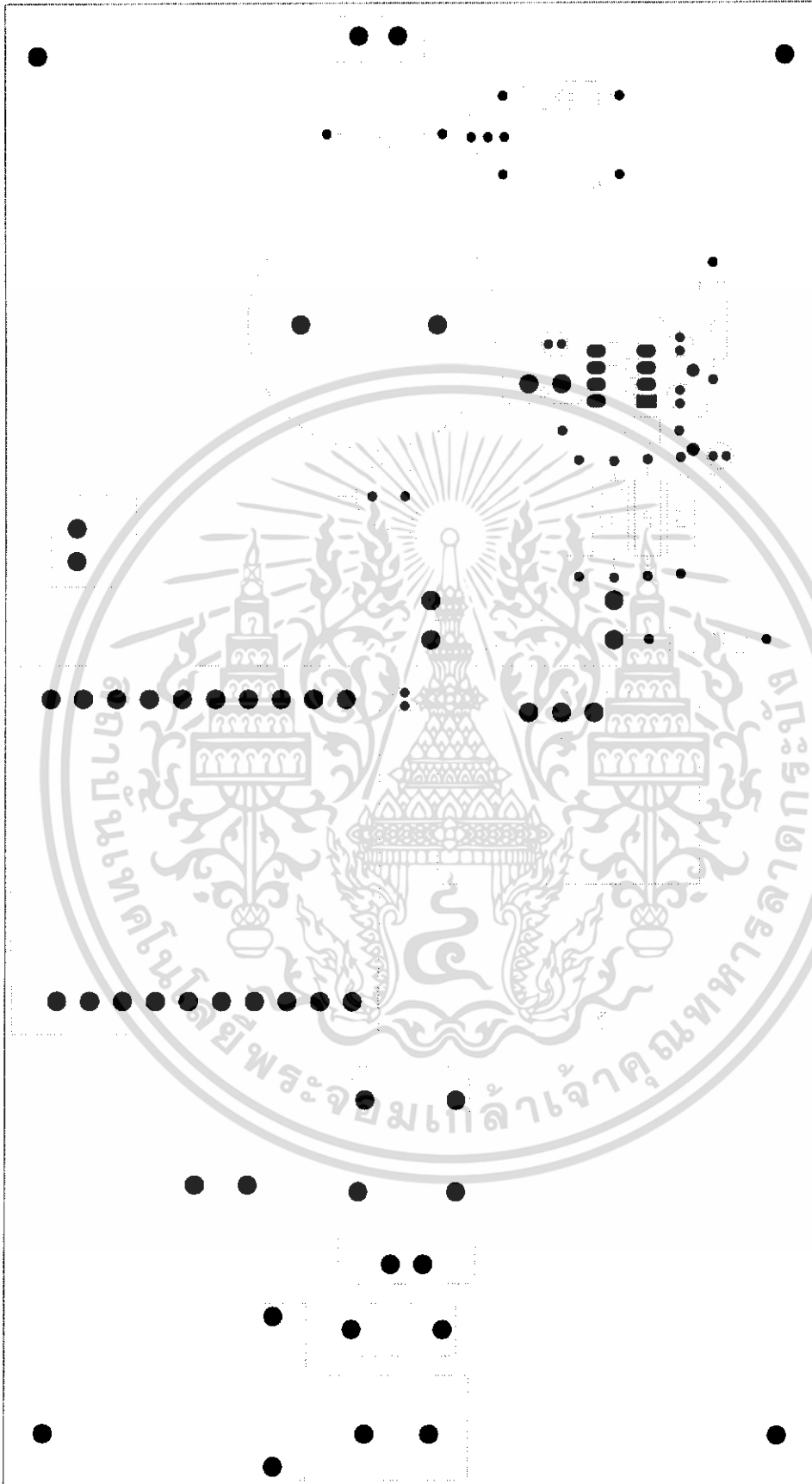
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบลายทองแดงวงจร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ภาพถ่ายงานปริญญานิพนธ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑1 ภาพถ่ายของวงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลัง
แบบการควบคุม โดยการควบคุมแกลมปีกระแส



รูปที่ ๑2 ภาพถ่ายการต่อวัดของวงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลัง
แบบการควบคุม โดยการควบคุมแกลมปีกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้