

เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา

PLASMA ARC CUTTING MACHINE



4

Handwritten notes in Thai script.

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 50375  
วัน,เดือน,ปี 1.3 พ.ศ. 2547

Box with fields .b..... and .i.....

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ปีการศึกษา 2545  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา  
PLASMA ARC CUTTING MACHINE

โดย

นายเชิดพงศ์ ทองอยู่ รหัส 43015258

นายมนตรี ทรายทอง รหัส 43015270



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา2545


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา

ผู้จัดทำ

นายเชิดพงษ์ ทองอยู่ รหัส 43015258

นายมนตรี ทราชทอง รหัส 43015270

() อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รศ.สมศักดิ์ เชียร์ศิริกุล)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา

Plasma Arc Cutting Machine

นายเชิดพงษ์ ทองอยู่ รหัส 43015258

นายมนตรี ทราชทอง รหัส 43015270

โครงการนี้ได้รับการตรวจแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

() อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รศ.สมศักดิ์ เชียร์ศิริกุล)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา

## PLASMA ARC CUTTING MACHINE

นายเชิดพงศ์ ทองอยู่  
นายมนตรี ทรายทอง  
รศ.สมศักดิ์ เชียร์ศิริกุล  
อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2545

### บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการเสนอส่วนประกอบของเครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา(ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า) การทำงานและผลการทดสอบในส่วนของแหล่งจ่ายกำลังที่เป็นแบบสวิทชิง อิเล็กทรอนิกส์โดยมีการทำงานคือจะทำการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่ 311 โวลต์ โดยวงจรเรียงกระแสและกรองกระแส ต่อมานำมาเปลี่ยนเป็นพัลส์ความถี่ประมาณ 25 กิโลเฮิร์ต โดยไอจีบีทีของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ และมีไอซี SG3526 ทำการควบคุมคาบเวลาและความถี่ในการนำกระแสของไอจีบีทีตามข้อมูลที่ป้อนกลับจากเอาต์พุทของสวิทชิงกำลัง ด้วยแรงดันไฟตรงที่เอาต์พุทของส่วนสวิทชิงกำลังในสถานะที่ไม่มีโหลดจะมีค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 250 โวลต์ให้กำลังสูงสุดประมาณ 2.5 กิโลวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# PLASMA ARC CUTTING MACHINE

Cherdpong Tongyoo

Montri Saithong

Somsak Cheersirikul Advisor

2002

## ABSTRACT

This paper presented the components of Plasma Arc Cutting Machine and test report in the path of power switching. Initially the rectifier and filter circuit transform the alternating current 220 Volts 50 Hz to direct 311 Volts. Subsequently the direct current will be changed to high frequency pulses (25kHz) by the IGBT that it's inside of Full-Bridge converter. Switching characteristic is produced by SG3526 entire pulse width and frequency which it received data from output section to continue the process. Finally, output voltage of power switching is 250 Volts (No load). That about power 2.5kW.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ABSTRACT

สารบัญ

สารบัญรูป

สารบัญตาราง

<b>บทที่ 1 เครื่องเชื่อมและตัดโลหะด้วยลัพลาสมาไฟฟ้า</b>	<b>1</b>
<b>1.1 พลาสมาคืออะไร</b>	<b>1</b>
<b>1.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าพลาสมา</b>	<b>1</b>
1.2.1 ความได้เปรียบของเครื่องเชื่อมพลาสมาไฟฟ้า	2
1.2.2 แก๊สพลาสมา	2
1.2.3 แก๊สเชื้อเพลิงพลาสมา	3
1.2.4 แก๊สปกคลุมพลาสมา	3
1.2.5 เครื่องประกอบของเครื่องตัดพลาสมา	3
1.2.6 เครื่องจ่ายกำลังของเครื่องเชื่อมพลาสมา	4
1.2.7 การต่อแหล่งจ่ายกำลังขนาดเล็ก	4
1.2.8 ค่าเอาต์พุตที่ใช้งานของเครื่องเชื่อมพลาสมา	4
1.2.9 หัวเชื่อมพลาสมา	4
1.2.10 เทคนิคการเชื่อมด้วยพลาสมา	5
1.2.11 เทคนิคการหลอมละลาย	5
1.2.12 เทคนิคการเจาะทะลุเป็นรูคุณภาพ	5
1.2.13 ตารางค่าตัวแปรต่างๆของเครื่องเชื่อมพลาสมา	6
<b>1.3 เครื่องตัดพลาสมา</b>	<b>6</b>
1.3.1 ทำไมจึงใช้พลาสมาในการตัด	6
1.3.2 ความเร็วในการตัด	7
1.3.3 องค์ประกอบของเครื่องตัดพลาสมา	7
1.3.4 หัวตัดพลาสมา	7
1.3.5 ความคมเครื่องตัดพลาสมา	8
1.3.6 แหล่งจ่ายกำลังของเครื่องตัดพลาสมา	8
1.3.7 การทำงานของเครื่องอาร์คพลาสมา	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
1.3.8 การปรับแต่งเครื่องตัดพลาสติก	9
1.3.9 พลาสติก	9
1.3.10 เครื่องตัดพลาสติกที่ใช้น้ำปกคลุม	9
1.3.11 เครื่องตัดพลาสติกที่มีน้ำอัดฉีด	9
1.3.12 แก๊สเชื้อเพลิงพลาสติก	10
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของสวิทชิงเพาเวอร์ซัพพลาย</b>	<b>11</b>
2.1 วงจรเรียงกระแสและกรองกระแส	11
2.1.1 ไดโอดเรียงกระแส	11
2.1.2 ตัวเก็บประจุกรองกระแส	12
2.2 วงจรคอนเวอร์เตอร์	14
2.2.1 ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์	14
2.2.2 ฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์	15
2.2.3 พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์	16
2.2.4 ฮาฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์	17
2.2.5 ฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์	18
2.3 วงจรควบคุม	18
2.3.1 วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดัน	19
2.3.2 วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส	20
2.4 วงจรขับ	22
2.4.1 วงจรขับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์	22
2.4.2 วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต	24
2.5 วงจรสแน็บเบอร์	26
2.5.1 วงจรสแน็บเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส	26
2.5.2 วงจรสแน็บเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน	28
2.6 อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	29
2.6.1 ฟอสต์-รีคัพเวอร์และอูดครีฟฟอสต์-รีคัพเวอร์ไดโอด	30
2.6.2 ซอตตี้ไดโอด	30
2.6.3 เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์	30
2.6.4 เพาเวอร์มอสเฟต	32
2.6.5 ไอจีบีที	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 หลักการทำงาน	34
3.1 ส่วนวงจรควบคุม	34
3.2 ส่วนเพาเวอร์สวิทชิง	39
3.3 วงจรเรียงกระแสและวงจรกรองกระแสทางด้านอินพุท	40
3.4 ส่วนของอินเวอร์เตอร์	40
3.5 ส่วนที่เป็นสแน็บเบอร์	41
3.6 การออกแบบหม้อแปลงความถี่สูง	43
3.7 วงจรแรงดันสูง	45
3.8 วงจรควบคุมการจุด / ดับพลาสมา	45
บทที่ 4 การทดสอบการทำงาน	46
4.1 การตรวจวัดรูปสัญญาณที่จุดต่างๆในวงจร	46
4.2 การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติต่างๆ ของเครื่องสวิทชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	49
บทที่ 5 สรุป	50
ภาคผนวกที่ 1 ตารางแสดงค่าตัวแปรต่างๆของเครื่องเชื่อมและตัดพลาสมาไฟฟ้า	
ภาคผนวกที่ 2 แสดงรายละเอียดของวงจรเครื่องตัดโลหะด้วยล้าพลาสมา	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงวงจรกรองกระแส	13
รูปที่ 2.2 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์	14
รูปที่ 2.3 แสดงวงจรฟอร์เวิร์คคอนเวอร์เตอร์	15
รูปที่ 2.4 แสดงวงจรพุ่ม-พูล คอนเวอร์เตอร์	16
รูปที่ 2.5 แสดงวงจรฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์	17
รูปที่ 2.6 แสดงวงจรฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์	18
รูปที่ 2.7 แสดงวงจรพื้นฐานในโหมดควบคุมแรงดัน	19
รูปที่ 2.8 แสดงรูปสัญญาณที่จุดต่างๆ ในวงจรควบคุม	20
รูปที่ 2.9 แสดงพื้นฐานของวงจรควบคุมในโหมดควบคุมกระแส	20
รูปที่ 2.10 แสดงวงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสคงที่แบบเบเกอร์เคลมปี	23
รูปที่ 2.11 แสดงวงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสเป็นสัดส่วนกับกระแสคอลเล็กเตอร์	23
รูปที่ 2.12 แสดงการขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยไอซี TTL แบบต่างๆ	24
รูปที่ 2.13 แสดงการขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยไอซี CMOS	25
รูปที่ 2.14 แสดงวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยหม้อแปลง	25
รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะกระแสและแรงดันคคกร่อมทรานซิสเตอร์	26
รูปที่ 2.16 แสดงวงจรสับเบอร์ดั้งหุยน้ากระแส	26
รูปที่ 2.17 แสดงวงจรสับเบอร์ดั้งกันแรงดันเกิน	28
รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันคคกร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์	31
รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันคคกร่อมเพาเวอร์มอสเฟต	32
รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันในสภาวะ IGBT turn on	33
รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	34
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรควบคุม	35
รูปที่ 3.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของภาคควบคุม PWM	36
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรขับสัญญาณให้กับขา GATE ของ POWER MOSFET	38
รูปที่ 3.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรส่วนคอนเวอร์เตอร์	39
รูปที่ 3.6 วงจรอินเวอร์เตอร์ที่มีส่วนของ RCD สับเบอร์ดั้ง	41
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรภาคเพาเวอร์	42
รูปที่ 4.1 รูปแสดงสัญญาณพื้นฐานซึ่งเป็นฐานเวลาในการสร้างพัลส์	46
รูปที่ 4.2 รูปแสดงสัญญาณพัลส์ที่เอาท์พุต A และ B ของไอซี SG3526	47
รูปที่ 4.3 สัญญาณพัลส์ที่ขดปฐมภูมิของ COUPLING TRANSFORMER	48
รูปที่ 4.4 รูปแสดงสัญญาณพัลส์ที่ขาเกตของ IGBT	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา

### 1.1 พลาสมาคืออะไร

การเกิดพลาสมานั้นเป็นเรื่องราวเกี่ยวกับการแตกตัวของอะตอมแก๊สที่ไหลผ่านกระบวนการอาร์คไฟฟ้า แต่ถ้านำมาทำการทดลองสร้างพลาสมาในสุญญากาศแล้วจะปรากฏผลเกิดพลาสมาที่ไม่มีแก๊สปะปน อยู่แต่พลาสมาจะเกิดจากอิเล็กตรอนแทนเราเรียกว่า แก๊สอิเล็กตรอน

### 1.2 เครื่องอาร์คไฟฟ้าพลาสมา (Plasma Arc Welding : PAW)

เครื่องอาร์คไฟฟ้าพลาสมานั้นมีคุณสมบัติทางความร้อนและความรุนแรงสูงกว่าเครื่องอาร์คที่ใช้แก๊สธรรมดาทั่วไป เช่น เครื่องอาร์คแก๊สทังสเตน (Tungsten Inert – Gas : TIG) เครื่องอาร์คแก๊สโลหะ (Metal Inert – Gas : MIG) ซึ่งโดยปกติแล้วอุณหภูมิของพลาสมานั้นจะอยู่ที่ 21,000 Of (11,650 Oc) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นความร้อนที่สูงมากทีเดียว

การต่อใช้งานของเครื่องพลาสมานั้นจะต่อได้ 2 ลักษณะ คือ แบบส่งผ่าน (Transferred arc) และแบบไม่ส่งผ่าน (Nontransferred arc) ก่อนที่จะกล่าวถึงการต่อใช้งานทั้ง 2 แบบนั้นเราจะเริ่มต้นจากจุดระเบิดพลาสมา ก่อน คือ เมื่อเริ่มปล่อยแก๊สที่ลำเลียงจากถังมาสู่หัวตัดแล้วจากนั้นทำการตั้งค่ากระแสที่เครื่องแหล่งจ่ายกำลังค่าหนึ่งลำดับต่อไปให้ทำการจุดพลาสมาด้วยการอาร์คด้วยแรงดันความถี่สูง (High Frequency Arc Starting) ซึ่งลำดับขั้นตอนจะเหมือนกับการจุดของเครื่องแก๊สทังสเตน

การใช้เครื่องตัดพลาสมานั้นสามารถต่อใช้งานได้ 2 รูปแบบ คือ แบบส่งผ่านและไม่ส่งผ่าน แบบส่งผ่านนั้นหมายความว่ากระแสจากแหล่งจ่ายกำลังนั้นไหลผ่านจากแท่งอิเล็กโทรดที่อยู่ในหัวตัดมายังปากท่อของหัวตัด และส่งต่อไปให้กับชิ้นงานและไหลกลับเข้าสู่แหล่งจ่ายกำลังอีกครั้งหนึ่งครบวงจร ส่วนในแบบไม่ส่งผ่านนั้นจะหมายถึงกระแสจากแหล่งจ่ายกำลังไหลจากแท่งอิเล็กโทรดภายในหัวตัดและไหลผ่านปากท่อของชิ้นงานและกลับเข้าสู่แหล่งจ่ายกำลังครบวงจร เห็นได้ว่าทั้งสองแบบนี้แตกต่างกันตรงที่กระแสไหลผ่านชิ้นงานหรือไม่เท่านั้นและเรานิยมเรียกการต่อแบบส่งผ่านว่าแบบ “พลาสมาอาร์ค” และในแบบไม่ส่งผ่านนั้นเรียกว่า “พลาสมา เจ็ท” ในแบบส่งผ่านนั้นจะเป็นที่นิยมใช้งานตัดโลหะมากกว่าแบบไม่ส่งผ่าน

ในส่วนของการปรับเปลวพลาสมาให้มีลักษณะกรวยบางนั้นสามารถปรับแต่งอัตราไหลของแก๊สที่ป้อนบริเวณส่วนบนของหัวตัดซึ่งการปรับนั้นเราควรที่จะปรับแต่งให้เปลวที่ออกมามีลักษณะเป็นเส้นตรงหรือทรงกระบอกและส่วนปลายเป็นกรวยและนี่ก็เป็นเหตุผลหนึ่งที่หัวตัดของพลาสมามีลักษณะเป็นน็อตเซิร์ลนเซรามิกที่ปากท่อบีบแคบ เพราะมันจะช่วยให้เกิดพลาสมาเป็นลำและมีความร้อนสูงได้ดี และเมื่อเราได้ทำการเพิ่มจำนวนของกระแสและแรงดันจากแหล่งจ่ายกำลังจะทำให้พลาสมานั้นมีความแรงสูงขึ้นอีก

### 1.2.1 ความได้เปรียบของเครื่องตัดพลาสติก

ความได้เปรียบกว่าเครื่องตัดธรรมดาที่มีอยู่หลายประการอันจะแบ่งเป็นหัวข้อได้ ดังนี้

1. การปรับปรุงถึงเรื่องของการควบคุมความร้อนที่ให้กับชิ้นงานได้โดยตรง โดยที่ปราศจากความสทกปรกในบริเวณรอบข้าง
2. การรักษาระยะการตัดได้คงที่และสามารถยืนห่างจากชิ้นงานได้มากกว่าเนื่องจากผู้ตัดส่วนใหญ่ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการรักษาระดับทิศทางตำแหน่ง และระยะของการตัดซึ่งในแบบเก่านั้นต้องยืนทำงานเป็นระยะไกลมาก
3. พลาสติกนั้นจะมีความไวค่าของการเปลี่ยนขนาดบอเชื่อมต่อการเปลี่ยนระยะการเชื่อมซึ่งมักจะเกิดขึ้นเมื่อเราเคลื่อนมือในการเชื่อมหรือตัดจึงอาจกล่าวได้ว่ามีความราบเรียบในการตัดสูงก็ได้
4. จากข้อได้เปรียบของระยะห่างในการทำงานที่มากกว่านั้นทำให้ลดอันตรายที่เกิดจากการกระเด็นของเศษโลหะที่เราทำการเชื่อมหรือตัด โดยเฉพาะเมื่อเรามีชิ้นงานเป็นสแตนเลส, อลูมิเนียม และไททานเนียม หรือในสถานที่ที่มีความเสี่ยงสูง เช่น ในโรงพลังนิวเคลียร์ , ท่อในโรงงานเคมี หรือในอากาศยาน
5. จากเหตุผลที่ว่าพลาสติกมีความร้อนที่สูงมากทำให้ความเร็วในการตัดหรือเชื่อมนั้นเร็วมากจึงส่งผลให้การกระจายความร้อนในโลหะมีจำกัดในวงแคบๆ
6. โอกาสในการกระเด็นของอเล็กทรอดที่หลอมละลายนั้นมีต่ำเพราะแท่งอิเล็กทรอดของหัวตัดพลาสติกนั้นจะบรรจุอยู่ในนีออนเซิลันเซรามิค ซึ่งแตกต่างกับหัวตัดทั้งสแตนที่มีแท่งอิเล็กทรอดไฟต์ออกมาจากปากท่อ
7. สามารถบังคับเหล็กที่หลอมละลายหรือการเจาะโดยวิธีไฮลได้
8. สามารถเชื่อมหรือตัดได้ทั้งแนวราบและเหนือศีรษะ

แต่ในความได้เปรียบหลายประการของพลาสติกนั้นก็ยังมีข้อด้อยที่สำคัญประการหนึ่ง คือ เรื่องของราคาต้นทุนที่สูงและปัญหาอายุการใช้งานที่สั้นของเซรามิคนีออนเซิลันอันเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงของพลาสติกนั่นเอง และแก๊สที่ใช้มีราคาสูงซึ่งสิ่งทั้งสองนั้นเป็นสิ่งจำเป็นของกระบวนการอันไม่อาจจะขาดสิ่งใดสิ่งหนึ่งไปได้

### 1.2.2 แก๊สพลาสติก

เราสามารถใช้อีก 2 ชนิดที่อยู่ในแต่ละถังในการใช้งานได้พร้อมกัน ซึ่งแก๊สอันหนึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในการกำเนิดพลาสติกและอีกอันหนึ่งใช้ปกคลุมผิวชิ้นงานจากบรรยากาศไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.2.3 แก๊สเชื้อเพลิงพลาสมา

ในกระบวนการพลาสมานั้นประกอบด้วยอิเล็กตรอนจากแหล่งจ่ายกำลังและไอออนของแก๊ส ซึ่งทั้งสองนั้นจะทำปฏิกิริยาเคมีป้องกันการเกิดออกไซด์อันเป็นสาเหตุของการเกิดสนิมในที่นี้สมมุติว่าใช้อาร์กอนเป็นแก๊สเชื้อเพลิง ในการใช้งานจริงนั้นเราจะเลือกอาร์กอนมาใช้งานแทนที่ฮีเลียม เพราะราคาถูกกว่าและฮีเลียมมีปัญหาในการจุดพลาสมาได้ลำบาก

ในการจัดนั้นความเร็วในการตัดจะขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสจากแหล่งจ่ายกำลังและอัตราการไหลของแก๊ส กล่าวคือ อัตราการไหลของแก๊สถ้าไหลช้าการเจาะโลหะจะทำให้ยากและต้องใช้เวลาานเพราะปริมาณการเกิดพลาสมาต่อวินาทีมีน้อยนั้น หมายถึง ความร้อนต่ำด้วยเพราะฉะนั้นเราควรพิจารณาความหนาของชิ้นงานและธาตุที่มีอยู่ในชิ้นงานเป็นหลัก ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีเรามีชิ้นงานที่เป็นโลหะบาง ๆ เราควรใช้อัตราแก๊สที่ต่ำเพื่อลดความสิ้นเปลืองหรือชิ้นงานเป็นโลหะประเภทอะลูมิเนียม หรือทองแดงซึ่งโลหะทั้งสองนี้เป็นชนิดที่มีการนำความร้อนสูง เราควรที่จะใช้แก๊สในอัตราที่สูงเพื่อจะได้จัดอย่างรวดเร็ว เพื่อความสะดวกอาจตั้งค่าตัวแปรในกระบวนการตามตารางที่ให้ประกอบมาก็ได้

### 1.2.4 แก๊สปกคลุมพลาสมา

ในขณะที่ทำการตัดด้วยพลาสมานั้น ถ้าพลาสมาจะไหลพุ่งออกจากอิเล็กโทรดและในขณะที่เดียวกันก็จะมีแก๊สปกคลุมไหลออกมารอบ ๆ อิเล็กโทรดปกคลุมชิ้นงานไว้และในระยะเวลาอันสั้นเพียงเสี้ยววินาที แก๊สปกคลุมจะเกิดไอออนซ์โดยความร้อนจากพลาสมา ส่วนที่เหลือจึงกลายเป็นแก๊สธรรมดาปกคลุมชิ้นงานป้องกันการเกิดออกไซด์แก๊สปกคลุมที่ใช้ในกระบวนการเชื่อมธรรมดาก็สามารถที่จะนำมาใช้ในกระบวนการพลาสมาได้ ตัวอย่างเช่น อาร์กอน, ฮีเลียม หรือเป็นการผสมผสานของแก๊สทั้งสองก็ได้

### 1.2.5 เครื่องประกอบของเครื่องตัดพลาสมา

นอกเหนือจากนี้อินพุตที่ต่างกันและแก๊สที่ใช้มี 2 ชนิดแล้วนั้น ที่เหลือจะมีองค์ประกอบที่เหมือนกับเครื่องเชื่อมทั้งสแตนท์ทั้งหมด

เครื่องเชื่อมหรือตัดพลาสมานั้นมีอุปกรณ์สำคัญอยู่อย่างหนึ่งที่ขาดไม่ได้นั่นคือ กล้องควบคุมปริมาณและกระแสของเครื่องจ่ายกำลัง โดยจะมีลักษณะเป็นกล่องแยกกับตัวเครื่องจ่ายกำลัง กล้องนี้จะมีหน้าปัดแสดงถึงค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับงานในขณะนั้น ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่มีประโยชน์มาก เพราะเราสามารถที่จะตั้งค่าของอัตราของแก๊สที่จะใช้และปริมาณน้ำหล่อเย็นด้วย

หัวเชื่อมพลาสมาทั้งหลายในปัจจุบันนี้จะมีสายไฟฟ้าที่ต่อกับแหล่งจ่ายกำลังและมีท่อส่งแก๊สที่ต่อกับถังแก๊สทั้งแก๊สเชื้อเพลิงและแก๊สปกคลุมต่ออยู่บริเวณปลายทางหางของหัวเชื่อม และในส่วนบนของหัวเชื่อมจะมีปุ่มควบคุมทั้งปริมาณของการไหลของแก๊สและมีปุ่มการจุดพลาสมาด้วยทำให้มีความสะดวกในระหว่างการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.2.6 เครื่องจ่ายกำลังของเครื่องเชื่อมพลาสมา

โดยส่วนมากแล้วแหล่งจ่ายกำลังจะเป็นลักษณะของไฟฟ้ากระแสตรง สาเหตุนี้เป็นเพราะการบำรุงรักษาง่ายกว่าการใช้กระแสสลับและสาเหตุที่สำคัญอีกอย่างนั้นเพราะไฟฟ้ากระแสสลับมีรูปคลื่นเป็นแบบไซน์เกิดทุก ๆ 1 ไซเคิล จะมีจุดที่กระแสนั้นมีค่าเป็นศูนย์ทำให้มีกระแสทางเข้าที่พุทไม่คงที่ จุดที่แตกต่างกันของแหล่งจ่ายกำลังของพลาสมาและถังสแตนคือ ค่าโวลต์เตทางเข้าที่พุทของพลาสมาในขณะที่เปิดวงจรนั้นมีค่าสูงประมาณ 200-400 โวลต์ และแรงดันที่ตกคร่อมชิ้นงานในขณะที่เชื่อมมีค่าประมาณ 80 โวลต์

### 1.2.7 การต่อแหล่งจ่ายกำลังขนาดเล็ก

ในหัวข้อนี้เราจะพิจารณาถึงการต่อแหล่งจ่ายกำลังขนาดเล็กที่มีกำลังงานทางเข้าที่พุททำให้สามารถทำงานกับกระบวนการของพลาสมาที่ต้องการกำลังงานทางเข้าที่พุทสูง ในกรณีที่เรามีแหล่งจ่ายกำลังขนาดเล็กจำนวนที่มากกว่าหนึ่งตัวนั้น เราสามารถที่จะเพิ่มกำลังงานทางเข้าที่พุทโดยนำเอาเข้าที่พุทของแหล่งจ่ายแต่ละตัวมารวมกันและจะแยกพิจารณาใน 2 กรณี คือ กรณีแรกเป็นการเพิ่มค่าแรงดันจะทำได้โดยการต่อเข้าที่พุทของแหล่งจ่ายกำลังในแบบอนุกรมกัน ซึ่งแรงดันรวมของเข้าที่พุท (ที่รวมกันแล้ว) จะเท่ากับผลรวมของค่าแรงดันแต่ละตัวรวมกัน ส่วนในกรณีของการเพิ่มกระแสนั้นเราทำได้โดยการต่อเข้าที่พุทของแหล่งจ่ายแต่ละตัวในลักษณะขนานกระแสนั้นรวมของเข้าที่พุท (ที่รวมกันแล้ว) จะเท่ากับผลรวมค่ากระแสของแหล่งจ่ายกระแสรวม

การต่อเข้าที่พุทแหล่งจ่ายแบบผสมกันทั้งอนุกรมและขนานกันก็สามารถทำได้ และสิ่งที่ผู้ใช้งานจะลืมไม่ได้ อย่างหนึ่ง คือ เมื่อเราได้ทำการเพิ่มกระแสและแรงดันทางเข้าที่พุทแล้วนั้น จะส่งผลทำให้เกิดปัญหาสายไฟที่เราเชื่อมต่อระหว่างแหล่งจ่ายกับหัวเชื่อมร้อนและละลายได้ซึ่งเป็นสิ่งอันตรายอย่างยิ่งไม่ควรมองข้ามสิ่งนี้ไป

### 1.2.8 ค่าเข้าที่พุทที่ใช้งานของเครื่องเชื่อมพลาสมา

โดยมากแล้วแหล่งจ่ายกำลังของเครื่องเชื่อมพลาสมานั้น จะมีค่าเข้าที่พุทเป็นกิโลวัตต์ เช่น 250 แอมแปร์ 200 โวลต์ มีค่ากำลังงานเท่ากับ 50 กิโลวัตต์ เป็นต้น แต่ก็มีเครื่องบางเครื่องที่แสดงค่าเข้าที่พุทแยกเป็นจำนวนกระแส และจำนวนแรงดัน แต่เราก็สามารถที่จะหาค่าของกำลังงานทางเข้าที่พุทได้โดยนำค่ากระแสและแรงดันทางเข้าที่พุทมาทำการคูณกับผลคูณจะเป็นค่ากำลังงานทางเข้าที่พุทนั่นเอง

### 1.2.9 หัวเชื่อมพลาสมา

น็อนเซิลันเป็นส่วนสำคัญที่สุดของหัวเชื่อมพลาสมาเพราะเส้นผ่านศูนย์กลางของปากน็อนเซิลันนั้นเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของลำพลาสมาอาร์คซึ่งอยู่ภายในน็อนเซิลันทำให้เกิดการรวมตัวกันของพลังงานเพื่อปลดปล่อยลำพลาสมาออกมาใช้งานโดยจะมีลักษณะที่บีบอัดอย่างใดก็ตามอุณหภูมิที่สูงของลำพลาสมาที่จะส่งผลกระทบต่อน็อนเซิลันโดยตรง

หัวเชื่อมพลาสติกมีการใช้งานทั้งแบบส่งผ่าน (การอาร์คเกิดขึ้นระหว่างอิเล็กโทรดและชิ้นงาน) และไม่ส่งผ่าน (การอาร์คเกิดขึ้นระหว่างอิเล็กโทรดและนิออนเซิล) ในแบบไม่ส่งผ่านน้ำล้าพลาสติกจะออกมาในลักษณะกรวยที่พุ่งออกมาและมีความร้อนต่ำเพราะการเกิดพลาสติกในแบบไม่ส่งผ่านนั้น มีลักษณะเหมือนการพ่นละอองแก๊สเผาไหม้ออกมาทำให้ความหนาแน่นของพลังงานและความร้อนต่ำจึงเหมาะที่จะใช้งานกับแผ่นโลหะที่มีความหนาไม่มาก ในแบบส่งผ่านนั้นเป็นการใช้งานที่มีความร้อนออกมามากเพราะล้าพลาสติกพุ่งออกมาเป็นลักษณะทรงกระบอกลำเล็กๆ และอิเล็กตรอนที่อยู่ภายในชิ้นงานสามารถกระโดดเข้าหาแท่งอิเล็กโทรดของหัวเชื่อมได้สะดวกจึงเกิดพลังงานที่บริเวณชิ้นงานสูง

#### 1.2.10 เทคนิคการเชื่อมด้วยพลาสติก

เทคนิคการเชื่อมนี้จะใช้กับการเชื่อมด้วยมือเท่านั้นและไม่ยุ่งยากเพราะระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับผู้เชื่อมนั้นมีมากพอสมควรจึงหลีกเลี่ยงอันตรายที่มีต่อผู้เชื่อมและอิเล็กโทรดของหัวเชื่อมที่บางครั้งอาจไปกระแทกกับชิ้นงานที่กำลังละลายอยู่ได้

#### 1.2.11 เทคนิคการหลอมละลาย

วิธีนี้เป็นการเชื่อมโดยที่ทำให้โลหะที่จะนำมาเชื่อมหลอมละลายและค่อยๆ ทึมลวดประสานหรือฟลักลงไปในพื้นที่ที่ละลายอยู่

#### 1.2.12 เทคนิคการเจาะทะลุเป็นรูถูกูญแจ

เป็นอีกวิธีหนึ่งในการเชื่อมหรือตัดชิ้นงานด้วยเครื่องพลาสติก วิธีนี้เหมาะกับชิ้นงานที่มีความหนาไม่มากหรือแผ่นโลหะบาง ๆ และในวิธีนี้เราจะไม่ใช้ลวดประสานหรือฟลักใดๆ เพราะเราจะต้องแช่หัวเชื่อมหรือหัวตัดไว้จนโลหะละลายและทะลุในที่สุด รูจะมีลักษณะเหมือนกับกุญแจจึงเรียกว่าเทคนิคเจาะทะลุแบบรูถูกูญแจเมื่อเกิดรูขึ้นเราจะนำล้าพลาสติกที่อยู่ภายในรูลากตรงไปตามแนวเชื่อม โลหะที่หลอมละลายจะไหลอยู่รอบๆ รูถูกูญแจและจะเกิดเป็นแนวเชื่อมขึ้นแต่ควรระวังในการเคลื่อนหัวเชื่อมอย่างเคลื่อนไหวเร็วเกินไปเพราะจะทำให้เกิดแนวเชื่อมที่เล็กลงไปและสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือ หัวเชื่อมควรวางในแนวตั้งฉากกับชิ้นงานเสมอเพื่อป้องกันนิออนเซิลแตกร้าวส่วนในเรื่องของแก๊สที่ใช้ในการเชื่อมนั้นจะต้องมีอัตราไหลสูงกว่าวิธีหลอมละลายเพราะการที่จะให้เกิดรูถูกูญแจนั้นจำเป็นต้องใช้ความร้อนสูงมาก ขนาดของโลหะที่จะนำมาใช้นั้นควรหนาประมาณ 6 ม.ม. หรือบางกว่านั้น แต่ถ้ากรณีที่ชิ้นงานมีความหนามากกว่า 6 ม.ม. แล้วเราก็ยังสามารถใช้วิธีนี้ได้แต่ต้องปรับค่ากระแสจากแหล่งจ่ายกำลังให้มีค่ามากขึ้นกว่าเดิมตามความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.2.13 ตารางค่าตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องเชื่อมพลาสมา

สมาคมการเชื่อมอเมริกันได้จัดทำสิ่งตีพิมพ์ขึ้น โดยมีรายละเอียดที่สำคัญ คือ “แนะนำวิธีปฏิบัติเมื่อใช้เครื่องเชื่อมพลาสมา” ในสิ่งที่พิมพ์ดังกล่าวจะพูดถึงสิ่งที่ควรรู้เบื้องต้นในการใช้พลาสมา เช่น ขนาดสายลำเลียงที่จะต้องใช้อำนาจกระแสหรือแก๊ส , ค่าของกระแส , ขนาดชิ้นงานที่จะใช้ , อัตราการไหลของแก๊ส เป็นต้น

ก่อนที่จะเราใช้อัตราเพื่อตั้งค่าองค์ประกอบให้เหมาะสมนั้นเราควรที่จะต้องรู้ก่อนว่าระบบเครื่องเชื่อมนั้นเป็นแบบอัตโนมัติหรือใช้มือ ภายในตารางจะมีข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้งานดังต่อไปนี้ ค่ากระแส , ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของนิออนเซิลัน (ปากท่อ) , อัตราการไหลของแก๊สพลาสมา แก๊สเชื่อมเพลิงนั้นเป็นอาร์กอนเสมอส่วนแก๊สปกคลุมนั้นอาจจะเป็นอาร์กอน , อาร์กอน-ฮีเลียม หรือเป็นอาร์กอนผสมไฮโดรเจน แต่ต้องไม่ใช่ฮีเลียมบริสุทธิ์เพราะการจุดพลาสมาที่ลำบากและรักษาระดับการเชื่อมไม่คงที่ การเลือกชนิดของแก๊สปกคลุมนั้นจะขึ้นอยู่กับกระแสที่ให้กับโพลด์และความหนาของชิ้นงานและก่อนใช้งานจริงควรทดลองสักเล็กน้อยก่อนทำงานจริงจะป้องกันความผิดพลาดได้

### 1.3 เครื่องตัดพลาสมา (Plasma Arc Cutting : PAC)

เครื่องตัดพลาสมานั้นใช้ตัดโลหะได้หลากหลายและง่ายกว่าเครื่องตัดที่มีมาก่อนหน้านี้ โลหะที่ตัดได้ เช่น คาร์บอน , อลูมิเนียม , สเตนเลส , ทองแดง , ทองเหลือง , บรอนซ์ , นิกเกิล , อัดลอย , เซอร์โคเนียม , ยูเรเนียม เป็นต้น

#### 1.3.1 ทำไมจึงใช้พลาสมาในการตัด

พลาสมาสามารถตัดชิ้นงานเป็นจำนวนมากได้ในเวลารวดเร็ว ทำมุมในการตัดและเจาะได้ดี ในการใช้งานความร้อนที่ใช้ชิ้นงานนั้นมีน้อยกว่าเครื่องตัดออกซิเจนต่างๆ ที่พลาสมานั้นร้อนกว่านั้นเป็นเพราะพลาสมาตัดด้วยความเร็วที่สูงกว่าจึงมีความร้อนสะสมน้อยกว่าบนชิ้นงานแต่อีกอย่างหนึ่ง คือพลาสมามีปัญหาเรื่องไอที่ลอยออกมาจากคลองเลื่อยซึ่งเป็นสาเหตุที่เกิดความเย็นในการตัดได้ แต่อย่างไรก็ตามพลาสมายังได้รับความนิยมใช้ในอุตสาหกรรมที่มีการตัดแบบอัตโนมัติที่ชิ้นงานจำนวนมากและที่มีความเร็วโค้งหรือรูปร่างต่าง ๆ

อย่างไรก็ตามในส่วนน้อยเท่านั้นที่ใช้งานแบบมือเพราะเสียงที่เกิดจากพลาสมาเจ็สนั้นดังมากและในขณะที่ตัดนั้นจะเกิดควันมากซึ่งนับว่าเป็นปัญหาสำคัญในการควบคุมแต่ปัญหาดังกล่าวนั้นไม่มีต่อการตัดแบบอัตโนมัติ วิธีที่แก้ปัญหความร้อนเสียงรบกวนและควันนั้นยังมีคือ ทำการตัดบนโต๊ะที่มีน้ำขังอยู่ น้ำบนโต๊ะจะสัมผัสกับผิวด้านล่างของชิ้นงานซึ่งเป็นที่พักของควันและจีโโลหะ ส่วนเสียงรบกวนที่เกิดจากลำพลาสมาได้คลองเลื่อยนั้นจะถูกน้ำดูดซับเสียงไปแต่ก็ยังไม่หมด ทางที่ดีควรสวมเครื่องป้องกันไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3.2 ความเร็วในการตัด

ในการใช้เครื่องตัดพลาสติกนั้นสามารถทำความเร็วในการตัดได้ประมาณ 100 – 150 นิ้ว/ นาที (2.5-3.8 เมตร/นาที) ซึ่งการตัดด้วยเครื่องตัดออกซิเจนนั้นทำความเร็วอยู่แค่ 20.25 นิ้ว/นาที (0.5-0.63 เมตร/นาที) เท่านั้น ในการตัดแผ่นโลหะที่มีความหนาไม่มาก พลาสติกนั้นทำความเร็วที่ 300 นิ้ว/ นาที (7 เมตร / นาที) แต่อย่างไรก็ตามในการตัดด้วยการใช้มีอนั้นจะไม่สามารถรักษาระดับความเร็วและประสิทธิภาพให้คงที่ได้เหมือนกับการตัดแบบอัตโนมัติถึงแม้จะเป็นเครื่องพลาสติกก็ตาม

การตัดแผ่นคาร์บอนที่มีความหนาประมาณ 3 นิ้ว (75 ม.ม.) นั้นสามารถทำได้เร็วโดยการตัดด้วยออกซิเจน แต่ถ้าความหนาค่ากว่า 1 นิ้ว (25 ม.ม.) แล้วพลาสติกจะทำการตัดได้เร็วกว่าถึง 5 เท่า สำหรับการตัดสินใจที่จะเลือกนำมาใช้งานนั้นก็ควรพิจารณาจากการลงทุนที่คุ้มค่าหรือไม่ เพราะราคาของพลาสติกนั้นค่อนข้างสูงกว่าออกซิเจนมาก จะสังเกตเห็นว่าในธุรกิจที่ต้องการความเร็วในการผลิตและมีผลผลิตเป็นจำนวนมาก ล้วนแล้วแต่ใช้เครื่องตัดพลาสติกในกระบวนการผลิตแทบทั้งสิ้น เพราะให้ผลคุ้มค่ากว่าเมื่อเทียบกันระหว่างต้นทุนและผลผลิต และเครื่องตัดพลาสติกนั้นจะส่งผลที่ได้เปรียบในเชิงเศรษฐศาสตร์ เมื่อการลงทุนเป็นแบบระยะยาวคงจะพบเห็นการใช้งานกับงานหนักๆ เช่น ในอุตสาหกรรม โรงงานทำแท่งน้ำ , การต่อโครงสร้างสะพาน

### 1.3.3 องค์ประกอบของเครื่องตัดพลาสติก

เครื่องตัดพลาสติกมีความต้องการหัวตัด, แหล่งจ่ายกำลัง, ระบบน้ำหล่อเย็นที่สะอาดเป็นสิ่งสำคัญ

### 1.3.4 หัวตัดพลาสติก

หัวตัดพลาสติกนั้นประกอบด้วย แกนจับอิเล็กทรอนิกส์, แท่งอิเล็กทรอนิกส์ ที่บรรจุภายในน็อนเซิลัน, ระบบน้ำหล่อเย็นที่ระบายความร้อนให้อิเล็กทรอนิกส์ และน็อนเซิลัน และแก๊สพลาสติกที่ไหลพุ่งรอบ ๆ อิเล็กทรอนิกส์ใช้ผลิตลำพลาสติกออกจากปากน็อนเซิลัน น็อนเซิลันนั้นจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหลายขนาดแล้วแต่นำมาประกอบกับหัวตัดรุ่นใด เส้นผ่านศูนย์กลางของปากน็อนเซิลัน จะขึ้นอยู่กับขนาดของกระสวยที่ใช้ตัด เช่น เมื่อใช้กระสวยในการตัดสูงก็ควรใช้เส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่ เป็นต้น

ในการเลือกใช้น็อนเซิลันแบบชั้นเดียว (Single-port) หรือหลายชั้น (Multiple - port) ในการทำงานนั้นสามารถใช้ได้ทั้งคู่แต่มีความแตกต่างกันคือ แบบหลายชั้นนั้นจะสนับสนุนการไหลของแก๊สปกคลุมรอบๆ แก๊สพลาสติกที่ใช้เป็นหลักอยู่และแก๊สทั้งสองจะไหลพุ่งผ่านปากท่อหลัก (ท่อแกนกลางในสุด) ด้วยอัตราการไหลของแก๊สที่เร็วมากเมื่อเทียบต่อหน่วยพื้นที่หรืออาจกล่าวอีกอย่างว่าอัตราไหลเร็วเท่ากับซูเปอร์โซนิค (เร็วกว่าเสียง) ด้วยเหตุผลนี้จึงไม่แปลกที่พลาสติกนั้นมิเสียงรบกวนที่สูงมาก จึงเป็นข้อเสียของหัวหลายชั้นแต่ข้อดีก็คือที่ความเร็วในการตัดเท่ากันนั้นคุณภาพการตัดจะดีกว่าการใช้หัวชั้นเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3.5 ควบคุมเครื่องตัดพลาสมา

กล่องควบคุมเครื่องตัดพลาสมานั้นจะประกอบด้วย วาล์วโซลินอยด์ที่ใช้ในการเปิดปิดแก๊สและน้ำหล่อเย็น ที่ตัวกล่องนี้จะมีหน้าปัดบอกปริมาณเพื่อความสะดวกในการปรับแต่งค่าอัตราการไหลของแก๊สและน้ำหล่อเย็นเพื่อใช้งานที่หลากหลาย และมีสวิตช์เพื่อเปิดและปิดการทำงานของเครื่องและในแบบกล่องควบคุมที่มีโปรแกรมควบคุมอัตโนมัติจะมีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อเราใช้งานที่กระแสสูงนั้นกล่องควบคุมจะคอยตรวจสอบว่าอัตราไหลของน้ำหล่อเย็นนั้นไหลต่ำกว่าระดับความปลอดภัยที่กำหนดหรือไม่ ถ้าต่ำกว่ากล่องควบคุมจะทำการเพิ่มอัตราไหลน้ำหล่อเย็นให้เร็วขึ้นโดยอัตโนมัติ และในทางกลับกันก็จะปรับให้ต่ำลงอัตโนมัติเมื่อใช้กระแสต่ำในการตัด

### 1.3.6 แหล่งจ่ายกำลังของเครื่องตัดพลาสมา

แหล่งจ่ายกำลังที่จะนำมาใช้งานกับเครื่องตัดพลาสมานั้นจะต้องออกแบบพิเศษโดยที่จะต้องใช้อำนาจที่พอเปิดวงจรอยู่ในช่วง 120-400 โวลต์ (แตกต่างกับแหล่งจ่ายกำลังของเครื่องเชื่อมพลาสมาอยู่ประมาณ 70-85 โวลต์) หลักสำคัญที่จะมากำหนดขนาดของแหล่งจ่าย คือ ชนิด และความหนาของโลหะที่จะนำมาตัด ความเร็วที่ต้องการในการตัด กระแสคงที่และค่าแรงดันที่ตกคร่อมในขณะที่ตัดชิ้นงาน เครื่องตัดพลาสมาที่ใช้ในโหมด DCSP อิเล็กทรอดคือขั้วลบของแหล่งจ่ายกำลังต่อใช้งานแบบส่งผ่าน ในงานที่ต่อลักษณะนี้นั้นเมื่อนำไปใช้กับงานหนัก ๆ แล้วระบบต้องการแรงดันเปิดวงจรถึง 400 โวลต์ เพื่อใช้เจาะโลหะที่หนาประมาณ 2 นิ้ว (51 มม.) ที่เครื่องตัดที่ใช้มีตัดและที่กระแสต่ำ ระบบต้องการแรงดันเมื่อเปิดวงจรประมาณ 120-200 โวลต์ ในกรณีที่เป็นเครื่องเซาะร่องด้วยแล้วนั้นแรงดันจะช่วยให้ชิ้นงานในขณะที่ทำงานควรปรับได้ด้วยเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นให้รับกับชิ้นงานหลากหลายชนิด ผู้ผลิตเครื่องเชื่อมทั้งหลายนั้นส่วนใหญ่แล้วจะไม่ผลิตแหล่งจ่ายกำลังที่ใช้กับการเชื่อมมือเพราะเกิดปัญหาเรื่องความปลอดภัยมากจึงไม่คุ้มที่จะสร้างส่วนใหญ่จะสร้างแบบที่ใช้กับเครื่องอัตโนมัติ

กระแสเอาต์พุตจากแหล่งจ่ายกำลังเครื่องตัดพลาสมานั้นจะมีค่าประมาณที่ 70-100 แอมแปร์ ขึ้นอยู่กับชิ้นงานที่นำมาตัดว่าหนาแค่ไหน และต้องการความเร็วในการตัดแค่ไหน ถ้าชิ้นงานที่นำมาตัดหนาและเราต้องการความเร็วในการตัดเราจะต้องใช้กระแสที่สูงจากแหล่งจ่ายกำลังในการตัด เป็นต้น ในแหล่งจ่ายกำลังทั่ว ๆ ไปนั้นจะมีวงจรความถี่สูง (High Frequency Circuit) ที่ใช้ในการจุดพลาสมารวมอยู่ด้วย

### 1.3.7 การทำงานของเครื่องอาร์คพลาสมา

ในการต่อใช้งานแบบส่งผ่านการอาร์คนั้นจะเกิดเมื่อมีการชนกันของแท่งอิเล็กทรอดกับชิ้นงาน โดยจะมีการกระตุ้นจากวงจรความถี่สูงเป็นตัวจุดพลาสมา จะปรากฏพลาสมาพุ่งออกมาจากนีออนเซิลล์ แหล่งจ่ายกำลังได้ถูกออกแบบเพื่อรักษาระดับกระแสต่ำให้คงที่ การแตกตัวของอะตอมแก๊สจากพลาสมาที่พุ่งผ่านออกมาจากนีออนเซิลล์งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากน็อนเซิลันที่ใช้นั้นเป็นตัวที่ปลดปล่อยอุณหภูมิที่สูงมาก (ประมาณ 18,000-25,000 OF หรือ 9,980-13,870 OC) ทำให้วัสดุที่นำมาใช้ทำนั้นสำคัญมากทำจากทองแดงชุบแข็ง น็อนเซิลันที่นำมาใช้ควรมีสัญลักษณ์ที่บ่งบอกขอบรอยต่อภายในน็อนเซิลันอย่างชัดเจนระหว่างแก๊สและพลาสมา อีกอย่างหนึ่งคือ อุณหภูมิที่สูงมากนั้นจะส่งผลให้เกิดการหลอมละลายหรือไอความร้อนขึ้นที่น็อนเซิลันแทนที่จะส่งความร้อนทั้งหมดไปให้กับชิ้นงานทำให้อายุการใช้งานของน็อนเซิลันสั้นลง

### 1.3.8 การปรับแต่งเครื่องตัดพลาสมา

หลายครั้งที่การปรับแต่งค่าตัวแปรต่าง ๆ ในระบบจะช่วยให้คุณภาพการตัดดีขึ้นอย่างเช่น เราต้องการตัดโลหะที่มีความหนา 3-38 มม. นั้นการใช้แก๊สปกคลุมและน้ำผสมกับลำพลาสมาจะทำให้คุณภาพการตัดดีขึ้น

### 1.3.9 พลาสมาคู่ (Dual-flow Plasma cutting)

พลาสมาคู่ นั้นเกิดจากการใช้หัวตัดที่มีช่องแก๊สทั้งสองชั้นนั่นเอง โดยจะประกอบด้วยช่องที่พลาสมาพุ่งออกมาและจะมีช่องแก๊สปกคลุมชั้นที่สองไหลปกคลุมรอบ ๆ ถ้าพลาสมาอีกทีหนึ่งซึ่งเป็นพลาสมาที่ใช้แก๊สใน โตรเจนเป็นเชื้อเพลิงและแก๊สปกคลุมสามารถเลือกตามแต่ชนิดของชิ้นงานที่นำมาใช้ตัด สำหรับโลหะที่มีความละเอียดนั้นอาจใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หรืออากาศก็ได้ ผลที่ได้คือ จะทำความเร็วในการตัดได้สูงแต่คุณภาพในการตัดไม่ดีเท่าที่ควร สำหรับงานบางอย่าง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ นิยมใช้เป็นแก๊สปกคลุมเมื่อใช้สแตนเลสอาร์กอน-ไฮโดรเจน เป็นแก๊สผสมที่ใช้ในการตัดอะลูมิเนียม

### 1.3.10 เครื่องตัดพลาสมาที่ใช้น้ำปกคลุม

เทคนิคนี้จะคล้ายกับพลาสมาคู่เพียงแต่ใช้น้ำแทนที่แก๊สปกคลุมชั้นที่สองเท่านั้น แต่ปรากฏว่าอายุการใช้งานน็อนเซิลันนั้นสูงขึ้นแต่การตัดนั้นงานที่ได้อาจไม่เป็นเหลี่ยมที่สวยงามและความเร็วต่ำกว่าพลาสมาที่มีการใช้แก๊สปกคลุมเล็กน้อย

### 1.3.11 เครื่องตัดพลาสมาที่มีน้ำอัดฉีด

การใช้เทคนิคนี้เราใช้หัวตัดที่มีช่องสมมาตรบริเวณปากท่อของน็อนเซิลันฉีดน้ำออกมาใต้ลำพลาสมาโดยน้ำจะปกคลุมลำพลาสมาที่มีการเผาไหม้รุนแรงอันเกิดจากบรรยากาศโดยรอบ ชั้นนอกสุดของน็อนเซิลันนั้นทำจากเซรามิกเพื่อป้องกันการอาร์คซ้อน (Double arcing) การอาร์คซ้อนนั้นเกิดขึ้นได้จากการที่อาร์คจากอิเล็กโทรดกระโดดไปที่น็อนเซิลันแล้วจึงไปที่ชิ้นงาน ซึ่งการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวนี้เป็นสาเหตุทำให้น็อนเซิลันเสียหายได้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้น้ำร่วมกับพลาสติกนั้นเสมือนเป็นการจำกัดพลาสติก ทำให้งานที่ได้มีความคมของรอยตัดสูงและความเร็วที่ได้ก็ดีกว่าเครื่องตัดพลาสติกธรรมดาทั่วไป เพราะน้ำที่ฉีดออกมาเป็นลักษณะของละอองที่มีความเย็นอยู่ทำให้คลองเลื่อยนั้นมีความคมของเหลี่ยมมุมมากกว่าปกติ เมื่อน้ำและแก๊สที่ไหลอยู่ในหัวตัดสัมผัสกันแก๊สภายในนั้นจะเกิดหมอกออกมาจากปากท่อ และผสมกับละอองน้ำที่พุ่งออกมาจะทำให้การตัดเกิดเหลี่ยมจากบริเวณรอยต่อคลองเลื่อยได้ดี กระบวนการลักษณะนี้จึงเหมาะกับงานที่ต้องการความคมสูง แต่สิ่งที่ควรคำนึงถึงอีกอย่างคือการตัดนั้นหรือระดับของหัวตัดควรต้องทำมุมฉากกับชิ้นงานเสมอ

### 1.3.12 แก๊สเชื้อเพลิงพลาสติก

การเลือกใช้แก๊สเชื้อเพลิงนั้นมีพื้นฐานอยู่ว่า เราโลหะที่นำมาตัดเป็นชนิดใด ความต้องการ คุณภาพ ความเรียบของผิวชิ้นงานที่ตัดแล้วมากแค่ไหน โดยทั่วไปโลหะที่ไม่มีแม่เหล็กผสมอยู่แก๊สเชื้อเพลิงจะใช้ในโตรเจนหรือไนโตรเจน-ไฮโดรเจนหรืออาร์กอน-ไฮโดรเจนผสมกัน ในส่วนของการตัดไททานเนียมหรือเซอร์โคเนียมนั้นจะใช้อาร์กอนบริสุทธิ์เป็นแก๊สเชื้อเพลิงเพราะโลหะเหล่านั้นมีความไวอย่างมากต่อปฏิกิริยาแตกตัวของแก๊ส โดยเฉพาะอย่างยิ่งแล้วเมื่อใช้ไฮโดรเจนเป็นแก๊สเชื้อเพลิง

โลหะที่ผสมคาร์บอนจะใช้อากาศอัดตัว (ไนโตรเจน 80% กับออกซิเจน 20%) หรือไนโตรเจนบริสุทธิ์ ไนโตรเจนควรใช้กับหัวตัดที่มีระบบน้ำอัดฉีดในการตัดโลหะที่ไม่มีเหล็กปนอยู่นั้น บางครั้งเราใช้วิธีพลาสติกก็ได้โดยใช้ไนโตรเจนเป็นแก๊สเชื้อเพลิงและคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นแก๊สปกคลุมหรือเพื่อที่จะให้ได้คุณภาพที่ดียิ่งขึ้น ควรใช้อาร์กอน-ไฮโดรเจนเป็นแก๊สเชื้อเพลิงและไนโตรเจนเป็นแก๊สปกคลุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน ของสวิทชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

#### 2.1 วงจรเรียงกระแสและกรองกระแส

วงจรเรียงกระแสและกรองกระแสถือว่าเป็นส่วนสำคัญของวงจรในส่วนอินพุตและเป็นตัวกำหนดค่าอัตราทดกระแสของฟิวส์และวงจรกรองสัญญาณรบกวนความถี่วิทยุประกอบไปด้วยอุปกรณ์สำคัญ 2 ตัวคือ ตัวเก็บประจุกรองกระแสและไดโอดเรียงกระแส ซึ่งมีหน้าที่หลักในการแปลงแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรงเพื่อเป็นแรงดันอินพุตให้กับวงจรคอนเวอร์เตอร์ต่อไป

##### 2.1.1 ไดโอดเรียงกระแส

การเลือกใช้ไดโอดเรียงกระแสให้เหมาะกับการใช้งานควรมีข้อควรพิจารณา ดังนี้

###### 2.1.1.1 ค่ากระแสกระชาก : I (fsm)

กระแสกระชากสูงสุดที่ไหลผ่านไดโอดเรียงกระแสจะเกิดขึ้นในขณะที่เปิดเครื่องเมื่อตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ยังไม่มีประจุสะสมอยู่ ค่ากระแสกระชากสูงสุดคำนวณได้จาก

$$I_{fsm} = \frac{V_p}{(R_s + ESR)}$$

เมื่อ	Vp	คือ	แรงดันยอดสูงสุดของไฟสลับอินพุต
	ERS	คือ	ค่าความต้านทานแฝงในตัวเก็บประจุค่าต่ำสุด
	Rs	คือ	ค่าของตัวต้านทานจำกัดกระแส

โดยทั่วไปแล้วไดโอดเรียงกระแสจะมีค่าอัตราทดกระแสกระชาก I (fsm) ประมาณ 20 ถึง 30 เท่า ของอัตราทดกระแสเฉลี่ยขณะถูกไปแอสตรงของมัน โดยไดโอดที่ใช้จะต้องมีอัตราทดกระแสกระชากมากกว่าค่ากระแสที่คำนวณได้จากสมการ ค่ากระแสกระชากอาจลดลงได้โดยการเพิ่มค่าของ Rs แต่จะทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพลดลงเนื่องจากเกิดกำลังสูญเสียในตัวต้านทาน

###### 2.1.1.2 ค่ากระแสสูงสุดเมื่อถูกไปแอสตรง : I (fsm)

ค่ากระแสสูงสุดที่เกิดขึ้นในวงจรเรียงกระแส จะเกิดขึ้นในจังหวะที่ตัวเก็บประจุต้องกระแสมี

การเก็บประจุอีกครั้งหลังจากคายประจุออกไปให้ไหล ค่ากระแสสูงสุดเมื่อถูกไปแอสตรงของไดโอดเรียงกระแส สามารถหาได้จากค่ากระแสสูงสุดของตัวเก็บประจุกรองกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1.3 ค่ากระแสเฉลี่ยเมื่อถูกไบแอสตรง : $I (fm)$

เป็นค่ากระแสเฉลี่ยสูงสุดที่ไดโอดเรียงกระแสจะได้รับในขณะที่ทำงาน การพิจารณาค่ากระแสนี้ทำได้โดยใช้กราฟ ในการปฏิบัติควรเผื่อค่ากระแสเฉลี่ยสูงสุด  $I (fm)$  ของไดโอดไว้ที่ประมาณ 1.5-2 เท่าจากที่คำนวณได้ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและอายุการใช้งาน

### 2.1.1.4 อัตราแรงดันไบแอสกลับสูงสุด : $V (mm)$

โดยปกติวงจรเรียงกระแสจะต้องต่อเข้ากับแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ ดังนั้นอัตราทนแรงดันไบแอสกลับของไดโอด ควรต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าค่าแรงดันขอดสูงสุดของแรงดันไฟสลับ แต่ควรเผื่อค่าแรงดันไบแอสกลับ ให้มีค่ามากกว่าแรงดันขอดสูงสุดของแรงดันไฟสลับเอาไว้ด้วย สำหรับกรณีที่อาจเกิดทรานเซียนต์ขึ้นในสายไฟสลับ

## 2.1.2 ตัวเก็บประจํากรองกระแส

ตัวเก็บประจุมีหน้าที่ในการกรองแรงดันไฟตรงที่ได้จากเรียงกระแสของไดโอดให้มีค่าเรียบมากขึ้น และช่วยให้กระแสที่ได้มีค่าเพียงพอตามที่วงจรคอนเวอร์เตอร์ต้องการ ตัวเก็บประจุที่ใช้จะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 1.5 ไมโครฟารัดต่อวัตต์ แต่ในการใช้งานจริงควรพิจารณาเลือกตัวเก็บประจุที่มีปัจจัยดังต่อไปนี้

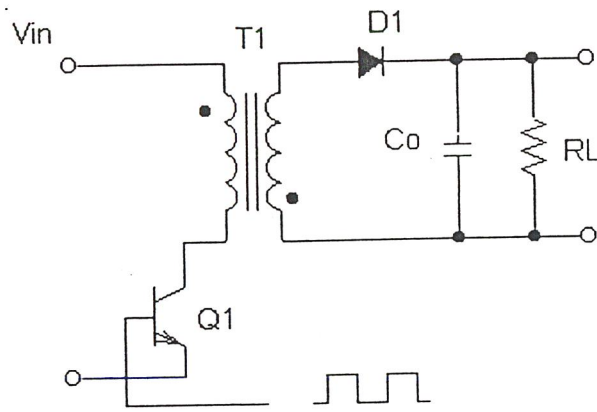
### 2.1.2.1 อัตราทนกระแสระลอก (RMS Ripple Current Rating)

กระแสระลอกในตัวเก็บประจุกรองกระแสเกิดจากการชาร์จประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุเอง ซึ่งค่ากระแสจะต้องเป็นผลให้ตัวเก็บประจุร้อนและอายุการใช้งานลดลง การเลือกใช้งานตัวเก็บประจุกรองกระแสจะต้องให้มีค่าอัตราทนกระแสระลอกมากกว่าค่ากระแสระลอกที่คำนวณได้เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนกับตัวเก็บประจุขณะที่ทำงาน ในกรณีที่กระแสระลอกมีค่าสูงการใช้ตัวเก็บประจุนานกันหลายตัวจะช่วยเพิ่มอัตราทนกระแสระลอกให้ตัวเก็บประจุได้

### 2.1.2.2 แรงดันกระเพื่อมที่เอาต์พุทของวงจรเรียงกระแส (Ripple Voltage)

การกระเพื่อมที่แรงกันเอาต์พุทของวงจรเรียงกระแสจะมีผลโดยตรงต่อการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ การกระเพื่อมที่แรงดันเอาต์พุททำให้แรงดันที่อินพุทของคอนเวอร์เตอร์มีค่าไม่คงที่ หากยอมให้แรงดันกระเพื่อมนี้มีค่ามากก็จะลดความสามารถในการคงค่าแรงดันที่เอาต์พุทของคอนเวอร์เตอร์ลงไป ปกติการออกแบบวงจรกระแสยอมให้มีค่าแรงดันกระเพื่อมไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงดันเอาต์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงวงจรกรองกระแส

$$C = \frac{I_e \Delta t}{\Delta V_{ripple}}$$

ค่าของตัวเก็บประจุกรองกระแส C สามารถคำนวณได้จาก

- เมื่อ
- $I_e$  คือ ค่ากระแสประสิทธิผลของวงจรเรียงกระแส
  - $\Delta t$  คือ ช่วงเวลาที่ตัวเก็บประจุใช้ในการคายประจุ
  - $\Delta V_{ripple}$  คือ ค่าข้อยอดถึงข้อยอดของแรงดันกระแสเพื่อ

#### 2.1.2.3 ช่วงเวลาโฮลด์อัฟ (Hold Time)

ช่วงเวลาโฮลด์อัฟ เป็นช่วงเวลาที่วงจรสวิตซ์ซึ่งยังสามารถคงค่าแรงดันเอาต์พุตได้ตามปกติที่โหลดสูงสุด เมื่อมีการหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับหรือค่าแรงดันไฟสลับมีค่าต่ำกว่ากำหนดและเพื่อให้วงจรสวิตซ์ซึ่งมีค่าเวลาโฮลด์อัฟ ตัวเก็บประจุที่ใช้จะต้องมีค่ามากพอที่จะจ่ายกระแสให้กับคอนเวอร์เตอร์เมื่อมีการหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับ

#### 2.1.2.4 อัตราทนแรงดัน (Voltage Rating)

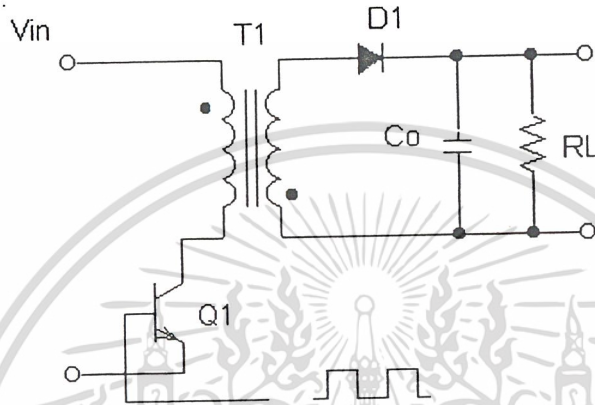
ตัวเก็บประจุกรองกระแสต้องทนแรงดันได้อย่างต่ำที่ค่าแรงดันไฟตรงเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส แต่เพื่อความปลอดภัยควรเลือกอัตราทนแรงดันไว้อย่างน้อยที่ค่าแรงดันไฟตรงสูงสุดที่เป็นไปได้ของคอนเวอร์เตอร์ เช่น ถ้าแรงดันไฟสลับอินพุตมีค่าอยู่ในช่วง 187 ถึง 264 โวลต์ควรมีค่าอัตราทนแรงดันอย่างต่ำที่ 400 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 วงจรคอนเวอร์เตอร์

วงจรคอนเวอร์เตอร์นับว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุด มีหน้าที่ลดทอนแรงดัน ไฟกระแสตรงค่าสูงลงมา เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำและสามารถค่าแรงดันได้ คอนเวอร์เตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจัด วงจรภายใน โดยคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบก็จะมีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกันออกไปดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 2.2.1 ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

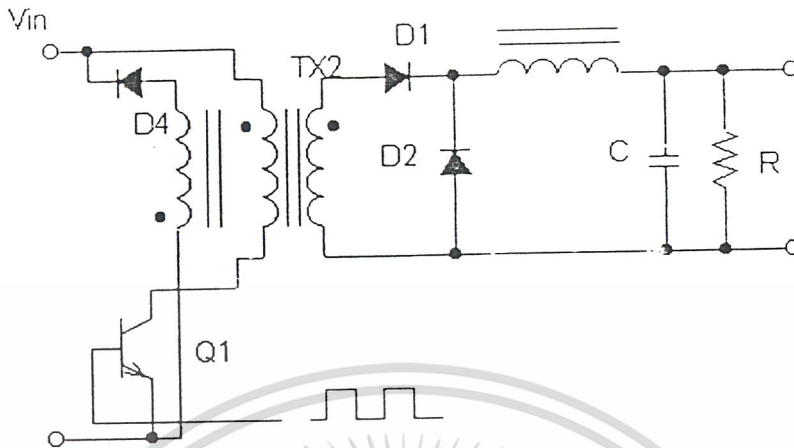


รูปที่ 2.2 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 2.2 เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 ในฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์จะทำงานในลักษณะเป็น สวิตช์ และจะนำกระแสตามคำสั่งของพัลส์สี่เหลี่ยมที่ป้อนให้กับขาเบส เนื่องจากหม้อแปลง T1 จะ กำหนดขดไพรมารีและเซคันดารีให้มีลักษณะกลับเฟสกันอยู่ ดังนั้นเมื่อ Q1 นำกระแสไดโอด D1 จะอยู่ ในลักษณะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส ทำให้มีการสะสมพลังงานที่ขดไพรมารีของหม้อแปลง T1 แทน เมื่อ Q1 หยุดนำกระแส สนามแม่เหล็ก T1 ยุบตัวทำให้เกิดการกลับขั้วแรงดันที่ขดไพรมารีและเซ คันดารี D1 ก็จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง พลังงานที่สะสมในขดไพรมารีของหม้อแปลงก็จะถูกถ่าย เทออกไปยังขดเซคันดารี และมีกระแสไหลผ่านไดโอด D1 ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต Q1 ช่วงเวลานำ กระแสของ Q1 อัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลงและค่าของแรงดันที่อินพุต

ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่ให้กำลังงานได้ไม่สูงนัก โดยอยู่ในช่วงไม่เกิน 150 วัตต์ และให้ค่าสัญญาณรบกวน RFI/EMI ค่อนข้างสูง แต่ใช้อุปกรณ์จำนวนน้อยและมีราคาถูก

## 2.2.2 ฟอว์เวิร์คคอนเวอร์เตอร์

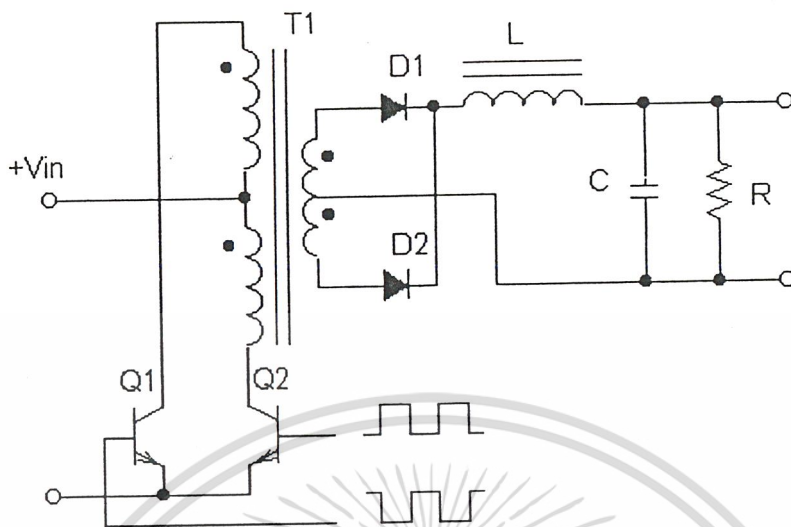


รูปที่ 2.3 แสดงวงจรฟอว์เวิร์คคอนเวอร์เตอร์

ในรูป 2.3 จะเห็นได้ว่าฟอว์เวิร์คคอนเวอร์เตอร์มีลักษณะใกล้เคียงกับฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ แต่หม้อแปลง T1 ในฟอว์เวิร์คคอนเวอร์เตอร์จะกำหนดไพรมารี่และเซคคันดารีให้มีเฟสตรงกัน ดังนั้นเมื่อ Q1 นำกระแส ไดโอด D1 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง แต่ D2 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับ และไม่นำกระแส กระแสจึงไหลผ่านไดโอด D1 และตัวเหนี่ยวนำ L0 ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต C0 และไหลกลับได้ขณะที่มีกระแสไหลผ่าน L0 จะมีการสะสมพลังงานไว้ในตัวมันด้วยเมื่อ Q1 หยุดนำกระแส ไดโอด D1 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับ ทำให้ไม่มีกระแสไหลจากเซคคันดารี สนามแม่เหล็กใน L0 จะยุบตัวทำให้มีการกลับขั้วแรงดันที่คดกร่อมตัวมันอยู่ ไดโอด D2 ออกไปยังโหลดได้ จะเห็นได้ว่าจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโหลดได้อย่างต่อเนื่องทั้งในช่วงที่ Q1 นำกระแสและหยุดนำกระแส ทำให้มีการกระเพื่อมของแรงดันที่เอาต์พุตต่ำกว่าฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

ฟอว์เวิร์คคอนเวอร์เตอร์ให้กำลังงานได้ในช่วงเดียวกันกับฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์แต่กระแสที่ได้จะมีการกระเพื่อมต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม ตัวอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามาจะทำให้ฟอว์เวิร์คคอนเวอร์เตอร์นั้นมีราคาสูงกว่า

### 2.2.3 พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์

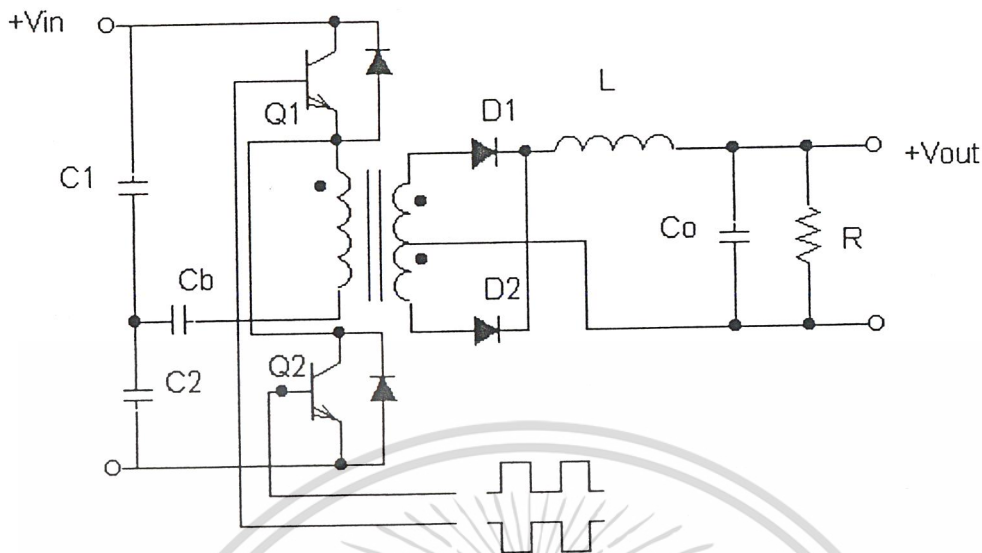


รูปที่ 2.4 แสดงวงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์

พุช – พูลคอนเวอร์เตอร์เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่สามารถจ่ายกำลังงานได้สูงตั้งแต่ 500 วัตต์ขึ้นไป แต่มีข้อเสียคือ มักเกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์แม่เหล็กของแกนหม้อแปลงซึ่งจะมีผลต่อการพังเสียหายของ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้ง่าย อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันเทคนิคการควบคุมแบบควบคุมกระแสจะทำให้ลดปัญหานี้ลงได้ ดังนั้น พุช – พูลคอนเวอร์เตอร์จึงเป็นคอนเวอร์เตอร์ที่น่าสนใจสำหรับวงจร สวิตซ์ซึ่งที่ต้องการกำลังงานสูงๆ

จากรูปที่ 2.5 Q1 และ Q2 จะกลับกันนำกระแสในแต่ละครึ่งคาบเวลาการทำงานเมื่อ Q1 นำกระแส D1 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับ แต่ D2 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรงและนำกระแสผ่าน L0 ไปยังโหลดได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นโหลดจึงมีกระแสไหลต่อเนื่องได้ตลอดเวลากระแสที่ได้ทางเอาต์พุตจึงค่อนข้างเรียบ อย่างไรก็ตาม เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่เพิ่มเข้ามาจะมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการสร้างพุช – คอนเวอร์เตอร์เช่นกัน

## 2.2.4 ฮาล์ฟ – บริดจ์คอนเวอร์เตอร์



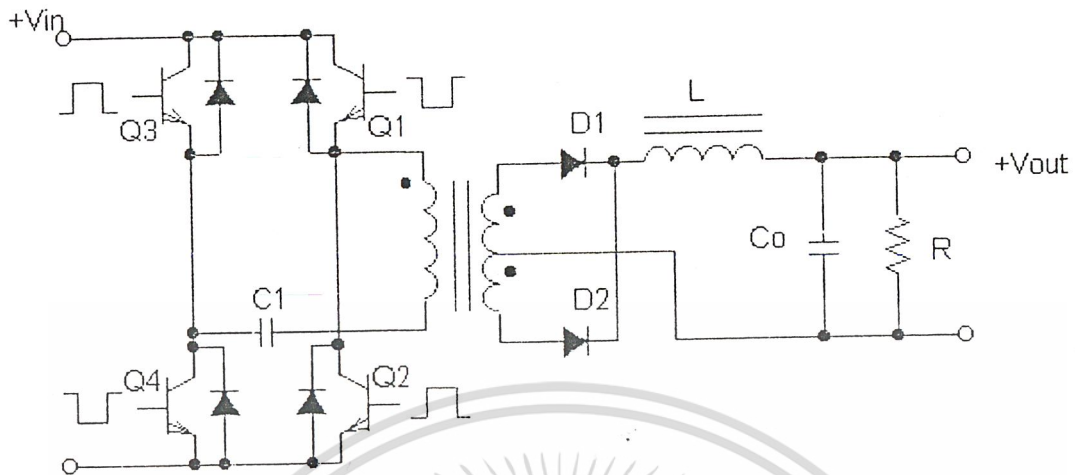
รูปที่ 2.5 แสดงวงจรฮาล์ฟ – บริดจ์คอนเวอร์เตอร์

ฮาล์ฟ – บริดจ์คอนเวอร์เตอร์จัดเป็นคอนเวอร์เตอร์ในตระกูลเดียวกับพุ่ม-พูลคอนเวอร์เตอร์ และให้กำลังงานได้ค่อนข้างสูง ข้อดีของฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ ก็คือ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรมีค่าแรงดันตกคร่อมขณะไม่นำกระแส น้อยกว่าคอนเวอร์เตอร์ทั้ง 3 แบบที่ได้กล่าวมาแล้ว และลดการเกิดไม่สมมาตรฟลักซ์ได้

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าหากเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งนำกระแส ค่าแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ตัวที่เหลือจะมีค่าเพียงแรงดันอินพุตเท่านั้น เมื่อ Q1 และ Q2 สลับกันนำกระแส ผลที่ได้จะมีลักษณะเดียวกับการทำงานของพุ่ม-พูลคอนเวอร์เตอร์ ยกเว้นค่าแรงดันตกคร่อมขณะทำงานของขดไฟโรมารี่จะมีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของแรงดันที่อินพุต เนื่องจากผลของการต่อตัวเก็บประจุ C1 และ C2 เพื่อแบ่งครึ่งแรงดัน กระแสที่ไหลผ่านขดไฟโรมารี่จึงมีค่าสูง ซึ่งเป็นการจำกัดกำลังงานสูงสุดของคอนเวอร์เตอร์ โดยกำลังสูงสุดที่ฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์สามารถทำได้จะอยู่ในช่วงไม่เกิน 500 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.5 ฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.6 แสดงวงจรฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่ามีเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรทั้งหมดถึง 4 ตัว แต่จะทำงานสลับกันเป็นคู่ ๆ โดย Q1 จะนำกระแสพร้อมกับ Q4 และ Q2 จะนำกระแสพร้อมกับ Q3 กระแสที่ไหลผ่านขดไพรมารีของหม้อแปลงจะมีลักษณะเช่นเดียวกับฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ แต่ข้อได้เปรียบของฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ก็คือ ขณะทำงานที่ขดไพรมารีจะมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับค่าแรงดันอินพุตกระแสที่ไหลผ่านขดไพรมารีจึงมีค่าต่ำกว่า ฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ ทำให้สามารถจ่ายกำลังงานได้สูงกว่า ดังนั้น วงจรสวิตช์ที่ต้องการกำลังงานสูง ๆ ตั้งแต่ 500 วัตต์ ถึง 1000 วัตต์ ทำให้มักนิยมใช้คอนเวอร์เตอร์แบบฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์

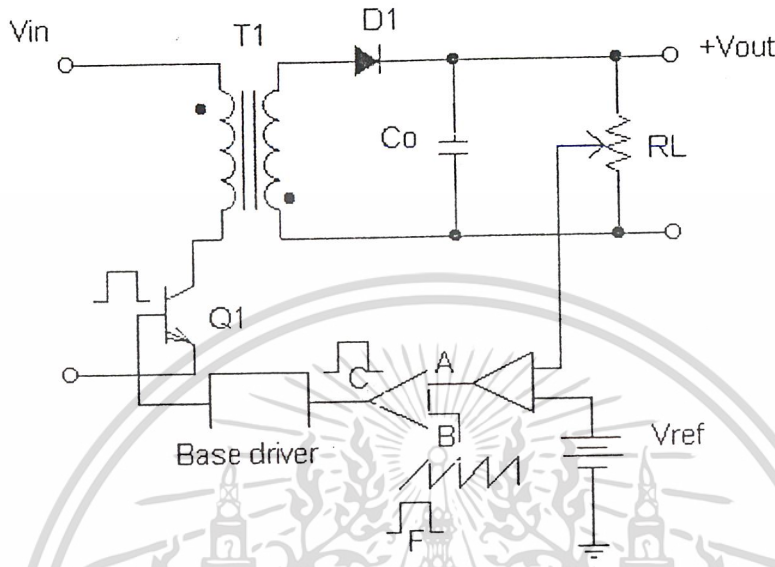
## 2.3 วงจรควบคุม (Controlled Switch Circuit)

วงจรคอนเวอร์เตอร์ทุกแบบ จะคงค่าแรงดันเอาต์พุตได้โดยการควบคุมช่วงเวลาการนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ดังนั้นวงจรควบคุมจะใช้เทคนิคพัลส์วิดท์มอดูเลชันเป็นหลักการใช้เทคนิคพัลส์วิดท์มอดูเลชันเพื่อควบคุมช่วงเวลาในการนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์สามารถทำได้ 2 ลักษณะการทำงานของวงจรควบคุม คือ โหมดควบคุมจากแรงดันและโหมดควบคุมจากกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.1 วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดัน

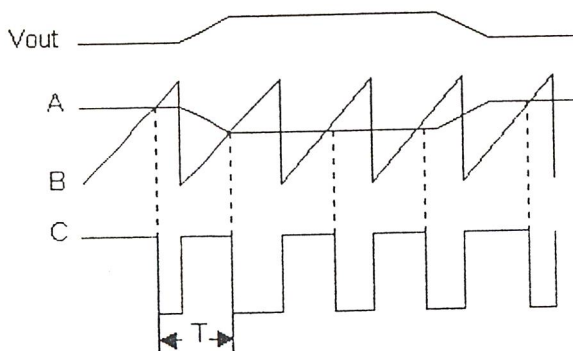
การทำงานของวงจรควบคุมในโหมดนี้ จะอาศัยการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่เอาต์พุตมาทำการควบคุมช่วงเวลาในการนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เพื่อการคงค่าแรงดันเอาต์พุตเป็นหลักวงจรพื้นฐานของวงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดันแสดงดังรูป



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรพื้นฐานในโหมดควบคุมแรงดัน

จากรูปที่ 2.7 วงจรควบคุมอาศัยการป้อนกลับของค่าแรงดันเอาต์พุตนำมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงของวงจรเพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต ค่าความแตกต่างที่ได้จะถูกขยายโดยวงจรขยายความแตกต่าง (E/A) ก่อนที่จะส่งต่อไปยังวงจรพัลส์วิดท์มอดคูเลชั่น โดยค่าแรงดันที่ได้จากวงจรขยายความแตกต่างจะถูกเปรียบเทียบกับแรงดันรูปฟันเลื่อย เอาต์พุตที่ได้จากวงจรพัลส์วิดท์มอดคูเลชั่นจะมีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม ซึ่งมีคาบเวลาคงที่เท่ากับคาบเวลาของแรงดันรูปฟันเลื่อยและมีความกว้างของพัลส์แปรเปลี่ยนไปตามผลของการมอดคูเลชั่น ค่าความกว้างของพัลส์นี้เองจะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาในการนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

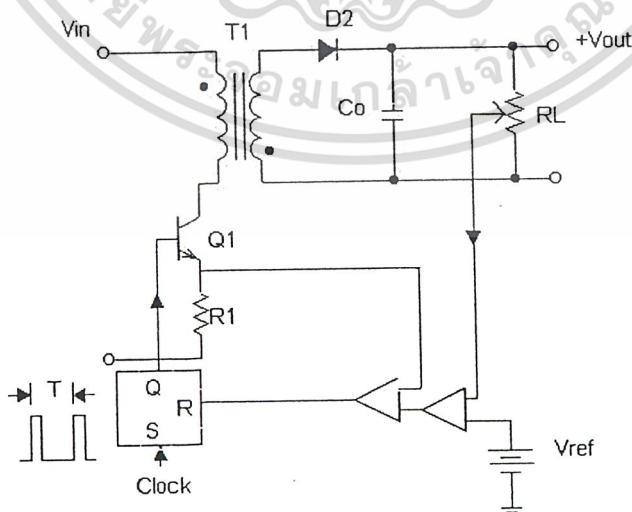


รูปที่ 2.8 แสดงรูปสัญญาณที่จุดต่างๆ ในวงจรควบคุม

เนื่องจากค่าแรงดันป้อนกลับจะถูกส่งมายังวงจรรักษาความแตกต่างที่ขาอินเวอร์ตติ้ง ผลแตกต่างของแรงดันเอาต์พุตและแรงดันอ้างอิงที่จุด A จึงมีลักษณะกลับเฟสอยู่ 180 องศา กล่าวคือ เมื่อแรงดันเอาต์พุตมีค่ามากขึ้นแรงดันที่จุด A จะมีค่าลดลง ความกว้างของพัลส์ที่เอาต์พุตของวงจรรักษาความแตกต่างที่จุด A เล็กลงจึงมีค่าลดลงด้วย และทำให้ช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีค่าลดลงเช่นกัน ถ้าแรงดันเอาต์พุตมีค่าลดลง แรงดันที่จุด A ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น ความกว้างของพัลส์ที่เอาต์พุตของวงจรรักษาความแตกต่างที่จุด A เพิ่มขึ้นจึงมีค่าเพิ่มขึ้นช่วงเวลาการนำกระแสก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นผลให้คอนเวอร์เตอร์สามารถคงค่าแรงดันเอาต์พุตได้

### 2.3.2 วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส

การคงค่าแรงดันเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ด้วยวงจรรักษาความแตกต่างในโหมดควบคุมกระแสมีข้อดีมากกว่าโหมดควบคุมแรงดัน แต่ยังคงใช้เทคนิคพัลส์วิดท์มอดูเลชันเช่นเดียวกัน ดังแสดงวงจรพื้นฐานในรูปข้างล่างนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 แสดงวงจรพื้นฐานของวงจรรักษาความแตกต่างในโหมดควบคุมกระแส

เริ่มแรกพิจารณาว่า เอาท์พุทของวงจรขยายความแตกต่างมีค่าเป็น  $V_{er}$  มีค่าที่เมื่อวงจรทำงานวงจรกำเนิดสัญญาณพิกาสว่างสัญญาณพิกาสว่างที่มีคาบเวลาคงที่ไปกระตุ้นที่ขา S ของวงจรแลตซ์ ขา Q จึงมีสถานะเป็น “1” เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  ก็จะเริ่มนำกระแสทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิและ  $R_s$  ทำให้เกิดแรงดัน  $V_s$  ตกคร่อม  $R_s$   $V_s$  ที่เกิดขึ้นจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับ  $V_{er}$  โดยวงจรเปรียบเทียบ เมื่อค่าของ  $V_s$  มีค่าเพิ่มมากกว่า  $V_{er}$  เอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบจะมีสถานะ “1” และ ไปกระตุ้นขา R ของวงจรแลตซ์ ทำให้ขา Q มีสถานะเป็น “0” และทำให้  $Q_1$  หยุดนำกระแส จนกว่าที่ขา S ของวงจรแลตซ์จะได้รับการกระตุ้นจากสัญญาณพิกาสว่างอีกครั้ง

จะเห็นได้ว่าความกว้างของเอาท์พุทพัลส์ที่ขา Q ของวงจรแลตซ์จะถูกควบคุมโดย  $V_s$  นั้นเอง ถ้าค่าแรงดันอินพุทของวงจรคอนเวอร์เตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น  $V_s$  จะมีค่าเพิ่มมากกว่า  $V_{er}$  ทำให้ความกว้างของเอาท์พุทพัลส์ลดลง ทรานซิสเตอร์นำกระแสน้อยลง ในทางกลับกันถ้าแรงดันเอาท์พุทของคอนเวอร์เตอร์มีค่าลดลง  $V_s$  จะเพิ่มขึ้นได้ซ้ำ ความกว้างของเอาท์พุทพัลส์เพิ่มขึ้น  $Q_1$  ก็นำกระแสเพิ่มมากขึ้นจะเห็นได้ว่าเมื่อโหลดคงที่ คอนเวอร์เตอร์สามารถคงค่าแรงดันเอาท์พุทเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุทได้ โดยไม่ต้องอาศัยการป้อนกลับจากแรงดันเอาท์พุทเลยทำให้คอนเวอร์เตอร์สามารถตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุทได้อย่างรวดเร็ว เมื่อดูจากวงจรรวม คือมีส่วนของวงจรขยายความแตกต่างเมื่อแรงดันเอาท์พุทมีค่าลดลง เอาท์พุทของวงจรขยายความแตกต่าง จะมีค่ามากขึ้น ทรานซิสเตอร์ก็จะนำกระแสมากขึ้นเพื่อให้  $V_s$  มากกว่าแรงดันเอาท์พุทของวงจรขยายความแตกต่างก็จะมีค่าลดลง  $Q_1$  จึงนำกระแสน้อยลง ดังนั้นคอนเวอร์เตอร์จะสามารถคงค่าแรงดันที่เอาท์พุทไว้ได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

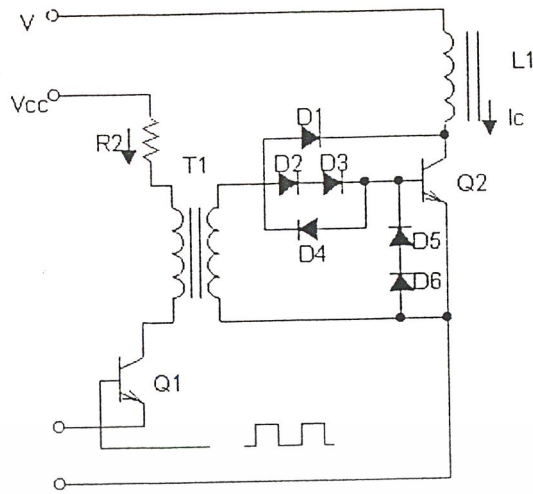
## 2.4 วงจรขับ

### 2.4.1 วงจรขับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

ไบโพลาร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ต้องการกระตุ้นการทำงานโดยการให้กระแสไบแอสที่ขาเบส เพื่อให้สามารถขับและหยุดนำกระแสได้ และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าการลดประจุสะสมที่เกิดขึ้นในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะนำกระแส จะขึ้นอยู่กับลักษณะของกระแสไบแอสที่ให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ดังนั้นการจับวงจรขับกระแสไบแอสที่ถูกต้องจะช่วยลดกำลังงานสูญเสียให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้เช่นกัน

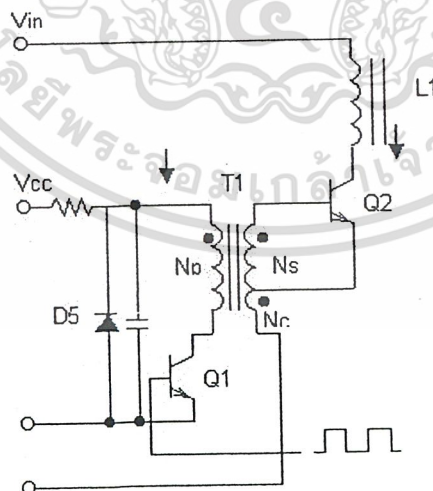
วงจรขับกระแสไบแอสนั้นทำได้ 2 ลักษณะ คือ วงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสคงที่ (Fixed Base Drive) และวงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสเบสเป็นสัดส่วนกับกระแสคอลเล็กเตอร์ (Proportional Base Drive) สำหรับคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์และมีกำลังต่ำกว่า 500 วัตต์ มักนิยมใช้วงจรขับด้วยกระแสคงที่โดยวงจรขับกระแสทำให้กระแสเบสมีค่าคงที่และมากพอที่จะทำให้อุปกรณ์นำกระแสถึงจุดอิ่มตัว แต่วิธีนี้จะเกิดประจุสะสมในทรานซิสเตอร์ขณะนำกระแสค่อนข้างสูงและใช้เวลานานในการหยุดนำกระแส ในขณะที่วงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสเป็นสัดส่วนนั้น ค่ากระแสที่เบสจะขึ้นอยู่กับค่ากระแสที่ไหลผ่านคอลเล็กเตอร์ ประจุสะสมจะเกิดขึ้นน้อยและการหยุดนำกระแสจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่วงจรค่อนข้างยุ่งยากมักใช้กับวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่มีกำลังสูงเท่านั้น

2.4.1.1 วงจรขับกระแสไบแอสโดยใช้หม้อแปลงและเบเกอร์เคลมปี เบเกอร์เคลมปีเป็นวงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสคงที่และจัดให้ไดโอดทำงานร่วมกับทรานซิสเตอร์เพื่อป้องกันการเกิดประจุสะสม เมื่อประจุสะสมเกิดขึ้นน้อยเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จึงหยุดนำกระแสได้อย่างรวดเร็ว การใช้หม้อแปลงในการขับกระแส หม้อแปลงจะเป็นแหล่งจ่ายกระแสสูงให้กับวงจรได้ และเนื่องจากเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต้องการแรงดันคดคร่อมที่ขาเบสและอิมิตเตอร์ประมาณ 1 ถึง 1.8 โวลต์ ดังนั้นหม้อแปลงที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบ 10:1 ถ้ามีแรงดันที่ขดไฟโพรมาที่ค่า 10 ถึง 18 โวลต์ และกระแสเพียง 300 มิลลิแอมป์ หม้อแปลงจะให้กระแสได้ถึง 3 แอมป์ ดังแสดงวงจรในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงวงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสที่ แบบเบเกอร์แคลป์

2.4.1.2 วงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสเป็นสัดส่วนกับกระแสคอลเล็กเตอร์  
เป็นวงจรขับกระแสไบแอสที่นิยมใช้ในคอนเวอร์เตอร์ที่จ่ายกำลังงานสูง ๆ วงจรขับกระแสแบบนี้จะลดช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแส ด้วยการให้กระแสไบแอสเป็นสัดส่วนกับกระแสที่ไหลผ่านคอลเล็กเตอร์เพื่อเป็นการลดประจุสะสมให้น้อยที่สุด ขณะที่มีความดันคร่อมตัวมันต่ำที่สุดขณะนำกระแส จากนั้นจึงให้กระแสไบแอสกลับค่าสูง ๆ เพื่อหยุดการนำกระแสอย่างรวดเร็วต่างจากการใช้เบเกอร์แคลป์ที่ป้องกันไม่ให้เกิดประจุสะสมเกิดขึ้นภายในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้ แต่มีค่าแรงดันคร่อมตัวมันสูงขณะนำกระแส ดังแสดงวงจรในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงวงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสเป็นสัดส่วนกับกระแสคอลเล็กเตอร์

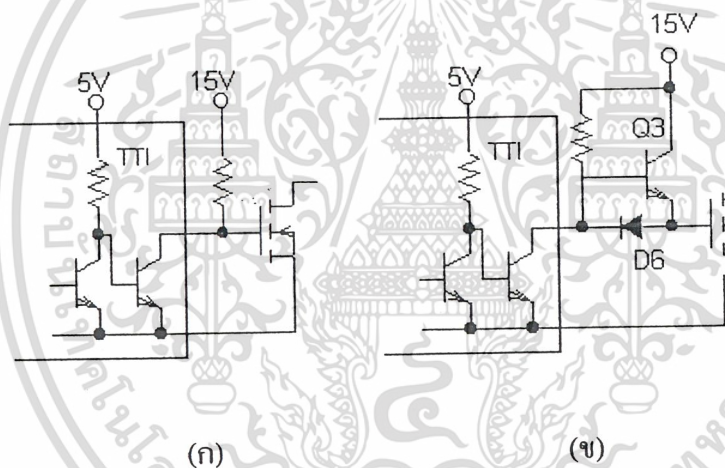
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4.2 วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต

การขับเพาเวอร์มอสเฟต ให้นำกระแสที่แตกต่างจากการขับกระแสไบแอส ในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ สำหรับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์กระแสไหลผ่านคอลเล็กเตอร์และอีมิเตอร์ ได้ก็ต่อเมื่อมีกระแสไบแอสไหลผ่านที่เบสและอีมิเตอร์ แต่เพาเวอร์มอสเฟตจะมีกระแสไหลผ่านเดรนและซอร์ส ได้ก็ต่อเมื่อแรงดันคร่อมที่ขาเกตและซอร์สมีค่าอย่างต่ำเท่ากับค่าแรงดันขีดเริ่ม (Threshold Voltage) แต่ใช้กระแสต่ำ การขับเพาเวอร์มอสเฟต ให้นำกระแสจึงทำได้ง่ายและยุ่งยากน้อยกว่าเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มาก

### 2.4.2.1 วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วย TTL

การขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วย ไอวี TTL โดยตรงนั้นสามารถทำได้แต่ไอซี TTL มีขีดจำกัดในการจ่ายกระแสและรับกระแสที่เอาท์พุท ซึ่งมีผลต่อความเร็วในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์มอสเฟตและทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียสูงได้ การต่อวงจรขับชนิดนี้จึงจำเป็นต้องเพิ่มตัวอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อช่วยในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์มอสเฟตเป็นไปอย่างรวดเร็ว



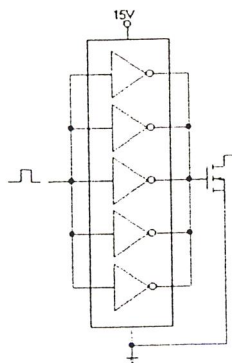
รูปที่ 2.12 แสดงการขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยไอซี TTL แบบต่างๆ

รูปที่ 2.12 (ก) แสดงวงจรขับด้วยไอซี TTL ที่มีเอาท์พุทเป็นแบบคอลเล็กเตอร์เปิด การต่อพูลอ์ฟริซิสเตอร์เข้าช่วย เพื่อให้มีแรงดันสูงพอที่จะขับเพาเวอร์มอสเฟตให้ทำงานและการหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟตเป็นไปได้อย่างเร็วขึ้น แต่ความเร็วขณะเริ่มนำกระแสยังมีค่าจำกัดอยู่เนื่องจากกระแสยังถูกจำกัดด้วยพูลอ์ฟริซิสเตอร์

รูปที่ 2.12 (ข) ทรานซิสเตอร์จะช่วยในการจ่ายกระแสได้มากขึ้นทำให้ความเร็วในการนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟตดีขึ้น และลดกำลังสูญเสียในตัว ไอซี TTL ด้วย และวงจรจะเพิ่มทรานซิสเตอร์เข้ามามีอีกหนึ่งตัวเพื่อให้การคายประจุที่ขาเกตเป็นไปอย่างรวดเร็วและทำให้ความเร็วขณะเอ็กซิตเป็นเอ็กซิตสูงจนไวสำหรับการใช้งาน เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เริ่มหยุดนำกระแสเป็นไปได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.2.2 วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยไอซี CMOS

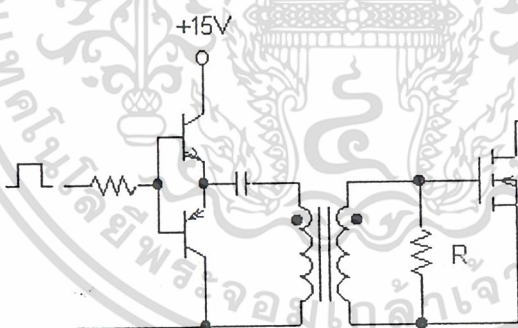


รูปที่ 2.13 แสดงการขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยไอซี CMOS

เพาเวอร์มอสเฟตสามารถต่อโดยตรงเข้ากับไอซี CMOS ได้ ในส่วนเอาต์พุตของไอซี CMOS จะเป็นเฟตต่อกันในลักษณะคอมพลิเมนต์ารี ซึ่งสามารถทำงานได้ที่แรงดันไฟเลี้ยงตั้งแต่ 3 ถึง 8 โวลต์ โดยทั่วไปจะใช้ 12 ถึง 15 โวลต์ เพื่อให้เหมาะสมในการขับเพาเวอร์มอสเฟต

สำหรับการขับเพาเวอร์มอสเฟตที่ต้องนำกระแสสูง ๆ การต่อ CMOS ในลักษณะขนานกันจะสามารถเพิ่มกระแสที่ขาเกต และทำให้ความเร็วในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์มอสเฟตเป็นไปได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

### 2.4.2.3 วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยหม้อแปลง



รูปที่ 2.14 แสดงวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยหม้อแปลง

ในกรณีของคอนเวอร์เตอร์แบบฮาล์ฟบริคจ์และฟูลบริคจ์ วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตตัวบนและตัวล่างจะต้องมีการแยกกราวด์ออกจากกัน จึงจำเป็นต้องใช้หม้อแปลงหรือในกรณีที่ต้องการขับเพาเวอร์มอสเฟตมากกว่า 1 ตัว พร้อมกันก็อาจต้องใช้หม้อแปลงช่วย

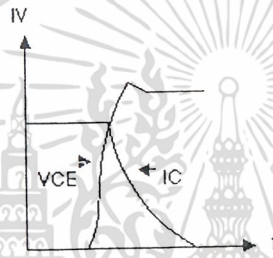
การต่อหม้อแปลงพัลส์เข้ากับขาเกตและวงจรควบคุมโดยตรงอาจเกิดปัญหาการเลือนระดับของแรงดันเอาต์พุตที่หม้อแปลง และอาจมีปัญหาในการทำงานของเพาเวอร์มอสเฟตได้ การต่อวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยหม้อแปลงจึงควรทำในลักษณะดังรูปที่ 2.14

## 2.5 วงจรสับเบอ (Snubber Network)

วงจรสับเบอ เป็นส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาในวงจรคอนเวอร์เตอร์ เพื่อลดการเกิดกำลังสูญเสียและป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรขณะที่ทำงานปกติ วงจรสับเบอนี้ อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ วงจรสับเบอช่วงหยุดนำกระแส และสับเบอป้องกันแรงดันเกิน วงจรสับเบอทั่วไปจะประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ โคโอดเรียกว่าวงจร RCD สับเบอ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

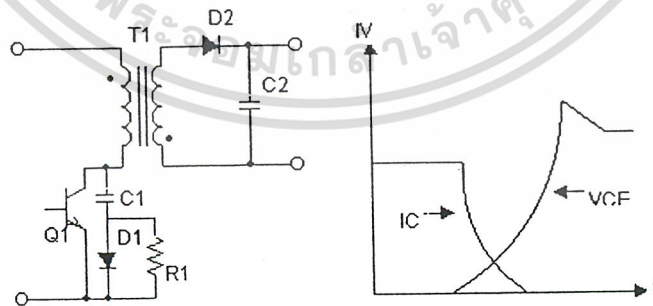
### 2.5.1 วงจรสับเบอช่วงหยุดนำกระแส

ในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะทำให้เกิดการสูญเสียกำลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะเริ่มหยุดนำกระแส ก่อนที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะหยุดนำกระแส นั้น กระแสจะลดลงอย่างช้าๆ ในขณะที่แรงดันเพิ่มขึ้นสู่ค่าแรงดันอินพุทอย่างรวดเร็ว ดังรูป 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะกระแสและแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์

เพื่อลดการสูญเสียในช่วงนี้สามารถทำได้โดยต่อวงจรสับเบอเข้ากับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เพื่อควบคุมแรงดันตกคร่อมที่คอลเล็กเตอร์และอิมิตเตอร์ให้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งกระแสที่ไหลผ่านตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ลดลงได้ทันกัน ซึ่งจะทำให้กำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำ ลักษณะการต่อวงจรสับเบอสามารถทำได้ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรสับเบอช่วงหยุดนำกระแส

เอกสารนี้การทำงานของวงจรสับเบอช่วงเริ่มหยุดนำกระแสจะเป็นไปได้ดังนี้คือเมื่อเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  เริ่มหยุดนำกระแส แรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้กระแสบางส่วนไหล

ผ่านตัวเก็บประจุ  $C_1$  และไดโอด  $D_1$  ของวงจรสับเบรอร์ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม  $C_1$  ด้วย แรงดันที่ตกคร่อม  $C_1$  จะทำให้แรงดันที่คอลเล็กเตอร์ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ดังนั้นถ้าให้  $C_1$  มีค่ามากพอ การเพิ่มขึ้นของแรงดันที่คอลเล็กเตอร์ก็จะถูกหน่วงออกไปเพื่อให้กระแสที่ไหลผ่านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ลดลงจนมีค่าน้อยๆ ได้ทันกัน และจะลดการเกิดกำลังสูญเสียในตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้

ขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มนำกระแสอีกครั้ง  $C_1$  และคายประจุผ่านตัวต้านทาน  $R_1$  ที่ทิ้งไป แรงดันตกคร่อม  $C_1$  ก็จะลดลงค่าได้อีกครั้งและสามารถทำงานได้ในช่วงต่อไป ค่าของ  $C_1$  และ  $R_1$  ที่เหมาะสมหาได้จาก

$$C_1 = \frac{(I_p \times t_{on} \pi)}{2 \times V_{in}}$$

$$R_1 = \frac{t_{on}(\text{min})}{2 \times 3 \times C_1}$$

เมื่อ	$I_p$	คือ	ค่ากระแสสูงสุดขณะเริ่มหยุดนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์
	$V_{in}$	คือ	ค่าแรงดันอินพุทของวงจรคอนเวอร์เตอร์
	$T_{on}$	คือ	ช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์
	$T_{off}$	คือ	ช่วงเวลาหยุดนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

การคายประจุของ  $C_1$  ทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียในตัว  $R_1$  ดังนั้นตัวต้านทาน  $R_1$  จะต้องทนกำลังได้สูง โดยกำลังสูญเสียใน  $R_1$  หาได้จาก

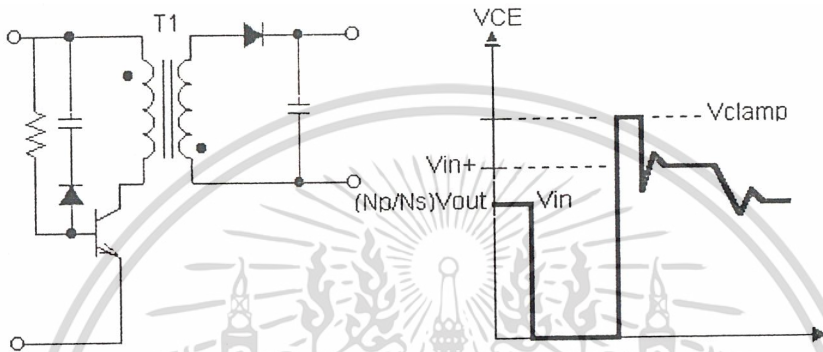
$$P_d = \frac{C_1 (2V_{in})^2}{2T}$$

เมื่อ  $T$  คือ คาบเวลาการทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.2 วงจรสับเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน

ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มักมีสาเหตุที่เกิดมาจากการทำงานเกินพิกัด ปลอดภัย RBSOA แรงดันสไปค์ขณะหยุดนำกระแส โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฟลายแบคและฟอร์เวิร์ดคอนเวอเตอร์ มักทำให้ค่าของแรงดันที่ตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะเริ่มหยุดนำกระแสมีค่าสูงเกินค่าแรงดันสูงสุดที่มันจะทนได้ และเกิดการเสียหายขึ้น วงจรสับเบอร์ป้องกันแรงดันเกินจึงมีหน้าที่ป้องกันค่าแรงดันสไปค์ที่เกิดขึ้นไม่ให้เกินค่าความปลอดภัยของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ การต่อวงจรสับเบอร์สามารถต่อได้ดังรูป 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงวงจรสับเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน

การทำงานของวงจรสับเบอร์ป้องกันแรงดันเกินเป็น ดังนี้คือ ในขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มหยุดนำกระแส ตัวเก็บประจุ C จะถูกชาร์จประจุผ่านไดโอด D จากค่าแรงดันสไปค์ค่าของ R1 จะทำให้แรงดันตกคร่อม C มีค่าต่ำกว่าแรงดันสไปค์ และมีค่าคงที่ตลอดช่วงของการเกิดแรงดันสไปค์ ค่าแรงดันสูงสุดที่คอลเล็กเตอร์จะเกิดสไปค์จึงถูกกั้นไว้ด้วยแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ C และเนื่องจากแรงดันสไปค์จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น ๆ ดังนั้นขณะที่แรงดันสไปค์มีค่าต่ำลง C จะคายประจุออกมาผ่านตัวต้านทาน R แรงดันตกคร่อมที่คอลเล็กเตอร์จะกลับสู่ค่าแรงดันตามการทำงานปกติ

วงจรสับเบอร์นี้ทำงานโดยการถ่ายเทพลังงานสะสมในตัวเหนี่ยวนำแรงแงออันเป็นตัวทำให้เกิดแรงดันสไปค์ไปไว้ที่ตัวเก็บประจุ C แทน นั่นคือ

$$\frac{1}{2} C V_e^2 = \frac{1}{2} L_i I_p^2$$

เนื่องจาก  $V_c$  จะมีค่าได้ไม่เกิน  $V_{ceo} - V_{clamp}$  ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C = \frac{L_i I_p^2}{(V_{ceo} - V_{clamp})^2}$$

เมื่อ	$L_i$	คือ	ค่าความเหนี่ยวนำแฝงที่เกิดจากฟลักซ์รั่วของขดไพรมารี
	$I_p$	คือ	ค่ากระแสสูงสุดขณะเริ่มหยุดนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์
	$V_{ceo}$	คือ	อัตราทนแรงดันตกคร่อมสูงสุดของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์
	$V_{clamp}$	คือ	ค่าแรงดันสูงสุดที่ยอมให้เกิดได้เมื่อเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มหยุดนำกระแส

ค่าของตัวต้านทาน R หาได้จาก

$$R = \frac{t_{off(min)}}{2 * 3 * C}$$

ค่ากำลังสูญเสียใน R สามารถหาได้จาก

$$P_d = \frac{[(1/2)L_i I_p^2]}{T}$$

เมื่อ	T	คือ	คาบเวลาการทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์
	$T_{off}$	คือ	ช่วงเวลาหยุดนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

## 2.6 อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

เนื่องจากวงจรคอนเวอร์เตอร์มีการทำงานในช่วงความถี่ตั้งแต่ 20 กิโลเฮิรตซ์ขึ้นไป และมีการสูญเสียกำลังงานทั้งในขณะนำกระแสและขณะที่เปลี่ยนสถานะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการทำงานอยู่ในย่านแรงดันสูง ยิ่งทำให้เกิดการสูญเสียมากขึ้น เพราะฉะนั้นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ใช้อยู่ในวงจรคอนเวอร์เตอร์ควรจะต้องมีทั่วไปคือ มีค่าแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสต่ำ มีช่วงเวลาที่ตัวสั้น และสามารถทนกำลังได้สูง ซึ่งรายละเอียดของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ใช้ในวงจรคอนเวอร์เตอร์ มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.1 ฟาสต์-รีคัพเวอร์และอูลตราฟาสต์-รีคัพเวอร์ไดโอด

ฟาสต์-รีคัพเวอร์ไดโอดมีช่วงเวลากั้นตัวประมาณ 200 ถึง 750 นาโนวินาที ซึ่งสั้นกว่าซิลิกอนไดโอดมาก และฟาสต์-รีคัพเวอร์ไดโอดมีอัตราทนแรงดันไบแอสกลับได้สูงถึง 1000 โวลต์ ส่วนอูลตราฟาสต์-รีคัพเวอร์ไดโอดไดโอดจะมีช่วงเวลากั้นตัวประมาณ 25 ถึง 100 นาโนวินาที และมีอัตราทนแรงดันไบแอสกลับได้สูงถึง 1000 โวลต์เช่นเดียวกัน แรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสของไดโอดทั้งสองชนิดมีค่าอยู่ใกล้เคียงกันคือ ประมาณ 0.6 ถึง 1.5 โวลต์

### 2.6.2 ซอตต์กีไดโอด

ซอตต์กีไดโอดมีค่าแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสค่อนข้างต่ำ ประมาณ 0.5 โวลต์ จึงเหมาะสมกับคอนเวอร์เตอร์ที่มีค่าแรงดันเอาต์พุตต่ำ ๆ และกระแสสูง เนื่องจากลักษณะโครงสร้างภายในที่แตกต่างจากฟาสต์-รีคัพเวอร์และอูลตราฟาสต์-รีคัพเวอร์ไดโอด ซอตต์กีไดโอดจะไม่เกิดประจุสะสมภายในตัวมันขณะนำกระแส ช่วงเวลากั้นตัวของซอตต์กีไดโอดจึงมีค่าสั้นมาก โดยมีค่าน้อยกว่า 10 นาโนวินาที และอาจถือได้ว่าซอตต์กีไดโอดไม่มีกำลังสูญเสียในช่วงนี้เลยก็ได้

ซอตต์กีไดโอดมีข้อเสียอยู่ 2 ประการ คือ ซอตต์กีไดโอดมีอัตราทนแรงดันไบแอสกลับสูงสุดมีค่าน้อย และมีกระแสรั่วไหลสูง ยังมีปัญหาเมื่อนำมาใช้งานจะให้ทรานซิสเตอร์ขณะเริ่มนำกระแสสูง

### 2.6.3 เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในวงจรคอนเวอร์เตอร์จะการทำงานในลักษณะสวิตช์และมีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งผลที่ได้จะแตกต่างจากโหลดที่มีลักษณะเป็นตัวต้านทาน เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งในการเปลี่ยนสถานะของตัวมันเมื่อจะเริ่มนำกระแสและเมื่อจะหยุดนำกระแส รวมทั้งเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ยังมีแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสอีกด้วย การเปลี่ยนสถานะและแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสทำให้เกิดกำลังสูญเสียในรูปของความร้อน (Power Dissipation) ขึ้นที่ตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ แต่ก็ยังมีข้อเสียคือ มีอัตราทนแรงดันตกคร่อมสูงและราคาสูงกว่า ทั้งยังมีการพัฒนาให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ทำงานเร็วขึ้นเพื่อให้สามารถใช้งานในย่านความถี่สูง ๆ และลดกำลังงานสูญเสีย

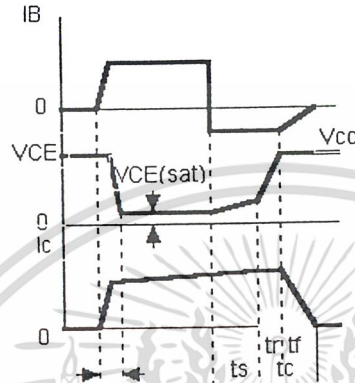
กำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นมี 2 ลักษณะคือ ขณะเปลี่ยนสถานะ และในขณะที่นำกระแสอยู่ในช่วงอิมิตัว สำหรับการสูญเสียในการเปลี่ยนสถานะจะเกิดกำลังงานสูญเสียมากที่สุดขณะที่เริ่มหยุดนำกระแสเป็นส่วนใหญ่

เมื่อเริ่มให้กระแส ไบแอสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ กระแสคอลเล็กเตอร์ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่แรงดันตกคร่อมคอลเล็กเตอร์และอีมีตเตอร์ ( $V_{ce}$ ) จะยังคงมีค่าเท่ากับ  $V_{cc}$  และจะใช้เวลาช่วงหนึ่งคือ  $t_{on}$  เพื่อลดค่าแรงดันลงมาเป็น  $V_{ce(sat)}$  ดังรูปข้างล่าง กำลังสูญเสียจะเกิดขึ้นในช่วงเวลา  $t_{on}$  นี้เนื่องจากเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงขณะมีกระแสไหล อย่างไรก็ตาม ช่วงเวลา  $t_{on}$  นี้ค่อนข้างสั้นและกระแสเริ่มต้นที่ไหลผ่านมักมีค่าต่ำ กำลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูญเสียขณะเริ่มนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในช่วงนี้จึงมีค่าต่ำ เมื่อหยุดให้กระแสไบแอสและป้อนกระแสไบแอสกลับให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เพื่อหยุดการนำกระแสเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะยังคงนำกระแสต่อไปอีกเป็นเวลา  $t_s$  ซึ่งเป็นผลจากการเกิดประจุสะสมขึ้นในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะนำกระแส ช่วงเวลานี้  $t_s$  เรียกว่าช่วงเวลาสะสม (Storage Time) และขณะช่วงเวลา  $t_s$  นี้ แรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะเริ่มเพิ่มขึ้นและเกิดกำลังงานสูญเสียมากกว่าเมื่อมันนำกระแสขณะมีกระแสไบแอสอยู่



รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของกระแสแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

จากนั้นแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ยังคงนำกระแสอยู่ในช่วงเวลา  $t_r$  (Voltage Rise Time) เมื่อประจุสะสมในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มลดลง กระแสที่คอลเล็กเตอร์จะเริ่มลดลงและใช้เวลาเท่ากับ  $t_f$  (Current Fall Time) เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จึงหยุดนำกระแส จะเห็นได้ว่ากำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในช่วงเวลา  $t_r$  และ  $t_f$  จะมีค่าสูงและเป็นช่วงที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เกิดกำลังงานสูญเสียมากที่สุดขณะทำงาน ช่วงเวลา  $t_r+t_f$  จะเรียกว่า ช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแส (Turn Off Time) กำลังงานสูญเสียในขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มหยุดนำกระแสนั้นอาจประมาณได้จาก

$$P_{d(sw)} = \frac{0.5V_{cc}I_{pk}t_c}{T}$$

เมื่อ	$P_{d(sw)}$ คือ	กำลังงานสูญเสียขณะเริ่มหยุดนำกระแส
	$V_{cc}$ คือ	แรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์และหยุดนำกระแส
	$I_{pk}$ คือ	ค่ากระแสสูงสุดเมื่อเริ่มหยุดนำกระแส
	$T_c$ คือ	ช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแส
	$T$ คือ	คาบเวลาการทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

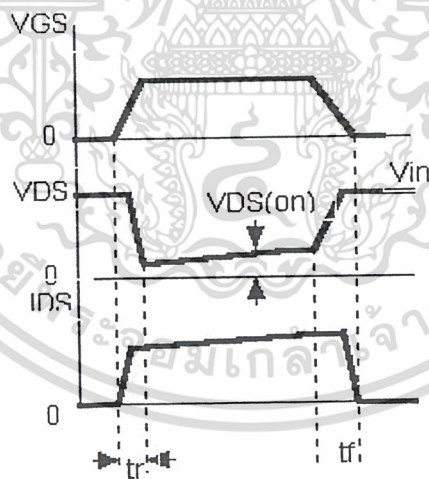
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้เฉพาะในโครงการวิจัยเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำให้กำลังสูญเสียขณะเริ่มหุคนำกระแสมีค่าน้อยที่สุดจะทำให้การใช้งานเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุด และลดความร้อนที่เกิดกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะทำงาน

#### 2.6.4 เพาเวอร์มอสเฟต

เพาเวอร์มอสเฟต สามารถทำงานได้มีที่ความถี่สูงตั้งแต่ 50 กิโลเฮิร์ต ไปจนถึงประมาณ 400 กิโลเฮิร์ต เนื่องจากมันใช้เวลาในการเปลี่ยนสถานะค่อนข้างสั้น ซึ่งจะเป็นผลดีในการลดขนาดของคอลลีกเวอร์เตอร์ ในส่วนวงจรขับของเพาเวอร์มอสเฟตนั้นสามารถทำได้ง่าย โดยขับเพาเวอร์มอสเฟตให้ทำงานได้จากไอซีควบคุมแบบพัลส์วิดมอดคูลเลชัน โครงสร้างของเพาเวอร์มอสเฟตที่จะใช้ในวงจรคอลลีกเวอร์เตอร์มีทั้งแบบ N-ch และแบบ P-ch ทำงานในลักษณะพุช-พูล หรือทำงานเพียงตัวเดียว ซึ่งโดยส่วนมากจะใช้ N-ch เพราะสามารถทำงานได้ที่ความถี่สูงกว่า P-ch

กำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นกับเพาเวอร์มอสเฟตขณะทำงาน จะเป็นไปได้ทั้งในขณะที่เปลี่ยนสถานะและกำลังสูญเสียขณะนำกระแสแต่เพาเวอร์มอสเฟตจะมีช่วงเวลาเริ่มนำกระแส และช่วงเลาเริ่มหุคนำกระแสที่สั้นกว่าเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มาก เพราะเพาเวอร์มอสเฟตจะไม่มีประจุสะสมเกิดขึ้น แต่เพาเวอร์มอสเฟตจะมีค่าความต้านทานขณะนำกระแสสูงมาก จึงมีการสูญเสียสูงกว่า เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มาก รูปคลื่นแสดงลักษณะของกระแสและแรงดันคร่อมทรานซิสเตอร์ขณะนำกระแสแสดงดังรูป 2.19



รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันคร่อมทรานซิสเตอร์ขณะนำกระแส

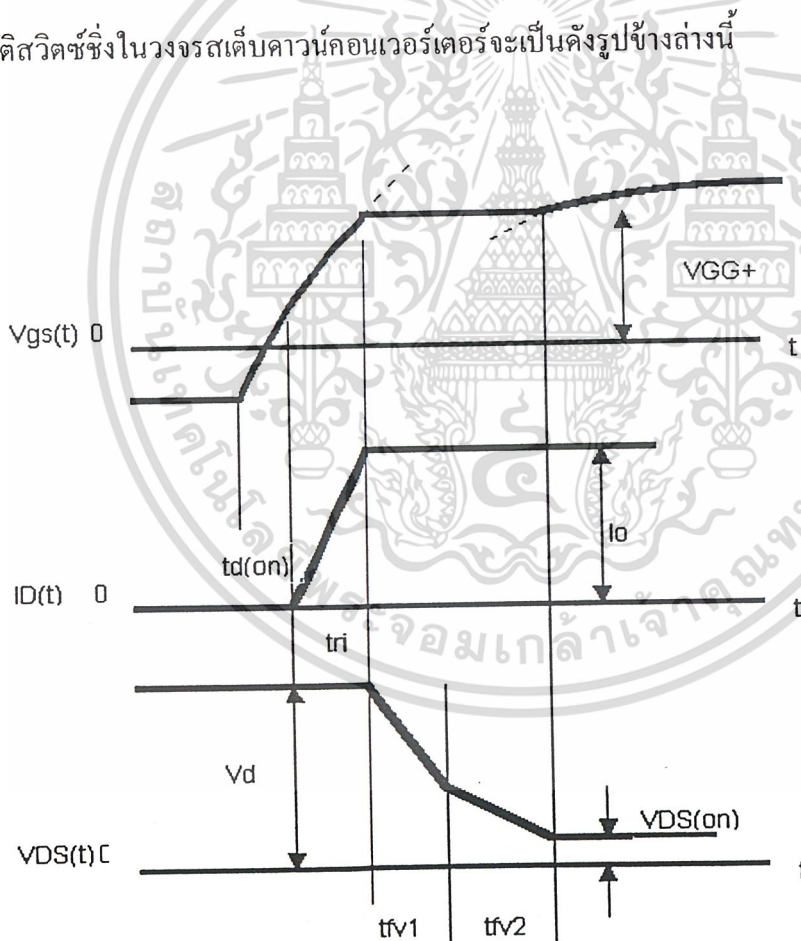
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6.5 ไอจีบีที

ไอจีบีที (Insulated Gate Bipolar Transistor) เมื่อพิจารณาในอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์กำลังมีค่า Conduction ต่ำเวลาในการสวิตช์ซึ่งช้า และมีศักดาพังทะลายกำลังมีค่า  $V_{BO}$  สูงและสามารถเกิดศักดาพังทะลายครั้งที่ 2 ได้เมื่ออุปกรณ์มีอุณหภูมิสูงขึ้น สำหรับมอสเฟต กำลังจะมีค่า Conduction สูงซึ่งขึ้นกับค่าของ (RDS) เวลาในการสวิตช์ซึ่งเร็ว แต่มีศักดาพังทะลาย  $V_{BO}$  ต่ำ ดังนั้น IGBT กำลังจึงพัฒนา ข้อดีของ BJT+MOSFET รวมกันเป็นอุปกรณ์ขึ้น สำหรับคุณสมบัติทางไฟฟ้า  $I_D, V_{DS}$  จะเหมือนกับทรานซิสเตอร์แต่ใช้ศักดาไบอาน  $V_{gs}$  โดยอุปกรณ์เริ่มทำงานเมื่อ  $V_{gs} > V_T$

$$V_{DS(on)} = V_{jt} + V_{drift} + I_D R_{channel}$$

คุณสมบัติสวิตช์ซึ่งในวงจรสแต็บคาว์นก่อนเวอร์เตอร์จะเป็นดังรูปข้างล่างนี้



รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะขณะแรงดัน และกระแสในสถานะ turn on ของ IGBT

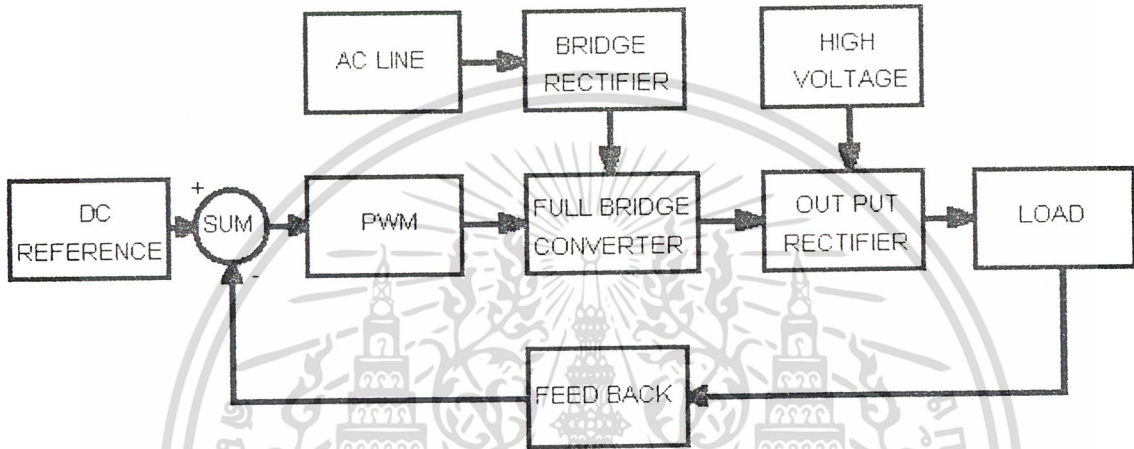
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับบริการวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

## หลักการทํางาน

ส่วนประกอบของภาคสวิตซ์ซึ่งกําลังในเครื่อง Plasma Arc Cutting มีอยู่ 3 ส่วนหลักคือ ส่วนที่เป็น Pulsewidth modulation ,Convertor และ high voltage

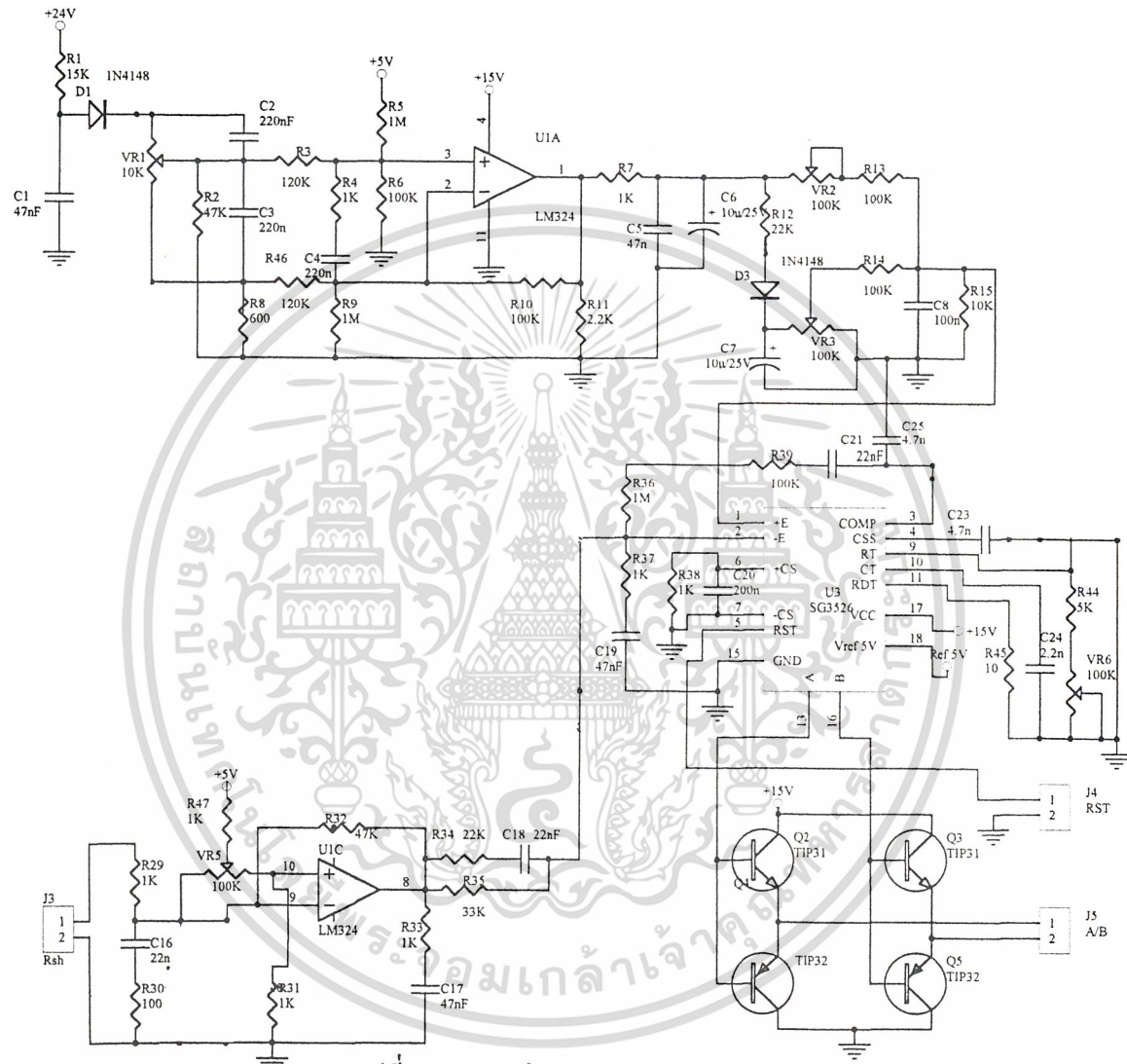


รูปที่ 3.1 แสดง BLOCK DIAGRAM ของเครื่อง SWITCHING POWER SUPPLY

### 3.1 ส่วนวงจรควบคุม

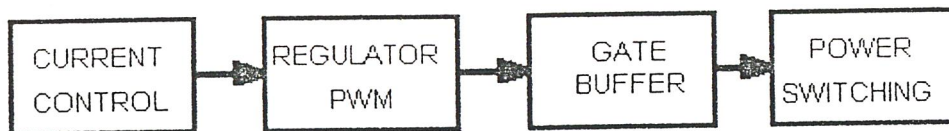
ส่วนที่เป็นวงจรควบคุมจะประกอบด้วย วงจรป้อนกลับโดยการเปรียบเทียบแรงดันและกระแสจากทางด้านเอาต์พุต ส่งเป็นข้อมูลให้กับ ไอซี SG 3526 เพื่อทำการควบคุมความกว้างของพัลส์ แล้วผ่านวงจรขับไปยัง INVERTOR ต่อไปซึ่งมีรายละเอียดการทํางานดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงส่วนวงจรควบคุม

วงจรในส่วนนี้มีหน้าที่ควบคุมการสวิตช์ของเพาเวอร์มอสเฟต สามารถแบ่งได้เป็นส่วน ๆ ดังนี้



รูปที่ 3.3 แสดง BLOCK DIAGRAM ของภาคควบคุม PWM

แต่ละส่วนก็มีหน้าที่ที่แตกต่างกันไปดังนี้

### 3.1.1 CURRENT CONTROL

ชุดควบคุมกระแส เป็นชุดที่รับค่าจากตัวตรวจจับมาเป็นตัวจำกัดกระแสชุดควบคุมชุดนี้ประกอบด้วย COMPARATOR ซึ่งหลักของ COMPARATOR ก็จะมีการตั้ง VOLTAGE REFERENCE ไว้ แล้วอีกขาหนึ่งเป็นขาอินพุตที่รับค่ามาเปรียบเทียบกับขา REFERENCE ในที่นี้คือได้ค่า VOLTAGE REFERENCE ไว้ค่า ๆ หนึ่ง แล้วถ้าอินพุตที่เข้ามามีค่ามากกว่าก็จะทำให้ชุดนี้ทำงาน แล้วรับค่า comparator ไปป้อนให้กับชุด PWM ค่านี้จะเป็นค่าคงที่คือเป็น VOLTAGE คงที่มีค่าประมาณ 5 VOLT

### 3.1.2 PULSE WIDTH MODULATION

ในการทำงานของภาคนี้จะใช้คุณสมบัติของ IC เบอร์ SG3526 ของ บริษัท MOTOROLA ทำการสร้างความกว้างพัลส์ซึ่งขออธิบายการทำงานและคุณสมบัติต่าง ๆ ของตัว IC ดังต่อไปนี้

ขา 1,2 จะใช้สำหรับรับข้อมูลที่เป็นค่าแรงดัน จากการป้อนกลับ และการเซตค่าเข้ามายังขาอินเวอร์ตติ้ง และนอนอินเวอร์ตติ้ง ของวงจรขยายความผิดพลาดภายในไอซี ซึ่งค่าแรงดันที่ได้นี้จะไปยังวงจรพัลส์มอดคูเลชัน เพื่อที่ปรับค่าความกว้างของพัลส์ให้เปลี่ยนไปตามข้อมูลแรงดันอินพุต

ขา 3 เป็นขาที่ใช้สำหรับชดเชยกับวงจรขยายในกรณีเปิดลูป โดยการต่อค่าตัวเก็บประจุลงกราวด์หรือปรับตั้งค่าอัตราขยายให้กับวงจรขยายความผิดพลาด โดยการต่อร่วมกันกับขา 2

ขา 4 เป็นขาที่ใช้สำหรับต่อตัวเก็บประจุเพื่อหน่วงเวลาในการเริ่มนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟตเพื่อให้ได้การทำงานในลักษณะ Soft Start

ขา 5 เป็นขา รีเซ็ต เพื่อการเริ่มต้นทำงานที่ถูกต้องตรงจังหวะอีกครั้ง หลังจากการชัตดาวน์ (Shutdown) ซึ่งจะสังเกตได้ว่า ขารีเซ็ตจะต่ออยู่กับขาชัตดาวน์ ดังนั้นจะเกิดการรีเซ็ตทุกครั้งหลังจากการชัตดาวน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 6,7 เป็นขาเคอร์เรนท์ เซนส์ (Current Sense) ทำหน้าที่รับค่ากระแสจากหม้อแปลงกระแส (Current Transformer) ทำหน้าที่คอยตรวจจับกระแสเอาท์พุท ด้วยวงจรเปรียบเทียบความเร็วสูง เมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น วงจรเปรียบเทียบก็จะส่งเอาท์พุทไปทำการชั้ดควาน์ทันที เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับวงจร

ขา 8 เป็นขาที่ใช้สำหรับสั่งชั้ดควาน์จากวงจรภายนอก โดยการป้อนลอจิก "0"

ขา 9 เป็นขาที่ต่อกับ  $R_t$  เพื่อที่จะกำหนดค่ากระแสให้กับหน่วยกำเนิดกระแสแสดงที่ภายใน ให้มีค่ากระแสที่เหมาะสมเพื่อให้ออสซิลเลเตอร์กำเนิดสัญญาณ (Oscillator) มีเสถียรภาพอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1 ถึง 400 กิโลเฮิรท์

ขา 10 เป็นขาที่ต่อกับตัวเก็บประจุ  $C_t$  เพื่อที่จะกำหนดค่าความถี่ให้กับวงจรกำเนิดสัญญาณ

ขา 11 เป็นขาที่ใช้สำหรับกำหนดค่าเวลาหยุดนำกระแส (Dead Time) โดยการต่อตัวต้านทาน  $R_d$  ลงกราวด์ โดยสามารถกำหนดค่า  $R_d$  ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 22 โอห์ม ซึ่งจะให้ค่าเวลาหยุดนำกระแสอยู่ในช่วง 1.5 ถึง 9.7 ไมโครเซค

ขา 12 เป็นขาสัญญาณที่ออกจากวงจรกำเนิดสัญญาณ ค่อยออกมายังภายนอกเพื่อเป็นประโยชน์กับวงจรอื่นที่ต่อร่วมที่ต้องการมีคาบเวลาเดียวกัน เพื่อให้เกิดการทำงานที่พร้อมกัน (Synchroniztion)

ขา 13,16 เป็นขาเอาท์พุทพัลส์ A และ B ตามลำดับ โดยพัลส์ที่ออกจากเอาท์พุททั้งสองจะมีเฟสต่างกัน 180 องศา พัลส์ที่ได้จะถูกนำไปขับวงจรคอนเวอร์เตอร์ต่อไป สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 250 มิลลิแอมป์

ขา 14 เป็นขาที่รับแรงดันไฟเลี้ยงสำหรับส่วนเอาท์พุทภายใน ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อกันแบบคอมพลีเมนต์ารี อันที่จริงสามารถใช้ร่วมกับไฟเลี้ยงไอซีขา 17 ก็ได้

ขา 15 เป็นขากราวด์ของไอซี

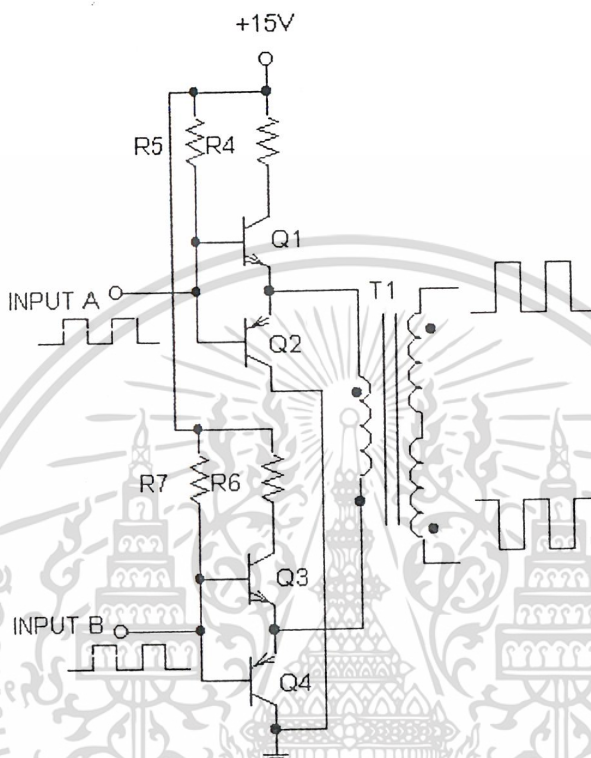
ขา 17 เป็นขาที่รับแรงดันไฟเลี้ยงจากภายนอกทำการเลี้ยงวงจรภายในไอซี โดยผ่านวงจรสร้างค่าแรงดันอ้างอิง (5V) ก่อน เพื่อให้ไอซีทำงานอย่างคงที่

ขา 18 เป็นขาเอาท์พุทของวงจรกำเนิดแรงดันอ้างอิงภายในไอซี เพื่อที่จะนำแรงดันอ้างอิงนี้ไปใช้กับวงจรภายนอกเพื่อให้มีค่าแรงดันอ้างอิงค่าเดียวกัน โดยสามารถจ่ายกระแสได้สูงสุดประมาณ 50 มิลลิแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.3 GATE BUFFER

ในการทำงานในภาคนี้จะใช้ ตัวทรานซิสเตอร์ต่อแบบคอมพลีเมนต์จำนวน 2 ชุด เมื่อป้อน สัญญาณพัลส์ในช่วงบวกและลบให้กับหม้อแปลงคัปปลิ่ง เพื่อส่งผ่านพลังงานไปขับ MOSFET ในวงจร CONVERTOR ต่อไป และเพื่อแยกกราวด์ กับวงจรในส่วนของการคอนโทรลด้วย ซึ่งมีความปลอดภัยขึ้นเมื่อเกิดความเสียหายในวงจรภาค POWER SWITCHING



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรขับสัญญาณให้กับขา GATE ของ POWER MOSFET

โดยการทำงานนั้นอธิบายได้ดังนี้ Out put จาก IC SG3526 ขา 13 และ 16 นั้น จะกลับเฟสกันอยู่ 180 องศา ดังนั้น การทำงานจากรูปที่ 6 เป็น ดังนี้

เมื่อ Q1 และ Q4 นำกระแส จากทำให้เกิดพัลส์ บวกไหลผ่านขดลวด ทาง Primary ในทางตรงข้าม เมื่อ Q2 และ Q3 นำกระแส จะทำให้เกิดพัลส์ลบไหลผ่านขดลวดทาง Primary แทน และจากนั้นทางขด

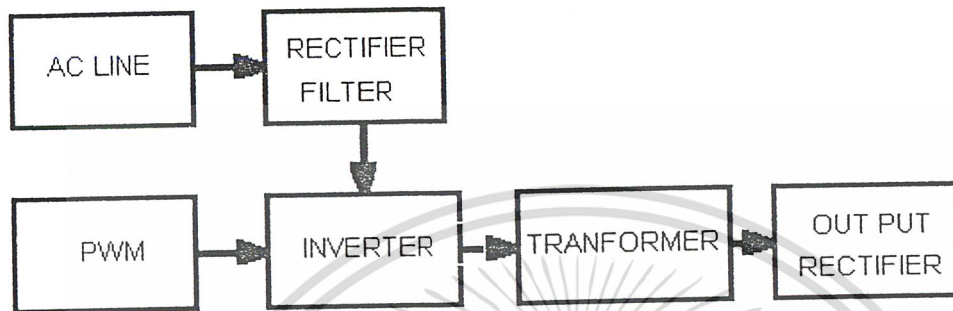
Secondary จะทำการขยายเป็น 2 ชุด และกลับเฟสกันอยู่เพื่อให้ MOS ทั้ง 2 ตัวนั้นทำงานไม่พร้อมกัน

และส่วนที่เป็น POWER SWITCHING จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นวงจรเรียงกระแสทางค่านินพุทและวงจรอินเวอร์เตอร์แบบ BRIDGE INVERTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ส่วนเพาเวอร์สวิทชิง

วงจรในส่วนนี้มีหน้าที่หลักก็คือ แปลง DC เป็น AC หรือเรียกว่า DC TO AC CONVERTOR หรือเรียกอีกอย่างว่าวงจร INVERTOR นั่นเอง ซึ่งทางอินพุตเป็น DC มีการเปลี่ยนแปลงสมมาตรกับเอาต์พุตที่เป็น AC เปลี่ยนแปลงทั้ง AMPLITUDE และ FREQUENCY ซึ่งวงจรเพาเวอร์สวิทชิงนี้ แบ่งออกได้เป็นส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.5 แสดง BLOCKDIAGRAM ของวงจรส่วน CONVERTOR

หน้าที่ของแต่ละส่วนมีดังนี้

**INPUT AC** เป็นอินพุตที่เป็นไฟ 220 VOLT

**RECTIFIER** เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงจากไฟสลับให้เป็นไฟตรง

**FILTER** เป็นส่วนที่ทำให้ไฟตรงจาก RECTIFIER เรียบขึ้นไม่มี RIPPLE

**PWM** เป็นส่วนที่เป็นตัวควบคุมการทำงานให้กับ MOSFET ทำงาน

**INVERTOR** เป็นส่วนที่สำคัญคือแปลงจาก DC เป็น AC ซึ่งได้มาจากการสวิทช์ของตัว MOSFET

**TRANSFORMER** เป็นส่วนที่มีหน้าที่สำคัญคือเป็นตัวกำหนด VOLTAGE และ CUERRENT ของเอาต์พุต

**RECTIFIER OUTPUT** เป็นส่วนที่มีหน้าที่เปลี่ยน AC ที่ได้จากการสวิทช์ของ MOSFET ให้เป็น DC ที่เอาต์พุต PHASMA CUTTING เป็นเครื่องที่ตัดด้วยไฟ DC กระแสสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 วงจรเรียงกระแสวงจรกรองกระแสทางค่านินพุท

วงจรเรียงกระแสที่ใช้สร้างไฟกระแสตรงสำหรับป้อนให้กับวงจรคอนเวอร์เตอร์นี้จะเป็นแบบฟูลบริดจ์เรกติไฟเออร์ เป็นผลให้เมื่อทำการกรองกระแสแล้วจะทำให้แรงดันริปเปิ้ล มีขนาดน้อยกว่าการเรียงกระแสแบบอื่นๆ (ตัวเก็บประจุกรองกระแสมีค่าเท่ากัน) ในส่วนของการกรองกระแสเป็นการกรองกระแสที่แรงดันสูง เราไม่สามารถจ่ายนัก การขนานตัวเก็บประจุเพื่อเพิ่มค่าความจุ จะเป็นวิธีที่ดีที่สุด อีกทั้งยังเป็นการลดค่าอิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่าย อันเนื่องมาจากค่าความต้านทานแฝงภายในตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุมากและทนแรงดัน ได้สูงได้เก็บประจุอีกด้วย

### 3.4 ส่วนของอินเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในวงจรนี้เป็นแบบฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ ซึ่งประกอบด้วยเพาเวอร์มอสเฟต ต่อขนาน 2 ชุด แต่ละชุดมีมอสเฟต 4 ตัว 4 ตัวนี้แบ่งเป็น 2 ชุดสลับกันทำงาน

การทำงานของเพาเวอร์มอสเฟตจะเป็นไปตามพัลส์ที่ส่งมาจากวงจรควบคุมผ่านหม้อแปลงขับ โดยพัลส์จากขดลวดทุติยภูมิชุดบนจะกลับเฟสกับพัลส์ที่มาจากขดลวดชุดล่าง พัลส์ที่ออกจากขดลวดทุติยภูมินี้จะผ่านวงจรจำกัดแรงดันก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้แรงดันที่ขาเกตของเพาเวอร์มอสเฟตมีค่าสูงมากเกินไปจนกว่าจุดที่เพาเวอร์มอสเฟตจะเกิดการอิมคัว โดยวงจรดังกล่าวนี้จะประกอบด้วยตัวต้านทานและซีเนอร์ไดโอดสองตัวที่อนุกรมกัน คือ ถ้าแรงดันพัลส์ทั้งด้านบวกและลบมีค่าสูงเกินกว่าค่าเบรคดาวน์ของซีเนอร์ไดโอด ซีเนอร์ไดโอดก็จะนำกระแสทันที

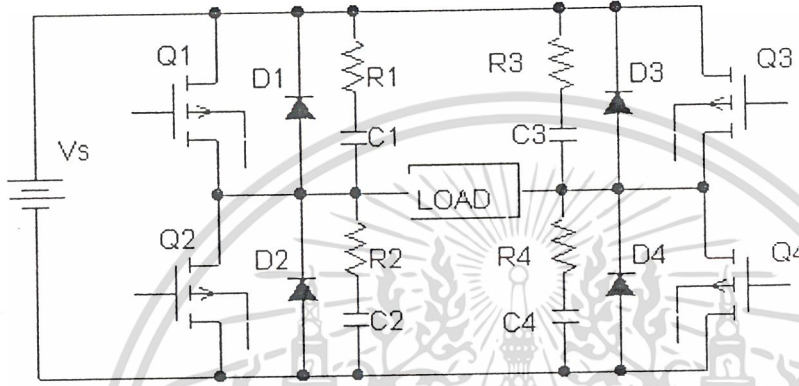
ไดโอดฟาสต์รีคัฟเวอร์รี่ที่ต่อคร่อมเพาเวอร์มอสเฟตทั้งชุดบนและชุดล่างนั้นเป็นคอมมิวเตติ้งไดโอด (Commutating Diode) มีหน้าที่ประการแรกคือ ป้องกันแรงดันสไปก์ ในขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตเริ่มหยุดนำกระแส เนื่องจากพลังงานที่สะสมไว้ในขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะเกิดการกลับขั้วแรงดันขึ้น เมื่อรวมกับแรงดันครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่ายกระแสตรงแล้ว จะทำให้มีแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟตสูงมาก แต่ไดโอดฟาสต์รีคัฟเวอร์รี่ที่ต่อกับเพาเวอร์มอสเฟตอีกตัวจะอยู่ในลักษณะไบแอสตรง ดังนั้นไดโอดนี้จะนำกระแสเป็นการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับเพาเวอร์มอสเฟต

หลังจากการสวิตช์ของเพาเวอร์มอสเฟต พัลส์ที่ได้ก็จะถูกส่งผ่านพลังงานโดยหม้อแปลงความถี่สูงไปยังขดลวดทุติยภูมิ พัลส์ที่ขดลวดทุติยภูมิจะถูกเรียงกระแสไดโอดฟาสต์รีคัฟเวอร์รี่ที่ต่ออยู่ในลักษณะฟูลบริดจ์เรกติไฟเออร์ เพื่อนำแรงดันไปใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 ส่วนที่เป็นวงจรสับเบอร์

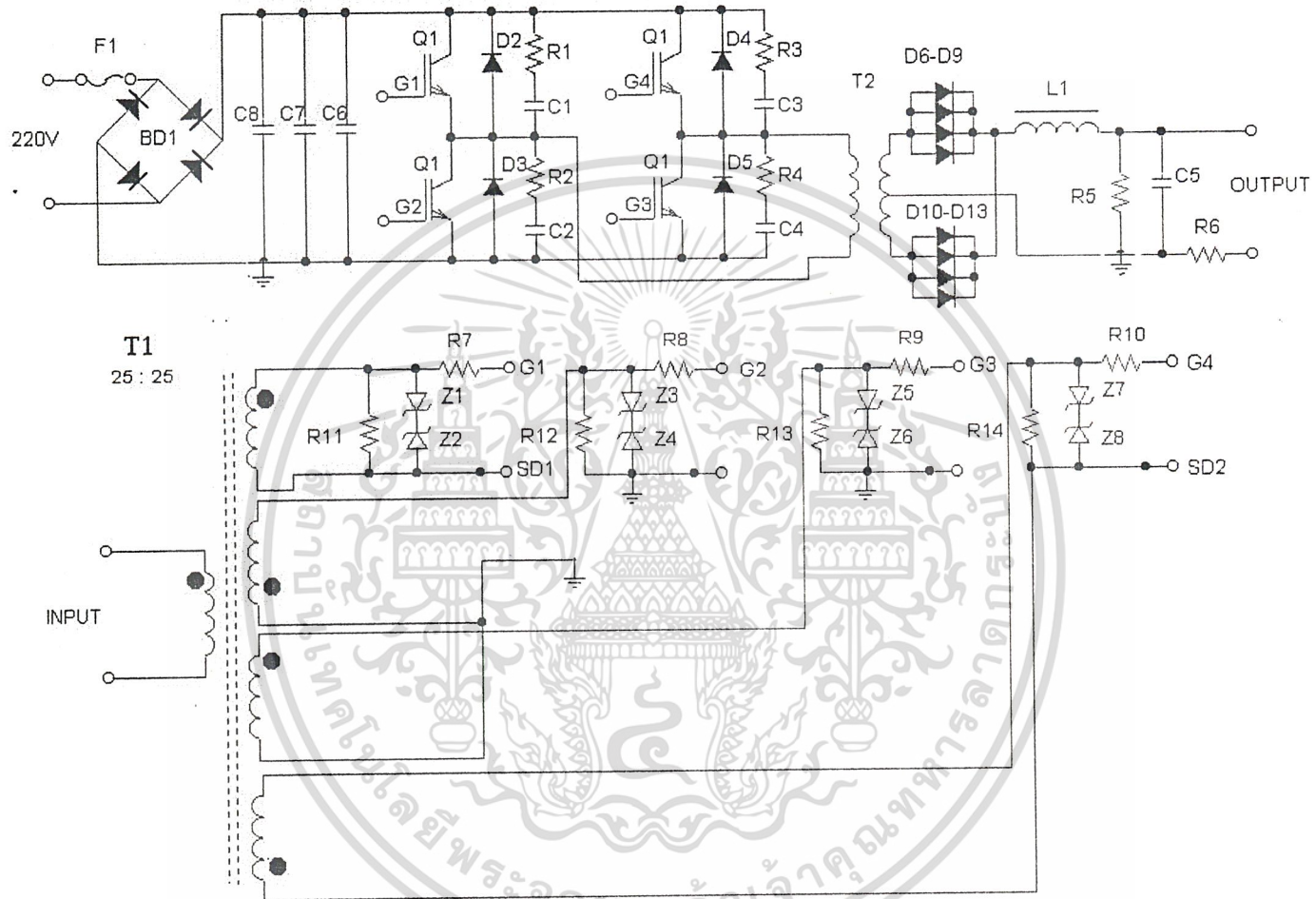
วงจรสับเบอร์ เป็นส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาในวงจรอินเวอร์เตอร์ เพื่อลดการเกิดกำลังสูญเสียและป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเพาเวอร์มอสในวงจรขณะที่ทำงานปกติ วงจรสับเบอร์นี้อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ วงจรสับเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส และสับเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน วงจรสับเบอร์ทั่วไปจะประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ไคโอดเรียกว่า วงจร RCD สับเบอร์ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.6 วงจร INVERTOR ที่มีส่วนของ RCD สับเบอร์

ในวงจรนี้เราจะพูดแต่วงจรสับเบอร์ที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในวงจรอินเวอร์เตอร์ ไคโอดจะทำงานเป็นคู่ คือคู่ของ D1 กับ D4 และ D2 กับ D3 เมื่อ ไคโอดชุดใดทำงานอีกชุดก็จะหยุดทำงานถ้า Q1 และ Q4 หยุดทำงานกระแส LOAD ก็ยังไหลอย่างต่อเนื่องผ่านทาง D3 และ D4 จนกระทั่งกระแสลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของแรงดันอินพุตและให้กระแสไหลลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงศูนย์จากนั้น Q2 กับ Q3 จึงจะทำงาน ดังนั้นที่ ไคโอดอยู่ในช่วงนำกระแส พลังงานที่สะสมอยู่ใน L จะถูก FEEDBACK กลับไปที่อินพุต ดังนั้นเรียก ไคโอดนี้ว่า FEEDBACK DIODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรของภาคเพาเวอร์

### 3.6 การออกแบบหม้อแปลงความถี่สูง

การออกแบบหม้อแปลงความถี่สูงสำหรับเครื่องสวิตซ์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลายที่ต้องการแรงดันเอาต์พุต 250 โวลต์ และกระแสเอาต์พุต 10 A ใช้แกนเฟอร์ไรท์แบบยูคอร์ 60 ที่ทำจากแกนเฟอร์ไรท์ชนิด H45 ที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 2.25 ตารางเซนติเมตร และมีค่าความหนาแน่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่จุดอิ่มตัวประมาณ 4700 เกาส์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แต่ในการใช้งานนี้จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิปกติซึ่งจะมีค่าความหนาแน่นสนามแม่เหล็กที่จุดอิ่มตัวประมาณ 2200 เกาส์ จำนวนรอบของขดปฐมภูมิหาได้จากสมการ

$$N_p = \frac{V_{CC}(\max)}{4 \times B_m \times A_e \times N_c}$$

$V_{CC}$  คือแรงดันที่ป้อนให้กับวงจร (V)

$B_m$  คือค่าความหนาแน่นของฟลักแม่เหล็กไฟฟ้า (T)

$A_e$  คือพื้นที่หน้าตัดของแกน (m<sup>2</sup>)

$N_c$  คือจำนวนแกนของหม้อแปลง

$$\begin{aligned} N_p &= \frac{311}{4 \times 225 \times 10^{-6} \times 0.15 \times 25 \times 10^3 \times 5} \\ &= 18.42 \end{aligned}$$

ก็จะได้จำนวนรอบของขดปฐมภูมิเท่ากับ 18 รอบ

เราสามารถหาจำนวนรอบของขดทุติยภูมิได้จากสมการ

$$n = \frac{N_s}{N_p} = \frac{V_o + V_{rl} + V_d}{2 \times D_{\max} \times V_{CC}(\min)}$$

$V_o$  คือแรงดันเอาต์พุต

$V_{rl}$  คือแรงดันที่ตกคร่อมขดลวด

$V_d$  คือแรงดันที่ตกคร่อมไดโอด

$D_{\max}$  คือ Duty cycle สูงสุด

$V_{CC}(\min)$  คือ แรงดันที่ป้อนให้กับวงจรต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าลงในสมการจะได้

$$\begin{aligned} n &= \frac{N_s}{N_p} = \frac{V_o + V_{rl} + V_d}{2 \times D_{max} \times V_{cc}(\min)} \\ &= \frac{250 + 5 + 1.5}{2 \times 0.45 \times 300} \\ &= 0.95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_s &= nN_p \\ &= 0.95 \times 18 \\ &= 17.1 \end{aligned}$$

จะได้ว่าทางขดทุติยภูมิพันเป็น 17 รอบ

หาขนาดของเส้นลวดได้จาก กำหนดให้ความหนาแน่น  $J = 5 \text{ A/mm}^2$

$$I_1 = nI_o$$

$$a_1 = \frac{I_1}{J}$$

$$I_2 = I_o \sqrt{D_{max}}$$

$$a_2 = \frac{I_2}{J}$$

$$I_1 = 0.95 \times 15$$

$$= 14.25 \text{ A}$$

$$a_1 = \frac{14.25}{5}$$

$$= 2.85 \text{ mm}^2$$

$$I_2 = 15 \sqrt{0.45}$$

$$= 10.05 \text{ A}$$

$$a_2 = \frac{10.05}{5}$$

$$5$$

$$= 2.01 \text{ mm}^2$$

เนื่องจากจะได้พื้นที่หน้าตัดมีขนาดเส้นลวดใหญ่มากจึงใช้ลวดเบอร์ 24 ที่มีพื้นที่หน้าตัด 0.209 ตารางมิลลิเมตรจำนวน 20 เส้น ตีเกลียวพันทั้งขดปฐมภูมิและทุติยภูมิของหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.7 วงจรแรงดันสูง

วงจรแรงดันสูงเป็นวงจรใช้ในการกระตุ้นให้เกิดลำพลาสมาโดยวงจรจะเป็นวงจรที่ใช้อุปกรณ์ Silicon rectifier (SCR) และใช้การเพิ่มแรงดันทางเอ้าท์พุทโดยการพันหม้อแปลงแบบสเต็ปอัพ และนำไปใช้งาน

### 3.8 วงจรควบคุมการจุด / ดับ พลาสมา

เนื่องจากการเกิดพลาสมาและการดับลำพลาสมานั้นจะต้องควบคุมจากสวิทช์ที่หัวตัดเพียงสวิทช์เดียว การออกแบบเพื่อรองรับเงื่อนไขดังกล่าวจึงนำรีเลย์สวิทช์มาใช้ประกอบเป็นวงจรตัดต่อวงจรแรงดันสูงและการดับพลาสมาก็ใช้รีเลย์สวิทช์ควบคุมสัญญาณ โลจิกของซารีเซ็คของ SG3526



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดสอบการทำงาน

#### 4.1 การตรวจวัดรูปสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

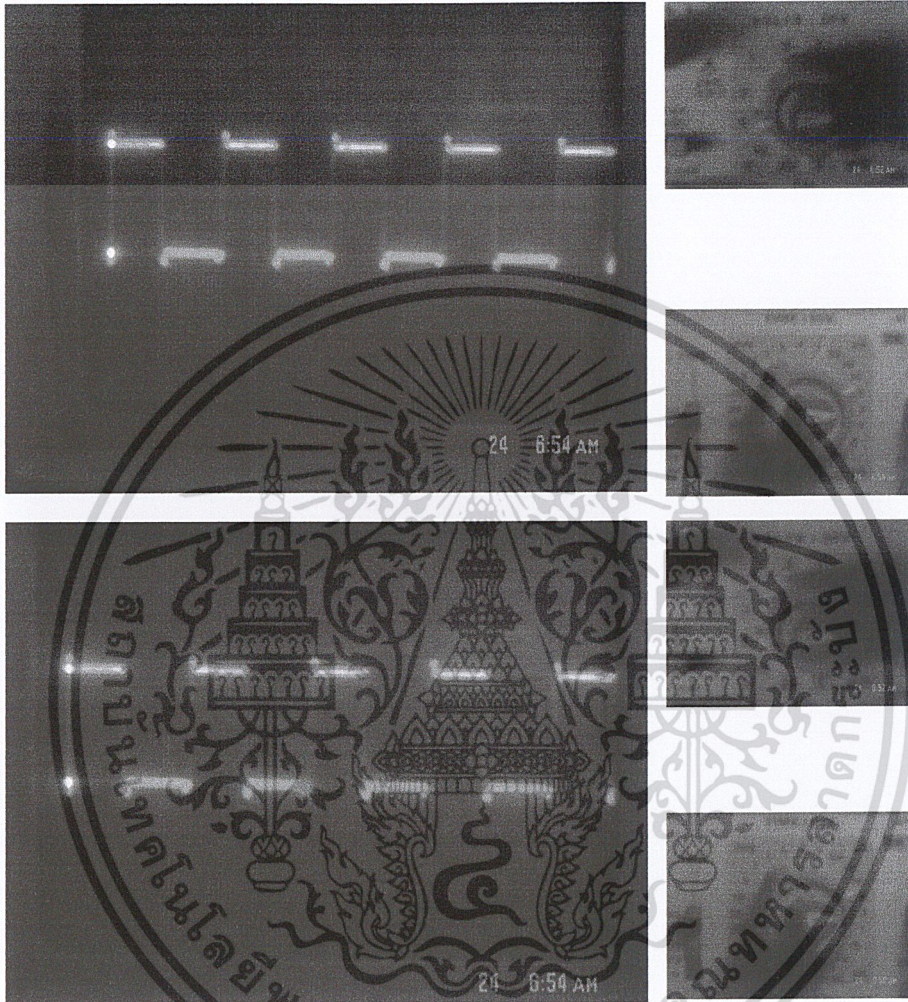
4.1.1 รูปสัญญาณที่วัดจากขา 10 ของไอซี SG3526 ที่มีลักษณะเป็นคลื่นเอียง ส่วนคาบเวลาที่ได้จะเป็นฐานเวลาให้วงจรสวิทชิง ในส่วนของช่วงเวลาขอบขาลงจะเป็นตัวบอกค่าเวลาที่ให้อุปกรณ์สวิทชิงหยุดนำกระแส



รูปที่ 4.1 รูปแสดงสัญญาณที่ขาพินเลื่อยซึ่งเป็นฐานเวลาในการสร้างพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 รูปสัญญาณที่วัดจากขา 13 และ 16 ของไอซี SG3526 ซึ่งเป็นสัญญาณเอาต์พุตพัลส์ที่จะส่งไปควบคุมส่วนการสวิทช์ของอุปกรณ์เพาเวอร์สวิทช์ โดยผ่านวงจรจับ



รูปที่ 4.2 รูปแสดงสัญญาณที่ขา 13 และ 16 ของไอซี SG3526

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.3 รูปแสดงสัญญาณพัลส์จากวงจรควบคุมที่ป้อนเข้ากับขดปฐมภูมิของ Coupling Transformer



รูปที่ 4.3 รูปแสดงสัญญาณพัลส์ที่ป้อนเข้ากับขดปฐมภูมิของ Coupling Transformer

#### 4.1.4 สัญญาณพัลส์ที่ถูกขับผ่านหม้อแปลงเพื่อแยกระบบควบคุมและส่วนของกำลังมายังที่ขาเกตของ IGBT



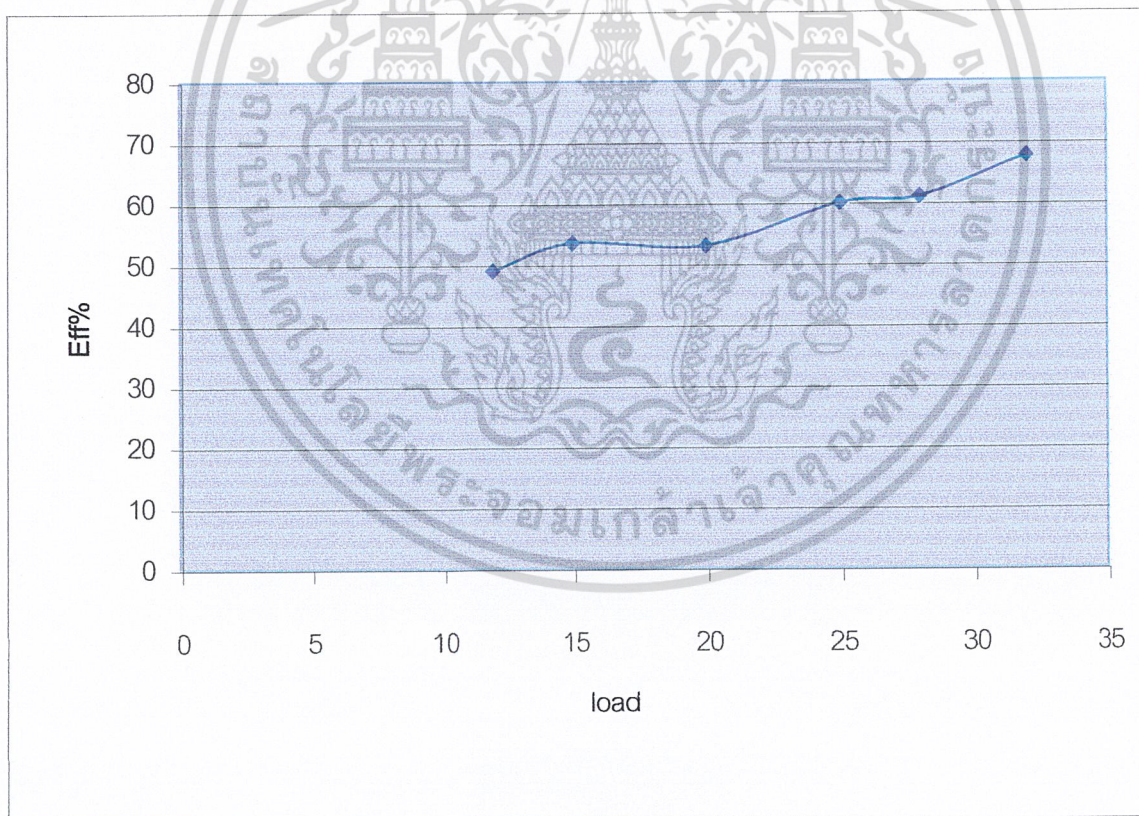
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 4.4 รูปแสดงสัญญาณพัลส์ที่ขาเกตของ IGBT ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การทดสอบหาคุณสมบัติของเครื่องสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

### ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาคุณสมบัติสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

ความถี่ PWM 25 KHz

RL ( $\Omega$ )	32	28	25	20	15	12
Iin (A)	4.5	4.75	5	5.25	6	6
Iout (A)	5.4	5.64	6.09	6.93	8.3	9.05
Vout (V)	175	161	155	140	120	102.5
Pin (W)	1395	1472	1550	1627	1860	1860
Pout (W)	945	908	943.95	970.2	996	927
Eff %	67.7%	61%	60%	59%	53.5%	49%



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงคุณสมบัติเครื่องสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุป

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ได้ทำเป็นผลที่เราได้จากเครื่องตัดโลหะพลาสมาไฟฟ้า โดยในส่วนของแหล่งจ่ายไฟที่เป็นแบบสวิตชิ่งโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า IGBT เป็นตัวสวิตซ์ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่จะขาดไม่ได้ โดยผลจากการทดลองในบทที่ 4 เราจะได้ค่าตัวแปรที่สำคัญของแหล่งจ่ายไฟฟ้าออกมาคือ ค่าประสิทธิภาพ Load regulation เป็นต้น โดยที่เราใช้พลาสมาตัวโลหะนั้นมีประสิทธิภาพเมื่อได้ใช้แก๊สไนโตรเจนที่มีความดัน  $2 \text{ kg/cm}^2$  และมีโพลดพลาสมาที่ปรากฏที่ปลายหัวตัวประมาณ 4 โอห์ม แต่ถ้าเราทดลองเป็นค่าแก๊สที่ใช้ ระดับความดันและขนาดความกว้างของพัลส์ที่เรากำหนดไว้เพื่อรอจุดพลาสมา นั้น ค่าโพลดที่ปรากฏตรงหัวตัดจะแตกต่างออกไปคือถ้าเราเลือกค่าแก๊สที่เป็น อาร์กอน,ฮีเลียมหรือเป็นแก๊สผสมระหว่างอ็อกซิเจนกับไนโตรเจน จะปรากฏโพลดพลาสมาที่ต่ำลงเมื่อมีระดับความดันและความกว้างของพัลส์คงเดิม เนื่องจากการอ็อกซิไดซ์ของอะตอมแก๊สเฉื่อยหรือแก๊สที่มีส่วนผสมของอ็อกซิเจน จะเกิดความร้อนสูงกว่าและความเร็วในการตัดก็จะมีมากกว่าไนโตรเจนบริสุทธิ์ที่นำมาทดลองแต่ด้วยข้อจำกัดในเรื่องต่างๆจึงไม่สามารถทำการทดลองตัดด้วยแก๊สต่างๆที่กล่าวไว้ได้ เราเลือกโลหะที่มีคาร์บอนผสมอยู่เพราะเหมาะกับไนโตรเจนบริสุทธิ์ที่ใช้ในการทดลองจากการทดลองเห็นได้ว่าความเร็วในการตัดต่ำอยู่เนื่องจากแหล่งจ่ายยังมีค่าต่ำอยู่หากมีกำลังงานสูงมากกว่านี้ก็จะสามารถใช้กับความดันของแก๊สมากขึ้นได้เหตุผลที่ใช้ ความดัน  $2 \text{ Kg/cm}^2$  เพราะว่าถ้าเพิ่มความดันแก๊สมากกว่านี้ทำให้อิเล็กทรอดแนะนำไอออนเซ็ลนั้นแยกห่างจากกันมากขึ้นเป็นผลทำให้พลาสมาที่จะเกิดขึ้นมีค่าสูงกว่าที่ทดลองเมื่อโพลดพลาสมาสูงขึ้นความสามารถในการดึงกำลังงานจากแหล่งจ่ายก็จะน้อยลงและจะทำให้จุดพลาสมาไม่ติดหรือจุดติดแล้วก็จะดับลงเกิดจากกระแสต้านนั่นเอง โดยสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มประสิทธิภาพหรือกำลังงานของแหล่งจ่าย

ในการแก้ปัญหาการจุดพลาสมาในตอนแรกเราต้องตั้งค่าความกว้างของพัลส์ให้กว้างสุดเพื่อเพิ่มกำลังงานเข้าพู่ทในตอนแรกเริ่มจุดพลาสมาโดยเราได้ใช้หัวตัวพลาสมาของบริษัท Trafimet รุ่น S30 ซึ่งใช้กับแรงดันอย่างต่ำ 113 โวลท์ และกระแสสูงสุด 40 แอมป์ โดยการทดลองใช้ในโตรเจนเพียงอย่างเดียวซึ่งเคลื่อนย้ายและสะดวกในการทดลอง

และมีปัญหาที่เพิ่มเติมมาคือจะมีแรงดันสูงรั่วไหลระหว่างที่เราใช้วงจรไฟสูงจุดพลาสมาเราทำการแก้ไขโดยใช้การแยกทางแสงสำหรับสวิตซ์ที่หัวตัด และยังมีปัญหาในเรื่องของการป้อนกลับในด้านแรงไฟสูงอีกทำให้เกิดการสูญเสียในส่วนของวงจรภาคควบคุม แก้โดยการใช่วงจรสแน็บเบอร์ป้องกันการสูญเสียของไฟแรงสูงเข้าไปกวนในภาคควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 1  
ตารางแสดงค่าตัวแปรต่างๆ ของเครื่องเชื่อมและตัดพลาสมาไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE I-1 Conditions for plasma-welding Type 304 stainless steel with the melt-in (puddle)

Plate Thickness (in.)	Downhand Joint Type	Orifice Diameter (in.)	Plasma Gas Flow Rate (scf/h)	Current (A)	Voltage (V)	Filler Wire Size (in.)	Weld Speed (in/min)
0.058	Lap	0.036	0.75	15	27	0.035	2.75
0.058	Butt	0.036	1.0	8	30	0.035	3
0.058	Fillet	0.036	0.75	15	28	0.035	3.25
0.093	Lap	0.036	0.75	25	26	0.045	3
0.093	Butt	0.036	0.75	25	26	0.045	5
0.093	Fillet	0.036	0.75	25	26	0.045	2.5
0.093	Lap	0.067	1.25	50	25	0.045	6.5
0.093	Butt	0.067	1.25	45	25	0.045	6.75
0.093	Fillet	0.067	1.25	50	25	0.045	4.25
0.118	Lap	0.067	1.25	70	27	1/16	7
0.118	Butt	0.067	1.50	70	28	1/16	8
0.118	Fillet	0.067	1.25	65	27	1/16	6
0.118	Lap	0.089	1.75	75	29	3/32	6
0.118	Butt	0.089	2.0	70	31	3/32	7.25
0.118	Fillet	0.089	1.50	75	27	3/32	5
3/16	Lap	0.089	1.25	100	32	3/32	4.25
3/16	Butt	0.089	2.0	100	34	3/32	3.75
3/16	Fillet	0.089	1.5	100	31	3/32	3.5

Shielding Gas-Argon plus 5 percent H<sub>2</sub> at 15 scf/h. filler wire-Type 304 stainless steel, torch rating 100 A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TABLE 1-2 Typical conditions for plasma-welding Type 304 stainless steel with the keyhole technique**

Plate Thickness (in.)	High Plasma Gas flow Rate (sch/h)	Orifice Size (in.)	Current (A)	Voltage (V)	Travel Speed (in./min)
	-	0.036	Not	recommended	-
	5	0.067	50	30	6.5
0.093	5	0.067	56	31.5	5.25
0.118	5	0.067	75	36	5.0
3/16	-	0.067	-	recommended	-
¼	-	0.089	-	recommended	-
0.118	8	0.089	80	37	5.0
3/16	-	0.089	Not	recommended	-
1/4					

**TABLE1-3 Guide for selecting current and plasma-gas flow, 100 A torch, for Type 304 stainless steel**

Nozzel Diameter (in.)	Current Range (A)	PlasmaGas FlowRate (scf/h)	Ar + 5% H <sub>2</sub> ShieldingGas (scf/h)
0.036	1-25	0.05-1.5	15-20
0.067	2-27	0.5-3.0	15-20
0.089	5-100	0.5-4.0	15-30

When welding ultrathin material, heat input can be lowered by reducing or eliminating the hydrogen in the shielding gas.

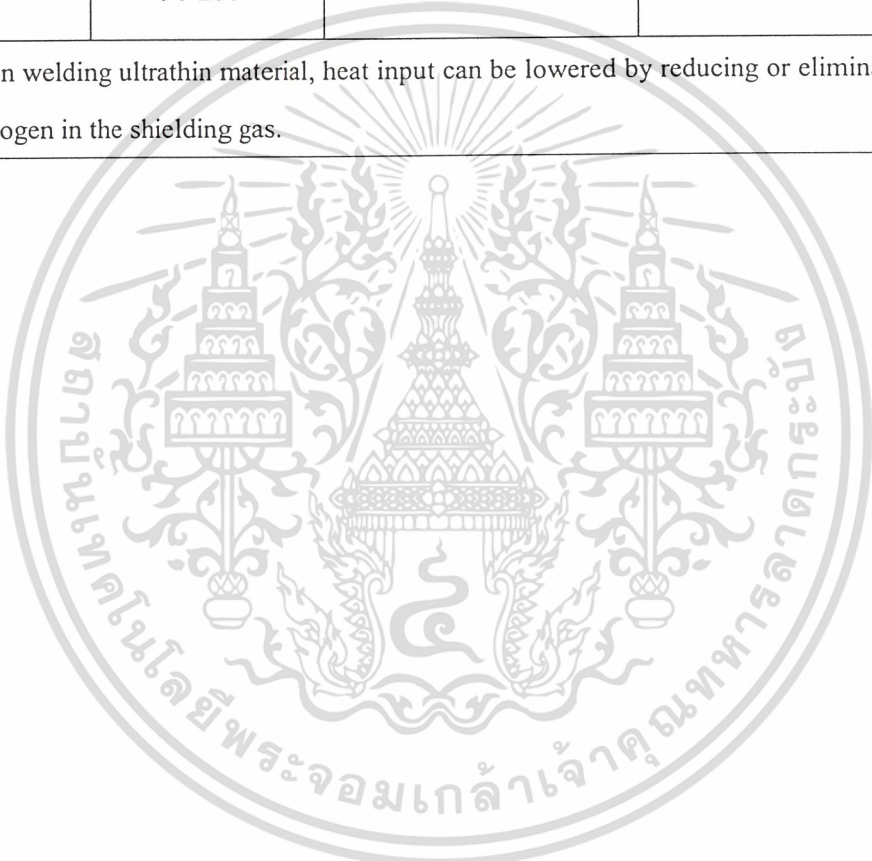
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-4 Guide for selecting current and plasma-gas flow, 200 A torch, for Type 304

stainless steel

Nozzel Diameter (in.)	Current Range (A)	Plasma Gas Flow Rate (scf/h)	Ar + 5% H <sub>2</sub> Shielding Gas (scf/h)
0.036	1-25	0.5-1.6	20-40
0.067	2-75	0.5-3.0	20-40
0.089	5-100	0.5-4.0	20-40
0.118	60-180	1-5	20-40
0.136	90-200	1-6	20-40

When welding ultrathin material, heat input can be lowered by reducing or eliminating the hydrogen in the shielding gas.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-5 Plasma welding data for various alloy with the melt-in technique

Material And Plate Thickness (in.)	Joint Type	Orifice Diameter (in.)	Argon Plasma Gas Flow Rate (scf/h)	Shield- ing Gas Flow Rate (scf/h)	Curre nt (A)	Maxi- mum Nozzel to-Work Distance (in.)	Filler- Wire type And Size (in.)	Weld Speed (in./min)	Welding Technique	Backup Gas Type And Flow Rate (scf/h)
304 SS 1/8	Vertical Fillet	0.067	1.0	20	65	¼	308 SS 3/32	-	Manual (Puddle)	-
304 SS 1/16	Vertical Fillet	0.067	1.0	20	25	¼	308 SS 1/16	-	Manual (Puddle)	-
304 SS 3/32	Vertical Fillet	0.067	1.0	20	45	¼	308 SS 1/16	-	Manual (Puddle)	-
304 SS 1/8	Bead on Flat	0.067	1.0	20	65	¼	-	-	Manual (keyhold)	Argon 10
304 SS 1/8	plate Bead on	0.067	4.0	20	60	¼	-	-	Machine	Argon 5
304 SS 0.022	Flat plate	0.036	1.0	30	15	¼	-	5	Machine	Argon 5
304 SS 1/16	Flat butt	0.036	1.0	30	25	¼	-	6.5	Machine	Argon 5
304 SS 1/16	Flat	0.089	1.0	30	75	¼	-	18	Machine	Argon 5
304 SS 1/16	butt	0.136	1.0	30	125	¼	-	30	Machine	Argon 5
304 SS 1/8	Flat butt	0.067	1.5	30	80	¼	-	10	Machine	Argon 10
	Flat butt									
	Flat butt									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ควรแก้ไขใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-5 Plasma welding data for various alloy with the melt-in technique

Material And Plate Thickness (in.)	Joint Type	Orifice Diameter (in.)	Argon Plasma Gas Flow Rate (scf/h)	Shielding Gas Flow Rate (scf/h)	Current (A)	Maximum Nozzel to Work Distance (in.)	Filler-Wiretype And Size (in.)	Weld Speed (in./min)	Welding Technique	Backup Gas Type And Flow Rate (scf/h)
304 SS 1/8	Flat butt	0.136	5.0	30	180	1/4	-	18	Machine	Argon 10
304 SS 3/32	Flat butt	0.036	1.5	30	25	1/4	-	3	Machine	Argon 10
410 SS 1/8	Flat butt	0.067	2.5	25	55	3/8	410 SS 1/16	-	Manual (keyhold)	Argon 25
410 SS 1/8	Flat butt	0.067	4.5	25	90	3/8	-	-	Manual (keyhold)	Argon 25
Inconel62 3/32	Flat butt	0.067	2.5	25	62	3/8	Inconel62	-	Manual (keyhold)	Argon 25
Waspalloy and A-286 0.045	Flat butt	0.036	0.75	25	45	3/8	-	-	Manual (Puddle)	Argon 10
Waspalloy and A-286 3/32	Flat butt	0.067	2.5	25	70	3/8	-	-	Manual (keyhold)	Argon 25
	Flat butt									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-5 Plasma welding data for various alloy with the melt-in technique

Material And Plate Thickness (in.)	Joint Type	Orifice Diameter (in.)	Argon Plasma Gas Flow Rate (scf/h)	Shield- ing Gas Flow Rate (scf/h)	Current (A)	Maxi- mum Nozzel to - Work Distance (in.)	Filler- Wire type And Size (in.)	Weld Speed (in./min)	Welding Technique	Backup Gas Type And Flow Rate (scf/h)
70-30 brass 0.020	Flange butt	0.089	4.0	30	140	1/4	-	100	Machine	Argon 10
Titanium 50 A 0.025	Flat butt	0.067	5.0	35	50	3/16	Ti 50A 1/6	-	Manual (keyhold)	Argon 25

Shielding gas – Argon plus 5 percent H<sub>2</sub> at 15 scf/h , torch rating – 100 A.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 15-6 Plasma-gas (argon) and shielding gas flow rate (scf/h) for various nozzle sizes

Nozzle Size (in.)	Argon	He 75% + Argon 25%	Ar 75% + He 25%	Ar 92.5% + He 25%
0.036	0.75 - 1.0	5	1	1
0.067	1.25 - 1.5	7	2	1.5
0.089	1.50 - 2.0	10	2	-

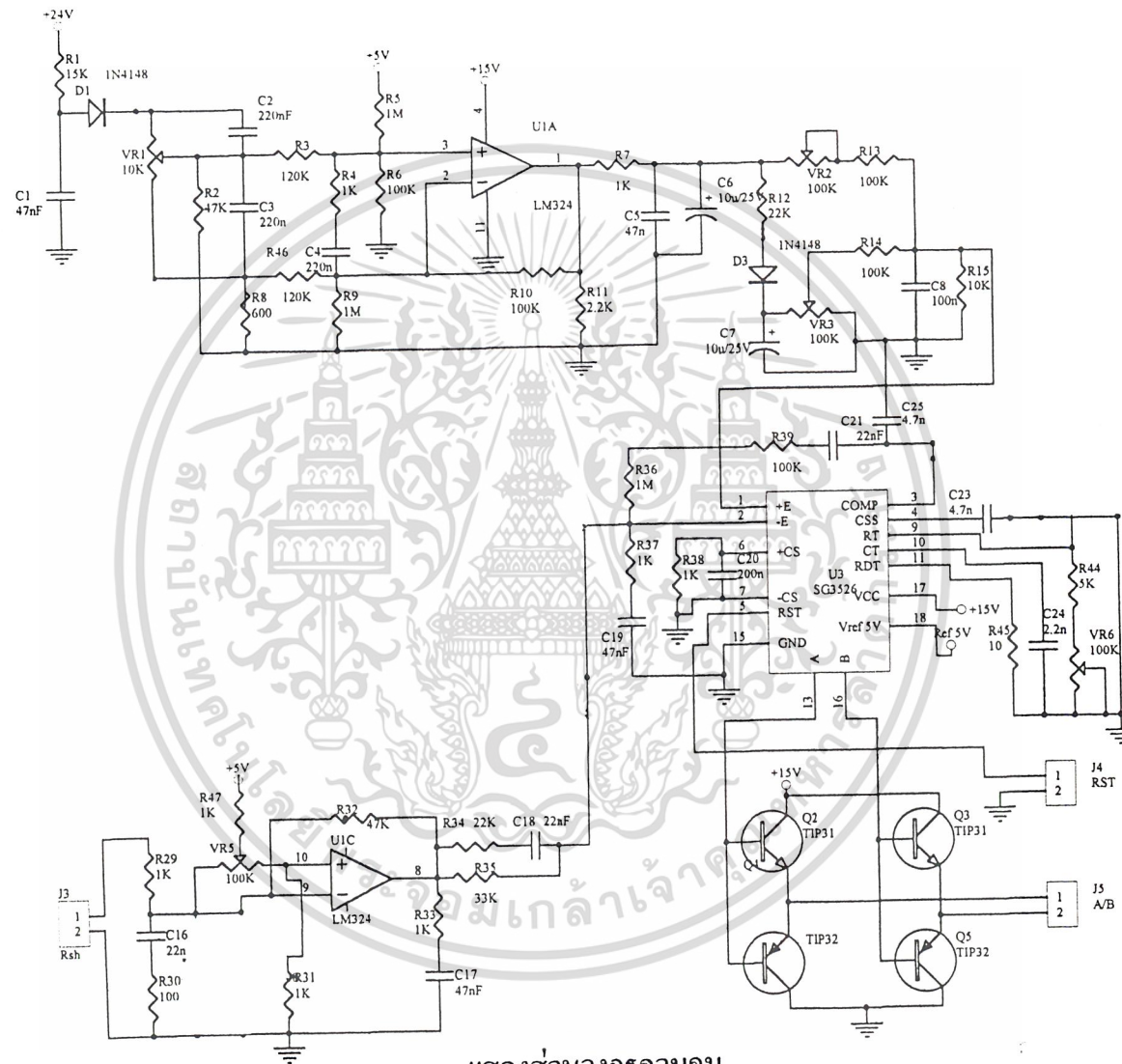


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

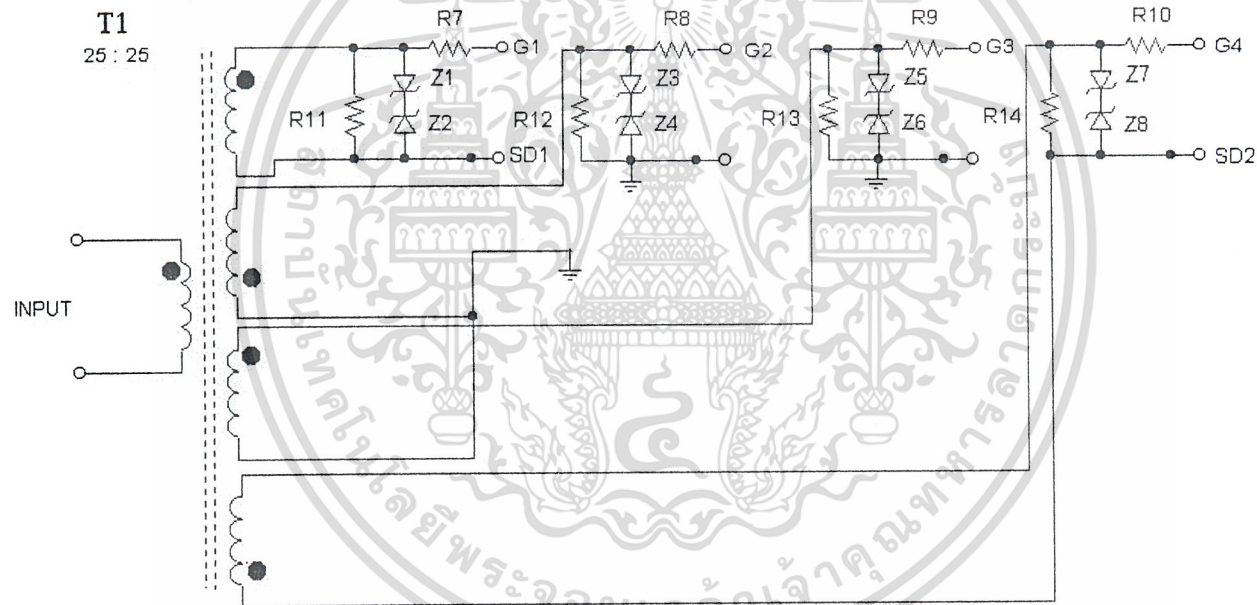
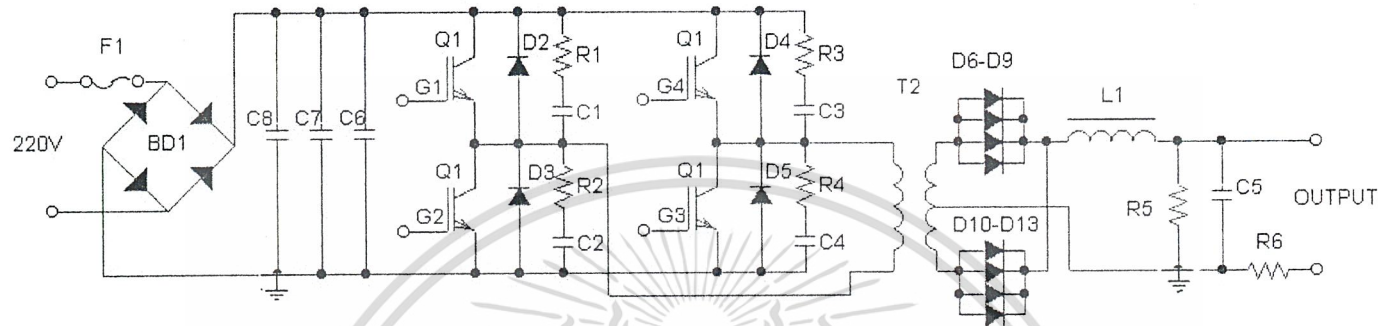


ภาคผนวกที่ 2  
แสดงรายละเอียดส่วนของวงจรเครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา

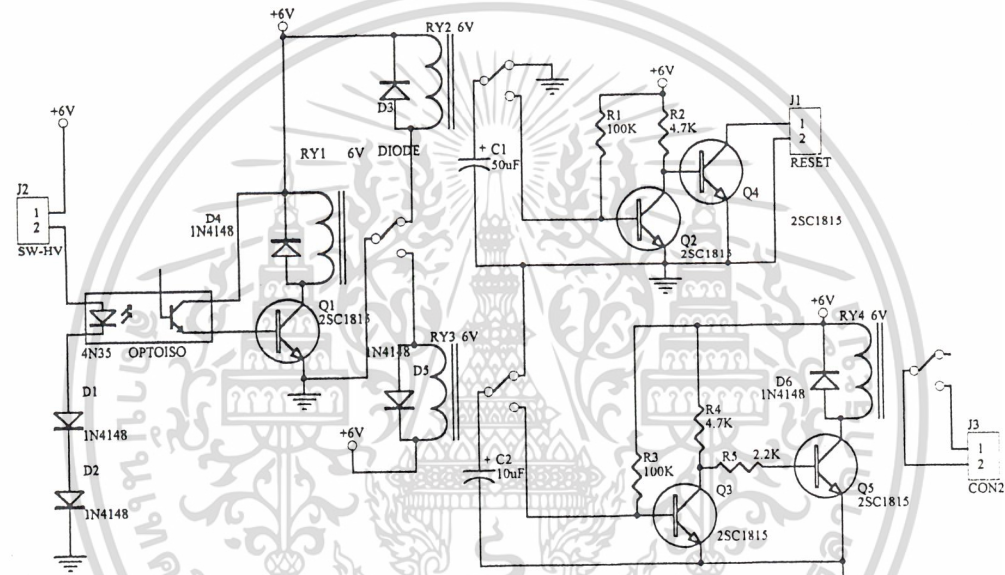
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงส่วนวงจรควบคุม



วงจรของภาคเพาเวอร์



รูปวงจรควบคุมการจุด-ดับพลาสมา

## กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปริญาานิพนธ์ในครั้งนี้คงจะไม่ประสบความสำเร็จ ถ้าไม่มีท่านอาจารย์ที่ปรึกษา (รศ.สมศักดิ์ เขียวศิริกุล) ที่ได้คอยให้คำแนะนำปรึกษาพร้อมทั้งแนวความคิดและขั้นตอนจนถึงเรื่อง การแก้ไขปัญหาต่างๆ เป็นผลทำให้ปริญาานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จมาด้วยดี พร้อมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ คอยช่วยเหลือในเรื่องหลายๆเรื่องเช่นให้ยืมเครื่องมือและคอยให้กำลังใจที่ดี ตลอดจนในการทำปริญา นิพนธ์ในครั้งนี้

ผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

สุวัฒน์ คั่น, "เทคนิคและการออกแบบ สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย", หน้า 7-85

Pressman, A., "Switching Power Supply Design", McGraw-Hill, Singapore, 1992.

Chrysis, G., "High Frequency Switching Power Supplies-Theory And Design", 2<sup>nd</sup> Editions., McGraw-Hill, New York, 1989.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SG3526

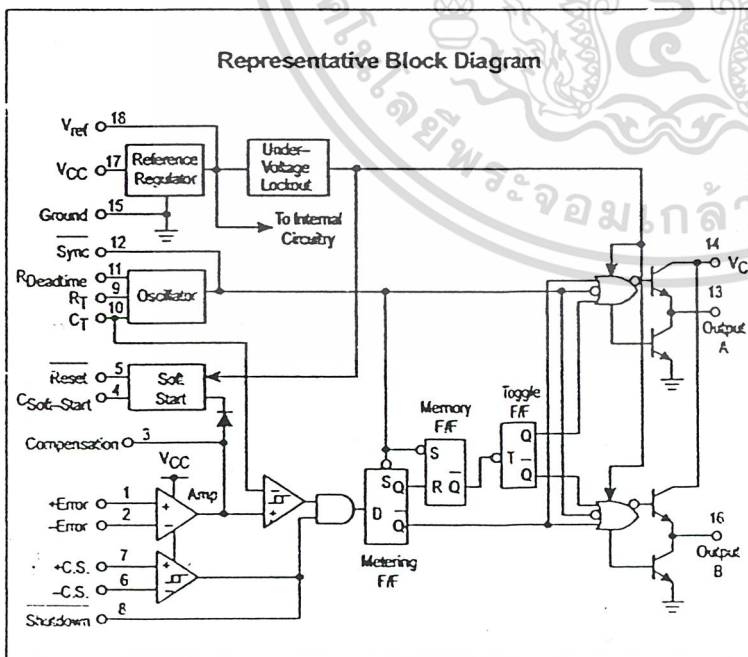
## Pulse Width Modulation Control Circuit

The SG3526 is a high performance pulse width modulator integrated circuit intended for fixed frequency switching regulators and other power control applications.

Functions included in this IC are a temperature compensated voltage reference, sawtooth oscillator, error amplifier, pulse width modulator, pulse metering and steering logic, and two high current totem pole outputs ideally suited for driving the capacitance of power FETs at high speeds.

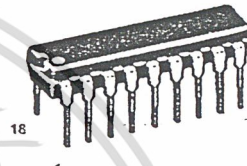
Additional protective features include soft start and undervoltage lockout, digital current limiting, double pulse inhibit, adjustable dead time and a data latch for single pulse metering. All digital control ports are TTL and B-series CMOS compatible. Active low logic design allows easy wired-OR connections for maximum flexibility. The versatility of this device enables implementation in single-ended or push-pull switching regulators that are transformerless or transformer coupled. The SG3526 is specified over a junction temperature range of 0° to +125°C.

- 8.0 V to 35 V Operation
- 5.0 V  $\pm 1\%$  Trimmed Reference
- 1.0 Hz to 400 kHz Oscillator Range
- Dual Source/Sink Current Outputs:  $\pm 100$  mA
- Digital Current Limiting
- Programmable Dead Time
- Undervoltage Lockout
- Single Pulse Metering
- Programmable Soft-Start
- Wide Current Limit Common Mode Range
- Guaranteed 6 Unit Synchronization



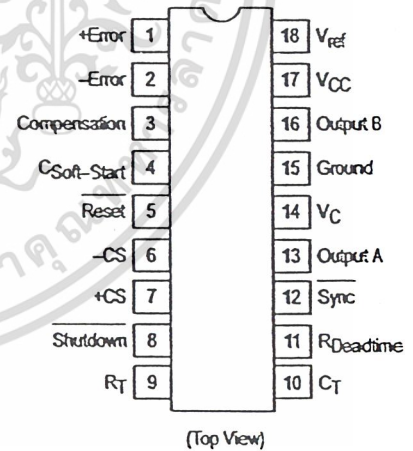
### PULSE WIDTH MODULATION CONTROL CIRCUIT

#### SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA



N SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 707

#### PIN CONNECTIONS



#### ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
SG3526N	T <sub>J</sub> = 0° to +125°C	Plastic DIP

# SG3526

## MAXIMUM RATINGS (Note 1)

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	+40	Vdc
Collector Supply Voltage	V <sub>C</sub>	+40	Vdc
Logic Inputs		-0.3 to +5.5	V
Analog Inputs		-0.3 to V <sub>CC</sub>	V
Output Current, Source or Sink	I <sub>O</sub>	±200	mA
Reference Load Current (V <sub>CC</sub> = 40 V, Note 2)	I <sub>ref</sub>	50	mA
Logic Sink Current		15	mA
Power Dissipation T <sub>A</sub> = +25°C (Note 3) T <sub>C</sub> = +25°C (Note 4)	P <sub>D</sub>	1000 3000	mW
Thermal Resistance Junction-to-Air	R <sub>θJA</sub>	100	°C/W
Thermal Resistance Junction-to-Case	R <sub>θJC</sub>	42	°C/W
Operating Junction Temperature	T <sub>J</sub>	+150	°C
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	-65 to +150	°C
Lead Temperature (Soldering, 10 Seconds)	T <sub>Solder</sub>	±300	°C

- NOTES: 1. Values beyond which damage may occur.  
 2. Maximum junction temperature must be observed.  
 3. Derate at 10 mW/°C for ambient temperatures above +50°C.  
 4. Derate at 24 mW/°C for case temperatures above +25°C.

## RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Characteristics	Symbol	Min	Max	Unit
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	8.0	35	Vdc
Collector Supply Voltage	V <sub>C</sub>	4.5	35	Vdc
Output Sink/Source Current (Each Output)	I <sub>O</sub>	0	±100	mA
Reference Load Current	I <sub>ref</sub>	0	20	mA
Oscillator Frequency Range	f <sub>osc</sub>	0.001	400	kHz
Oscillator Timing Resistor	R <sub>T</sub>	2.0	150	kΩ
Oscillator Timing Capacitor	C <sub>T</sub>	0.001	20	μF
Available Deadtime Range (40 kHz)	-	3.0	50	%
Operating Junction Temperature Range	T <sub>J</sub>	0	+125	°C

SG3526

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $V_{CC} = +15\text{ Vdc}$ ,  $T_J = T_{low}$  to  $T_{high}$  (Note 5), unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>REFERENCE SECTION (Note 6)</b>					
Reference Output Voltage ( $T_J = +25^\circ\text{C}$ )	$V_{ref}$	4.90	5.00	5.10	V
Line Regulation ( $+8.0\text{ V} \leq V_{CC} \leq +35\text{ V}$ )	Reg <sub>line</sub>	–	10	30	mV
Load Regulation ( $0\text{ mA} \leq I_L \leq 20\text{ mA}$ )	Reg <sub>load</sub>	–	10	50	mV
Temperature Stability	$\Delta V_{ref}/\Delta T$	–	10	–	mV
Total Reference Output Voltage Variation ( $+8.0\text{ V} \leq V_{CC} \leq +35\text{ V}$ , $0\text{ mA} \leq I_L \leq 20\text{ mA}$ )	$\Delta V_{ref}$	4.85	5.00	5.15	V
Short Circuit Current ( $V_{ref} = 0\text{ V}$ ) (Note 2)	$I_{SC}$	25	80	125	mA

<b>UNDERVOLTAGE LOCKOUT</b>					
Reset Output Voltage ( $V_{ref} = +3.8\text{ V}$ )		–	0.2	0.4	V
Reset Output Voltage ( $V_{ref} = +4.8\text{ V}$ )		2.4	4.8	–	V

<b>OSCILLATOR SECTION (Note 7)</b>					
Initial Accuracy ( $T_J = +25^\circ\text{C}$ )		–	$\pm 3.0$	$\pm 8.0$	%
Frequency Stability over Power Supply Range ( $+8.0\text{ V} \leq V_{CC} \leq +35\text{ V}$ )	$\frac{\Delta f_{osc}}{\Delta V_{CC}}$	–	0.5	1.0	%
Frequency Stability over Temperature ( $\Delta T_J = T_{low}$ to $T_{high}$ )	$\frac{\Delta f_{osc}}{\Delta T_J}$	–	2.0	–	%
Minimum Frequency ( $R_T = 150\text{ k}\Omega$ , $C_T = 20\text{ }\mu\text{F}$ )	$f_{min}$	–	0.5	–	Hz
Maximum Frequency ( $R_T = 2.0\text{ k}\Omega$ , $C_T = 0.001\text{ }\mu\text{F}$ )	$f_{max}$	400	–	–	kHz
Sawtooth Peak Voltage ( $V_{CC} = +35\text{ V}$ )	$V_{osc(P)}$	–	3.0	3.5	V
Sawtooth Valley Voltage ( $V_{CC} = +8.0\text{ V}$ )	$V_{osc(V)}$	0.45	0.8	–	V

<b>ERROR AMPLIFIER SECTION (Note 8)</b>					
Input Offset Voltage ( $R_S \leq 2.0\text{ k}\Omega$ )	$V_{IO}$	–	2.0	10	mV
Input Bias Current	$I_{IB}$	–	–350	–2000	nA
Input Offset Current	$I_{IO}$	–	35	200	nA
DC Open Loop Gain ( $R_L \geq 10\text{ M}\Omega$ )	$A_{VOL}$	60	72	–	dB
High Output Voltage ( $V_{Pin\ 1} - V_{Pin\ 2} > +150\text{ mV}$ , $I_{source} = 100\text{ }\mu\text{A}$ )	$V_{OH}$	3.6	4.2	–	V
Low Output Voltage ( $V_{Pin\ 2} - V_{Pin\ 1} \geq +150\text{ mV}$ , $I_{sink} = 100\text{ }\mu\text{A}$ )	$V_{OL}$	–	0.2	0.4	V
Common Mode Rejection Ratio ( $R_S \leq 2.0\text{ k}\Omega$ )	CMRR	70	94	–	dB
Power Supply Rejection Ratio ( $+12\text{ V} \leq V_{CC} \leq +18\text{ V}$ )	PSRR	66	80	–	dB

- NOTES: 2. Maximum junction temperature must be observed.  
 5.  $T_{low} = 0^\circ\text{C}$   $T_{high} = +125^\circ\text{C}$   
 6.  $I_L = 0\text{ mA}$  unless otherwise noted.  
 7.  $f_{osc} = 40\text{ kHz}$  ( $R_T = 4.12\text{ k}\Omega \pm 1\%$ ,  $C_T = 0.01\text{ }\mu\text{F} \pm 1\%$ ,  $R_D = 0\text{ }\Omega$ )  
 8.  $0\text{ V} \leq V_{CM} \leq +5.2\text{ V}$ .

SG3526

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
-----------------	--------	-----	-----	-----	------

PWM COMPARATOR SECTION (Note 7)

Minimum Duty Cycle ( $V_{Compensation} = +0.4\text{ V}$ )	$DC_{min}$	–	–	0	%
Maximum Duty Cycle ( $V_{Compensation} = +3.6\text{ V}$ )	$DC_{max}$	45	49	–	%

DIGITAL PORTS (SYNC, SHUTDOWN, RESET)

Output Voltage (High Logic Level) ( $I_{source} = 40\text{ }\mu\text{A}$ ) (Low Logic Level) ( $I_{sink} = 3.6\text{ mA}$ )	$V_{OH}$ $V_{OL}$	2.4 –	4.0 0.2	– 0.4	V
Input Current — High Logic Level (High Logic Level) ( $V_{IH} = +2.4\text{ V}$ ) (Low Logic Level) ( $V_{IL} = +0.4\text{ V}$ )	$I_{IH}$ $I_{IL}$	– –	–125 –225	–200 –360	$\mu\text{A}$

CURRENT LIMIT COMPARATOR SECTION (Note 9)

Sense Voltage ( $R_S \leq 50\text{ }\Omega$ )	$V_{sense}$	80	100	120	mA
Input Bias Current	$I_{IB}$	–	–3.0	–10	$\mu\text{A}$

SOFT-START SECTION

Error Clamp Voltage (Reset = +0.4 V)		–	0.1	0.4	V
$C_{Soft-Start}$ Charging Current (Reset = +2.4 V)	$I_{CS}$	50	100	150	$\mu\text{A}$

OUTPUT DRIVERS (Each Output,  $V_C = +15\text{ Vdc}$ , unless otherwise noted.)

Output High Level $I_{source} = 20\text{ mA}$ $I_{source} = 100\text{ mA}$	$V_{OH}$	12.5 12	13.5 13	– –	V
Output Low Level $I_{sink} = 20\text{ mA}$ $I_{sink} = 100\text{ mA}$	$V_{OL}$	– –	0.2 1.2	0.3 2.0	V
Collector Leakage, $V_C = +40\text{ V}$	$I_{C(Leak)}$	–	50	150	$\mu\text{A}$
Rise Time ( $C_L = 1000\text{ pF}$ )	$t_r$	–	0.3	0.6	$\mu\text{s}$
Fall Time ( $C_L = 1000\text{ pF}$ )	$t_f$	–	0.1	0.2	$\mu\text{s}$
Supply Current (Shutdown = +0.4 V, $V_{CC} = +35\text{ V}$ , $R_T = 4.12\text{ k}\Omega$ )	$I_{CC}$	–	18	30	mA

NOTES: 7.  $f_{osc} = 40\text{ kHz}$  ( $R_T = 4.12\text{ k}\Omega \pm 1\%$ ,  $C_T = 0.01\text{ }\mu\text{F} \pm 1\%$ ,  $R_D = 0\text{ }\Omega$ )  
 8.  $0\text{ V} \leq V_{CM} \leq +5.2\text{ V}$   
 9.  $0\text{ V} \leq V_{CM} \leq +12\text{ V}$

Figure 1. Reference Stability over Temperature

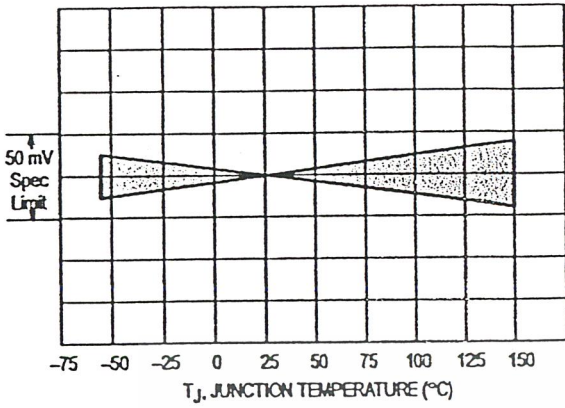


Figure 2. Reference Voltage as a Function Supply Voltage

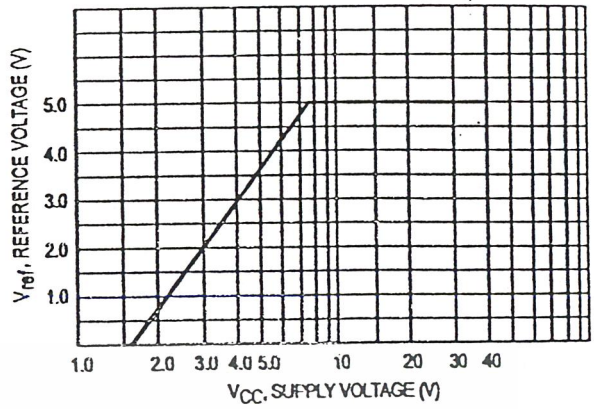


Figure 3. Error Amplifier Open Loop Frequency Response

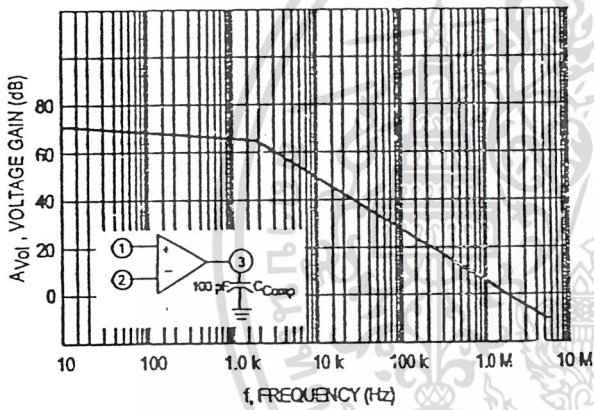


Figure 4. Current Limit Comparator Threshold

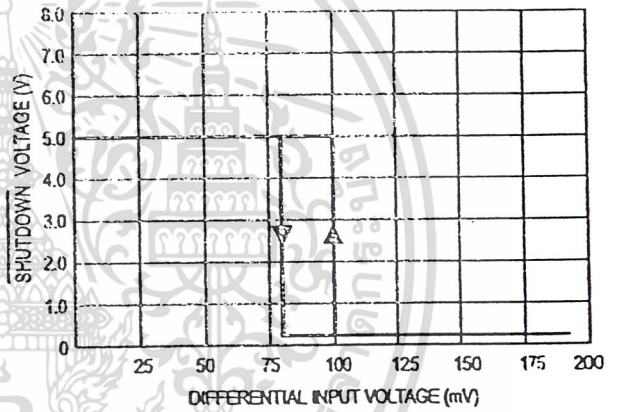


Figure 5. Undervoltage Lockout Characteristic

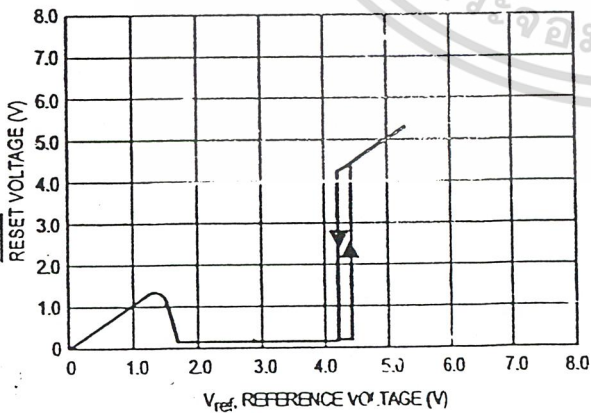
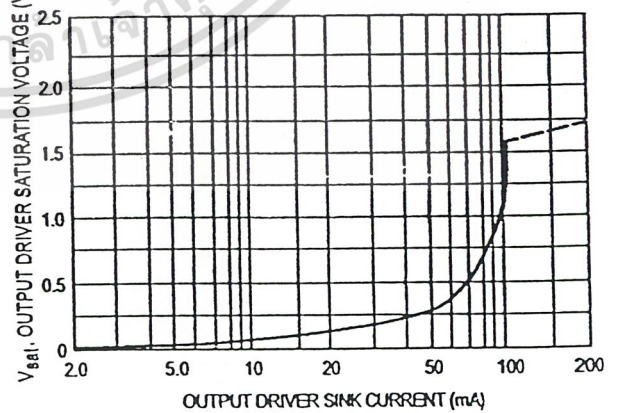
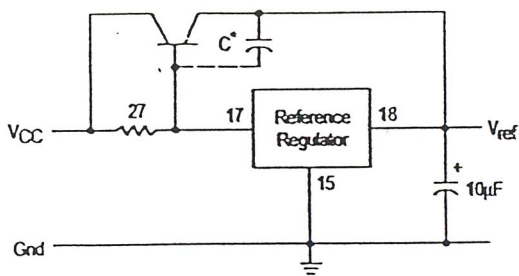


Figure 6. Output Driver Saturation Voltage as a Function of Sink Current



APPLICATIONS INFORMATION

Figure 12. Extending Reference Output Current Capability



\* May be required with some types of transistors

Figure 13. Error Amplifier Connections

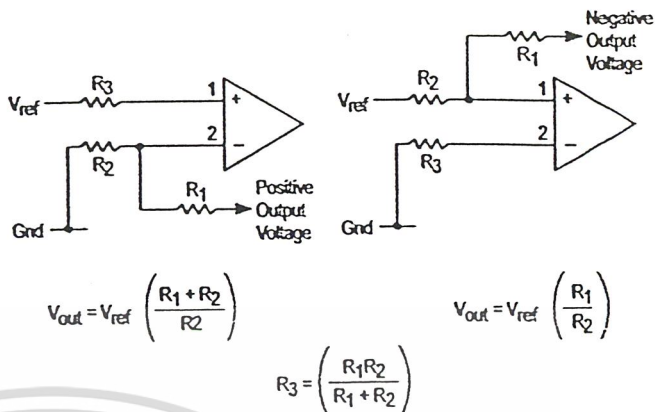


Figure 14. Oscillator Connections

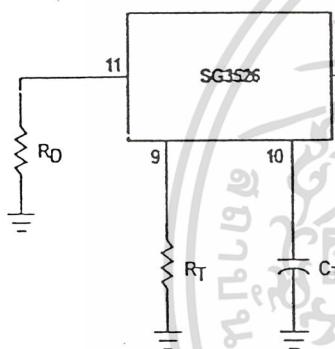


Figure 15. Foldback Current Limiting

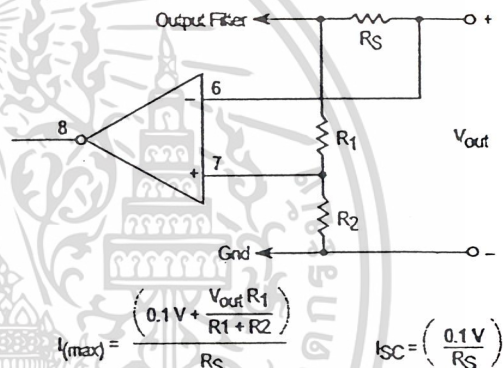


Figure 16. Soft-Start Circuitry

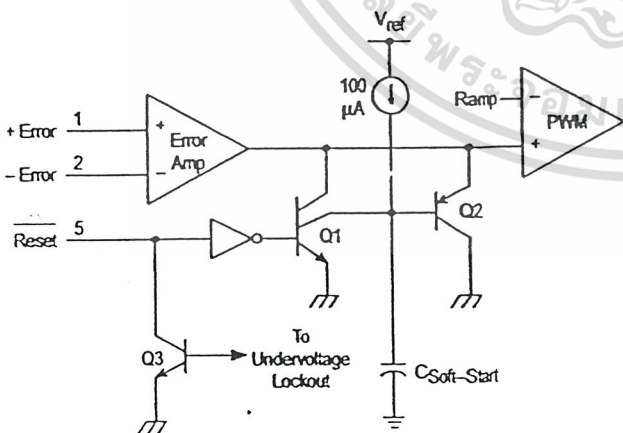
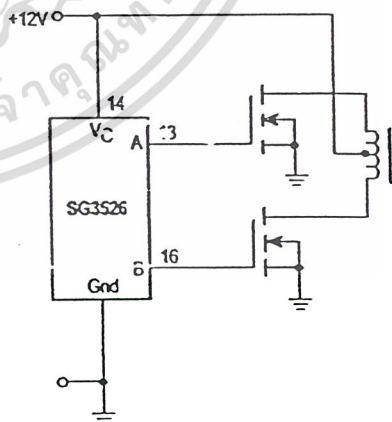


Figure 17. Driving V MOS Power FETs



The totem pole output drivers of the SG3526 are ideally suited for driving the input capacitance of power FETs at high speeds.

Figure 18. Half-Bridge Configuration

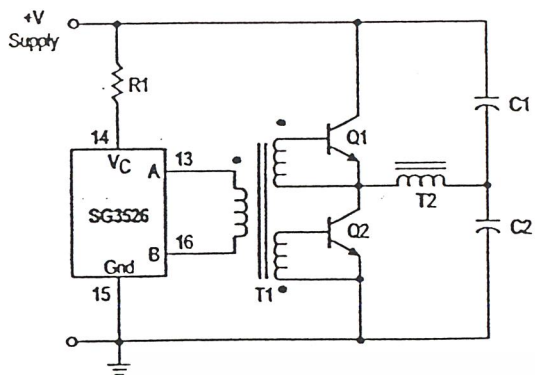
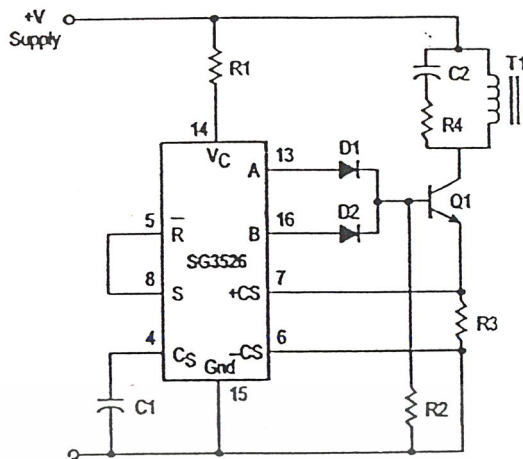


Figure 19. Flyback Converter with Current Limiting



In the above circuit, current limiting is accomplished by using the current limit comparator output to reset the soft-start capacitor.

Figure 20. Single-Ended Configuration

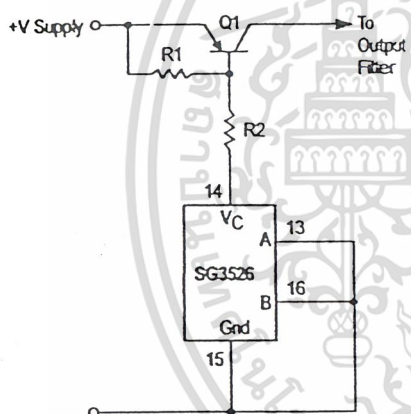
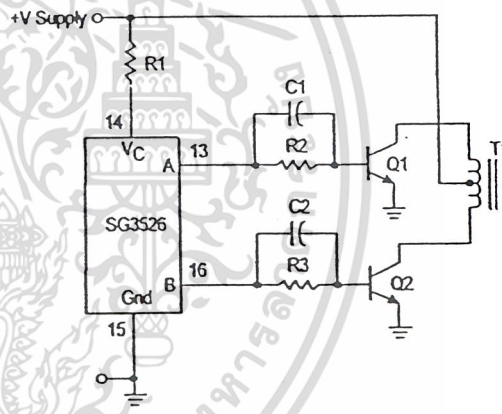
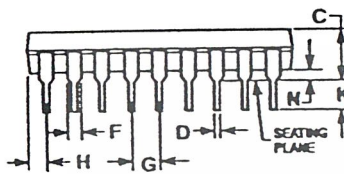
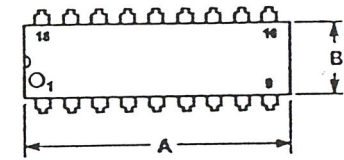


Figure 21. Push-Pull Configuration



SG3526  
OUTLINE DIMENSIONS

N SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 707-02  
ISSUE C




NOTES:

1. POSITIONAL TOLERANCE OF LEADS (D), SHALL BE WITHIN 0.25 (0.010) AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION, IN RELATION TO SEATING PLANE AND EACH OTHER.
2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	22.22	23.24	0.875	0.915
B	6.10	6.60	0.240	0.260
C	3.56	4.57	0.140	0.180
D	0.36	0.56	0.014	0.022
F	1.27	1.78	0.050	0.070
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	1.02	1.52	0.040	0.060
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	2.92	3.43	0.115	0.135
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.51	1.02	0.020	0.040






Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola 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 consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola 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. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola 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 Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola 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 Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and  registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:  
 USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;  
 P.O. Box 20912, Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454  
 MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE 602-244-6609  
 INTERNET: http://Design-NET.com

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center,  
 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315  
 ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductor, H.K. Ltd.; 88 Tai Ping Industrial Park,  
 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298

 MOTOROLA SG3526/D  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของ 

**15A, 400V - 600V Ultrafast Dual Diodes**

MUR3040PT, MUR3050PT, MUR3060PT and RURH1540CC, RURH1550CC, RURH1560CC are ultrafast dual diodes ( $t_{RR} < 55ns$ ) with soft recovery characteristics. They have a low forward voltage drop and are of planar, silicon nitride passivated, ion-implanted, epitaxial construction.

These devices are intended for use as energy steering/clamping diodes and rectifiers in a variety of switching power supplies and other power switching applications. Their low stored charge and ultrafast recovery with soft recovery characteristics minimizes ringing and electrical noise in many power switching circuits thus reducing power loss in the switching transistor.

**Features**

- Ultrafast with Soft Recovery Characteristic ( $t_{RR} < 55ns$ )
- +175°C Rated Junction Temperature
- Reverse Voltage Up to 600V
- Avalanche Energy Rated

**Applications**

- Switching Power Supply
- Power Switching Circuits
- General Purpose

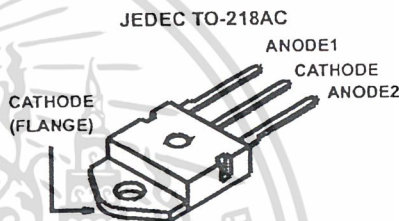
**Ordering Information**

**PACKAGING AVAILABILITY**

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
MUR3040PT	TO-218AC	MUR3040PT
RURH1540CC	TO-218AC	RURH1540C
MUR3050PT	TO-218AC	MUR3050PT
RURH1550CC	TO-218AC	RURH1550C
MUR3060PT	TO-218AC	MUR3060PT
RURH1560CC	TO-218AC	RURH1560C

NOTE: When ordering, use the entire part number.

**Package**



**Symbol**



**Absolute Maximum Ratings**  $T_C = +25^\circ C$ , Unless Otherwise Specified

	MUR3040PT RURH1540CC	MUR3050PT RURH1550CC	MUR3060PT RURH1560CC
Peak Repetitive Reverse Voltage..... $V_{RRM}$	400V	500V	600V
Working Peak Reverse Voltage..... $V_{RWM}$	400V	500V	600V
DC Blocking Voltage..... $V_R$	400V	500V	600V
Average Rectified Forward Current..... $I_{F(AV)}$ (Total device forward current at rated $V_R$ and $T_C = +150^\circ C$ )	15A	15A	15A
Peak Forward Repetitive Current..... $I_{FRM}$ (Rated $V_R$ , square wave 20kHz)	42	42	30A
Nonrepetitive Peak Surge Current..... $I_{FSM}$ (Surge applied at rated load condition halfwave 1phase 60Hz)	200A	200A	200A
Operating and Storage Temperature..... $T_{STG}, T_J$	-55°C to +175°C	-55°C to +175°C	-55°C to +175°C

MUR3040PT, RURH1540CC, MUR3050PT, RURH1550CC, MUR3060PT, RURH1560CC

Electrical Specifications  $T_C = +25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified

SYMBOL	TEST CONDITION	LIMITS									UNITS
		MUR3040PT, RURH1540CC			MUR3050PT, RURH1550CC			MUR3060PT, RURH1560CC			
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_F$	$I_F = 15\text{A}$ $T_C = +150^\circ\text{C}$	-	-	1.12	-	-	1.20	-	-	1.20	V
	$I_F = 15\text{A}$ $T_C = +25^\circ\text{C}$	-	-	1.25	-	-	1.50	-	-	1.50	V
$I_R$ at $T_C = +150^\circ\text{C}$	$V_R = 400\text{V}$	-	-	500	-	-	-	-	-	-	$\mu\text{A}$
	$V_R = 500\text{V}$	-	-	-	-	-	500	-	-	-	$\mu\text{A}$
	$V_R = 600\text{V}$	-	-	-	-	-	-	-	-	500	$\mu\text{A}$
$I_R$ at $T_C = +25^\circ\text{C}$	$V_R = 400\text{V}$	-	-	100	-	-	-	-	-	-	$\mu\text{A}$
	$V_R = 500\text{V}$	-	-	-	-	-	100	-	-	-	$\mu\text{A}$
	$V_R = 600\text{V}$	-	-	-	-	-	-	-	-	100	$\mu\text{A}$
$t_{RR}$	$I_F = 1\text{A}$	-	-	55	-	-	55	-	-	55	ns
	$I_F = 15\text{A}$	-	-	60	-	-	60	-	-	60	ns
$t_A$	$I_F = 1\text{A}$	-	20	-	-	-	20	-	20	-	ns
	$I_F = 15\text{A}$	-	30	-	-	-	30	-	30	-	ns
$t_B$	$I_F = 1\text{A}$	-	15	-	-	-	15	-	15	-	ns
	$I_F = 15\text{A}$	-	17	-	-	-	17	-	20	-	ns
$R_{\theta JC}$		-	-	1.5	-	-	1.5	-	-	1.5	$^\circ\text{C/W}$
$E_{AVL}$	see Fig. 7, 8	-	-	20	-	-	20	-	-	20	mj

DEFINITIONS

- $V_F$  = Instantaneous forward voltage ( $p_w = 300\mu\text{s}$ ,  $D = 2\%$ ).
- $I_R$  = Instantaneous reverse current.
- $t_{RR}$  = Reverse recovery time at  $di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$  (See Figure 2), summation of  $t_A + t_B$ .
- $t_A$  = Time to reach peak reverse current at  $di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$  (See Figure 2).
- $t_B$  = Time from peak  $I_{RM}$  to projected zero crossing of  $I_{RM}$  based on a straight line from peak  $I_{RM}$  through 25% of  $I_{RM}$  (See Figure 2).
- $R_{\theta JC}$  = Thermal resistance junction to case.
- $E_{AVL}$  = Controlled avalanche energy (See Figures 7 and 8).
- $p_w$  = pulse width.
- $D$  = duty cycle.

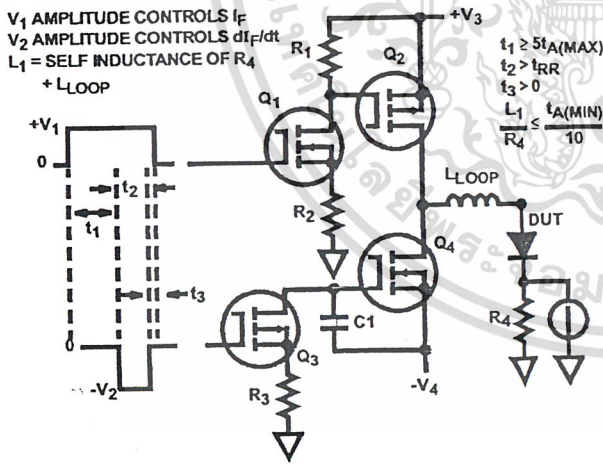


FIGURE 1.  $t_{RR}$  TEST CIRCUIT

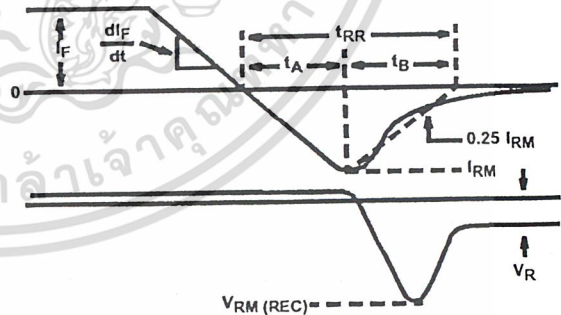


FIGURE 2. DEFINITIONS OF  $t_{RR}$ ,  $t_A$  AND  $t_B$

All Intersil semiconductor products are manufactured, assembled and tested under ISO9000 quality systems certification.

Intersil semiconductor products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Intersil or its subsidiaries.

For information regarding Intersil Corporation and its products, see web site <http://www.intersil.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ Intersil Corporation ใช้สำหรับการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Curves

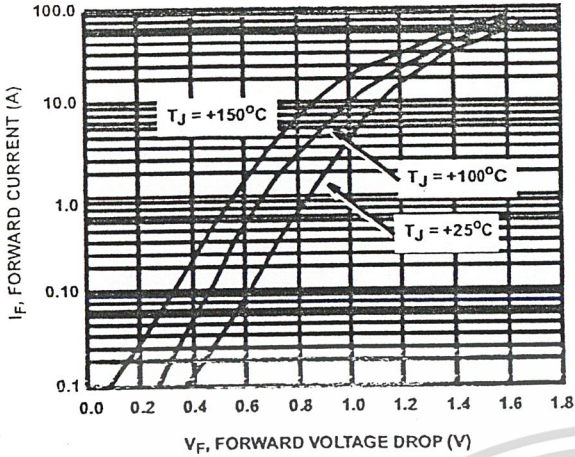


FIGURE 3. FORWARD VOLTAGE vs FORWARD CURRENT CHARACTERISTIC

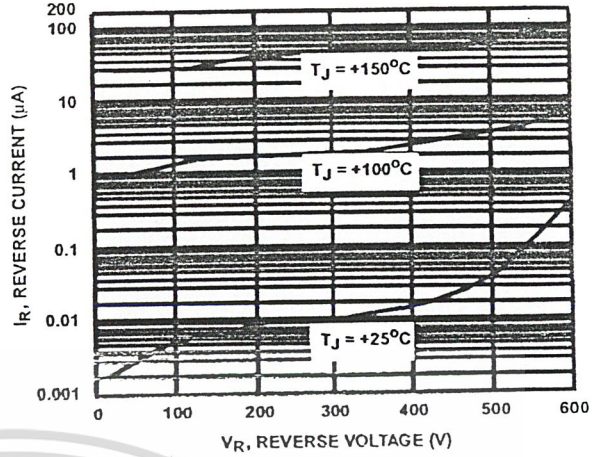


FIGURE 4. REVERSE VOLTAGE vs REVERSE CURRENT CHARACTERISTIC

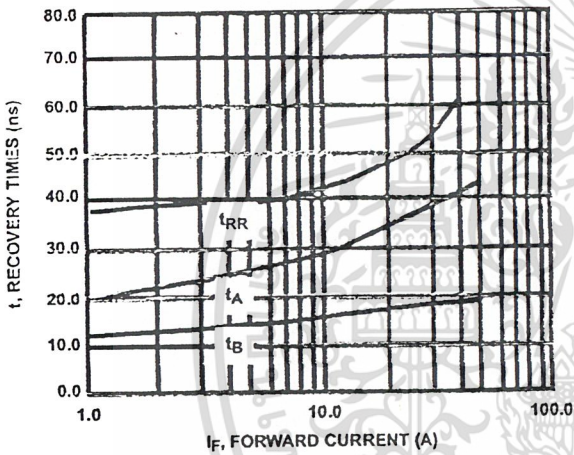


FIGURE 5. TYPICAL  $t_{RR}$ ,  $t_A$  AND  $t_B$  CURVES vs FORWARD CURRENT

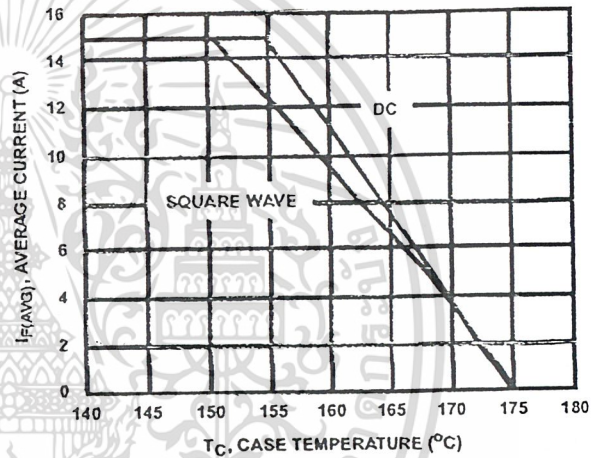


FIGURE 6. TYPICAL CURRENT DERATING CURVE vs CASE TEMPERATURE

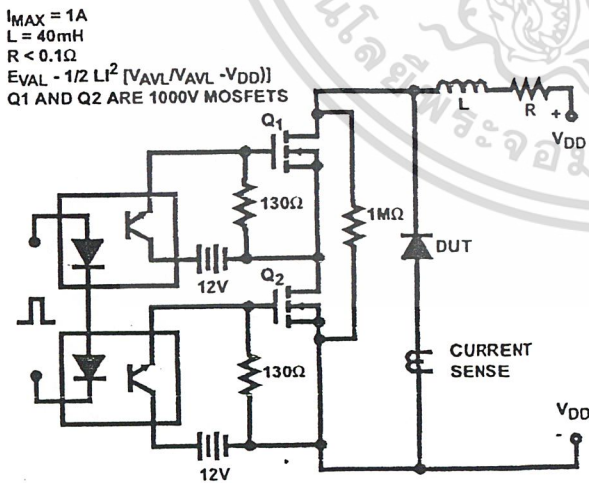


FIGURE 7. AVALANCHE ENERGY TEST CIRCUIT

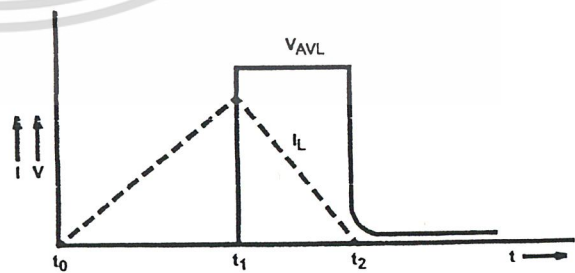


FIGURE 8. CURRENT VOLTAGE WAVEFORM

**8A, 400V - 600V Ultrafast Diodes**

The MUR840, MUR860, RURP840 and RURP860 are low forward voltage drop ultrafast recovery rectifiers ( $t_{rr} < 60\text{ns}$ ). They use a glass-passivated ion-implanted, epitaxial construction.

These devices are intended for use as output rectifiers and flywheel diodes in a variety of high-frequency pulse-width modulated switching regulators. Their low stored charge and attendant fast reverse-recovery behavior minimize electrical noise generation and in many circuits markedly reduce the turn-on dissipation of the associated power switching transistors.

Formerly developmental type TA09616.

**Features**

- Ultrafast with Soft Recovery . . . . . <60ns
- Operating Temperature . . . . . 175°C
- Reverse Voltage . . . . . 600V
- Avalanche Energy Rated
- Planar Construction

**Applications**

- Switching Power Supplies
- Power Switching Circuits
- General Purpose

**Packaging**

**Ordering Information**

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
MUR840	TO-220AC	MUR840
RURP840	TO-220AC	RURP840
MUR860	TO-220AC	MUR860
RURP860	TO-220AC	RURP860

NOTE: When ordering, use the entire part number.



**Symbol**



**Absolute Maximum Ratings**  $T_C = 25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified

	MUR840 RURP840	MUR860 RURP860	UNITS
Peak Repetitive Reverse Voltage . . . . . $V_{RRM}$	400	600	V
Working Peak Reverse Voltage . . . . . $V_{RWM}$	400	600	V
DC Blocking Voltage . . . . . $V_R$	400	600	V
Average Rectified Forward Current . . . . . $I_{F(AV)}$ ( $T_C = 155^\circ\text{C}$ )	8	8	A
Repetitive Peak Surge Current . . . . . $I_{FRM}$ (Square Wave, 20kHz)	16	16	A
Nonrepetitive Peak Surge Current . . . . . $I_{FSM}$ (Halfwave, 1 Phase, 60Hz)	100	100	A
Maximum Power Dissipation . . . . . $P_D$	75	75	W
Avalanche Energy (See Figures 10 and 11) . . . . . $E_{AVL}$	20	20	mJ
Operating and Storage Temperature . . . . . $T_{STG}, T_J$	-65 to 175	-65 to 175	°C
Maximum Lead Temperature for Soldering			
Leads at 0.063 in. (1.6mm) from case for 10s . . . . . $T_L$	300	300	°C
Package Body for 10s, see Tech Brief 334 . . . . . $T_{PKG}$	260	260	°C

# MUR840, MUR860, RURP840, RURP860

## Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified

SYMBOL	TEST CONDITION	MUR840, RURP840			MUR860, RURP860			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_F$	$I_F = 8\text{A}$	-	-	1.3	-	-	1.5	V
	$I_F = 8\text{A}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	1.0	-	-	1.2	V
$I_R$	$V_R = 400\text{V}$	-	-	100	-	-	-	$\mu\text{A}$
	$V_R = 600\text{V}$	-	-	-	-	-	100	$\mu\text{A}$
	$V_R = 400\text{V}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	500	-	-	-	$\mu\text{A}$
	$V_R = 600\text{V}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	-	-	-	500	$\mu\text{A}$
$t_{rr}$	$I_F = 1\text{A}, di_F/dt = 200\text{A}/\mu\text{s}$	-	-	60	-	-	60	ns
	$I_F = 8\text{A}, di_F/dt = 200\text{A}/\mu\text{s}$	-	-	70	-	-	70	ns
$t_a$	$I_F = 8\text{A}, di_F/dt = 200\text{A}/\mu\text{s}$	-	32	-	-	32	-	ns
$t_b$	$I_F = 8\text{A}, di_F/dt = 200\text{A}/\mu\text{s}$	-	21	-	-	21	-	ns
$Q_{RR}$	$I_F = 8\text{A}, di_F/dt = 200\text{A}/\mu\text{s}$	-	195	-	-	195	-	nC
$C_J$	$V_R = 10\text{V}, I_F = 0\text{A}$	-	25	-	-	25	-	pF
$R_{\theta JC}$		-	-	2	-	-	2	$^\circ\text{C}/\text{W}$

### DEFINITIONS

$V_F$  = Instantaneous forward voltage ( $p_w = 300\mu\text{s}, D = 2\%$ ).

$I_R$  = Instantaneous reverse current.

$t_{rr}$  = Reverse recovery time (See Figure 9), summation of  $t_a + t_b$ .

$t_a$  = Time to reach peak reverse current (See Figure 9).

$t_b$  = Time from peak  $I_{RM}$  to projected zero crossing of  $I_{RM}$  based on a straight line from peak  $I_{RM}$  through 25% of  $I_{RM}$  (See Figure 9).

$Q_{RR}$  = Reverse recovery charge.

$C_J$  = Junction Capacitance.

$R_{\theta JC}$  = Thermal resistance junction to case.

$p_w$  = pulse width.

$D$  = duty cycle.

### Typical Performance Curves

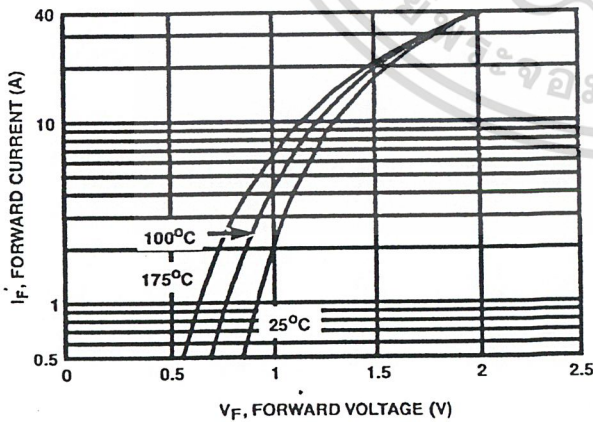


FIGURE 1. FORWARD CURRENT vs FORWARD VOLTAGE

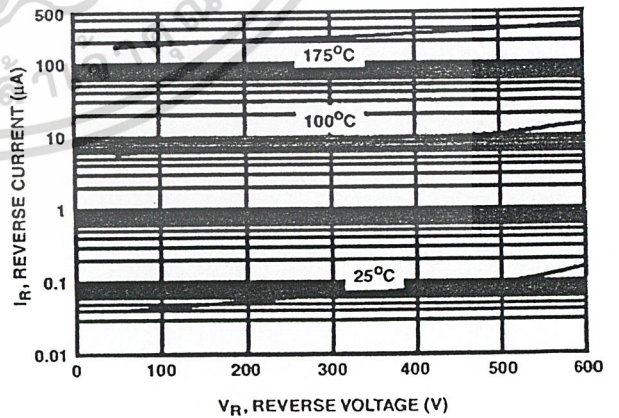


FIGURE 2. REVERSE CURRENT vs REVERSE VOLTAGE

Typical Performance Curves (Continued)

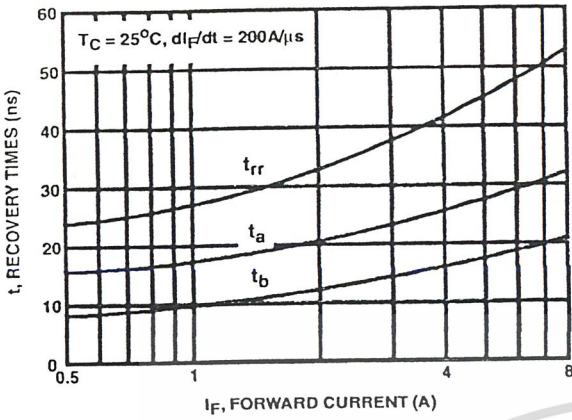


FIGURE 3.  $t_{rr}$ ,  $t_a$  AND  $t_b$  CURVES vs FORWARD CURRENT

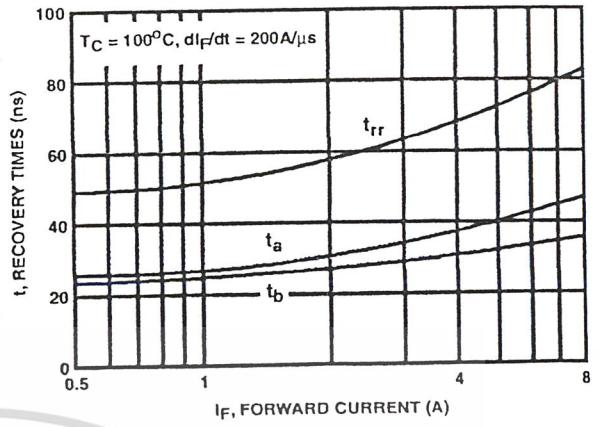


FIGURE 4.  $t_{rr}$ ,  $t_a$  AND  $t_b$  CURVES vs FORWARD CURRENT

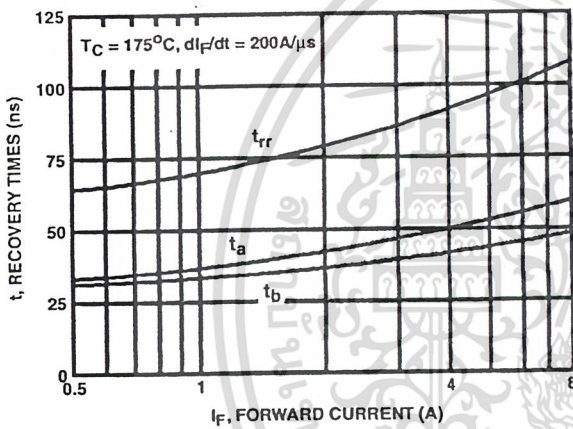


FIGURE 5.  $t_{rr}$ ,  $t_a$  AND  $t_b$  CURVES vs FORWARD CURRENT

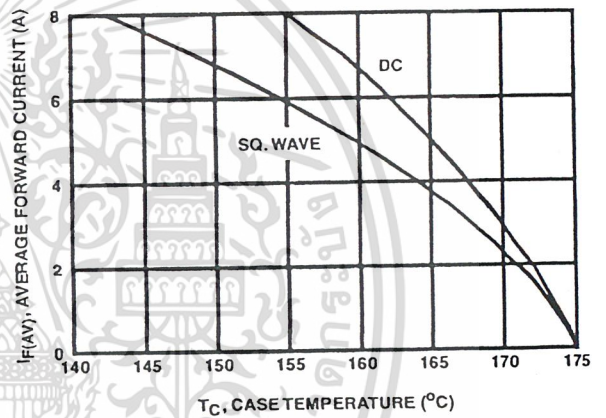


FIGURE 6. CURRENT DERATING CURVE

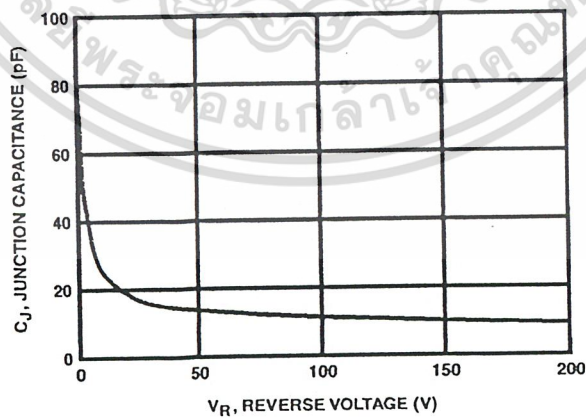


FIGURE 7. JUNCTION CAPACITANCE vs REVERSE VOLTAGE

Test Circuits and Waveforms

$V_{GE}$  AMPLITUDE AND  
 $R_G$  CONTROL  $di_F/dt$   
 $t_1$  AND  $t_2$  CONTROL  $I_F$

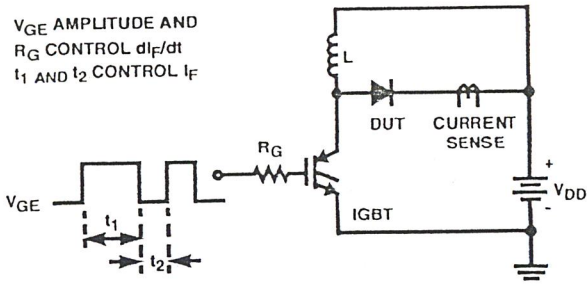


FIGURE 8.  $t_{rr}$  TEST CIRCUIT

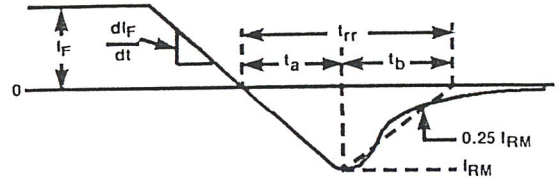


FIGURE 9.  $t_{rr}$  WAVEFORMS AND DEFINITIONS

$I = 1A$   
 $L = 40mH$   
 $R < 0.1\Omega$   
 $E_{AVL} = 1/2LI^2 [V_{R(AVL)}/(V_{R(AVL)} - V_{DD})]$   
 $Q_1 = IGBT (BV_{CES} > DUT V_{R(AVL)})$

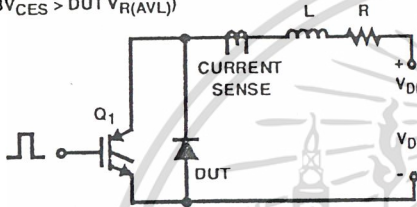


FIGURE 10. AVALANCHE ENERGY TEST CIRCUIT

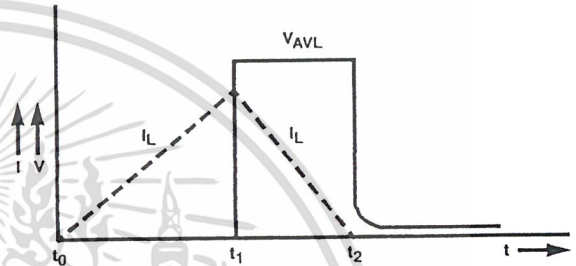


FIGURE 11. AVALANCHE CURRENT AND VOLTAGE WAVEFORMS

## TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE <sup>x</sup> ™	FAST <sup>®</sup>	OPTOLOGIC™	SMART START™	VCX™
Bottomless™	FASTr™	OPTOPLANAR™	STAR*POWER™	
CoolFET™	FRFET™	PACMAN™	Stealth™	
CROSSVOLT™	GlobalOptoisolator™	POP™	SuperSOT™-3	
DenseTrench™	GTO™	Power247™	SuperSOT™-6	
DOME™	HiSeC™	PowerTrench <sup>®</sup>	SuperSOT™-8	
EcoSPARK™	ISOPLANAR™	QFET™	SyncFET™	
E <sup>2</sup> C MOS™	LittleFET™	QS™	TinyLogic™	
EnSigna™	MicroFET™	QT Optoelectronics™	TruTranslation™	
FACT™	MicroPak™	Quiet Series™	UHC™	
FACT Quiet Series™	MICROWIRE™	SILENT SWITCHER <sup>®</sup>	UltraFET <sup>®</sup>	

STAR\*POWER is used under license

## 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 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, or (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 significant injury to the user.
2. A critical component is 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.

## PRODUCT STATUS DEFINITIONS

### Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

Rev. 114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TIP31 Series(TIP31/31A/31B/31C)

### Medium Power Linear Switching Applications

- Complementary to TIP32/32A/32B/32C

1 TO-220

1.Base 2.Collector 3.Emitter

### NPN Epitaxial Silicon Transistor

#### Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage : TIP31	40	V
	: TIP31A	60	V
	: TIP31B	80	V
	: TIP31C	100	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage : TIP31	40	V
	: TIP31A	60	V
	: TIP31B	80	V
	: TIP31C	100	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	3	A
$I_{CP}$	Collector Current (Pulse)	5	A
$I_B$	Base Current	1	A
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ\text{C}$ )	40	W
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_a=25^\circ\text{C}$ )	2	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature	- 65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

#### Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CEO(sus)}$	* Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 30\text{mA}, I_B = 0$	40	60	V
	: TIP31				
	: TIP31A				
	: TIP31B				
$I_{CEO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 30\text{V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 60\text{V}, I_B = 0$	0.3	0.3	mA
	: TIP31/31A				
	: TIP31B/31C				
$I_{CES}$	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 40\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 60\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 80\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 100\text{V}, V_{EB} = 0$	200	200	$\mu\text{A}$
	: TIP31				
	: TIP31A				
	: TIP31B				
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = 5\text{V}, I_C = 0$	1	1	mA
$h_{FE}$	* DC Current Gain	$V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 1\text{A}$ $V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 3\text{A}$	25	10	50
$V_{CE(sat)}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 3\text{A}, I_B = 375\text{mA}$		1.2	V
$V_{BE(sat)}$	* Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 3\text{A}$		1.8	V
$f_T$	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 500\text{mA}$	3.0		MHz

\* Pulse Test:  $PW \leq 300\mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2\%$

TIP31 Series(TIP31/31A/31B/31C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Typical Characteristics

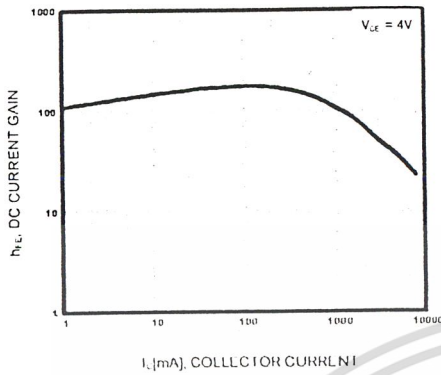


Figure 1. DC current Gain

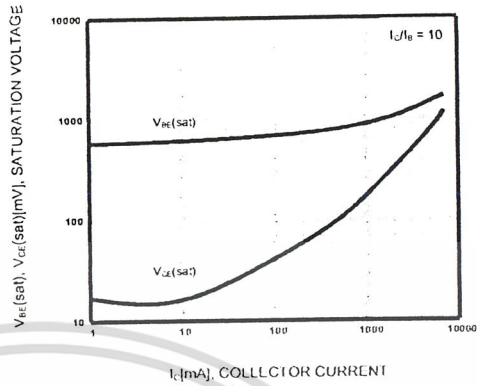


Figure 2. Base-Emitter Saturation Voltage  
Collector-Emitter Saturation Voltage

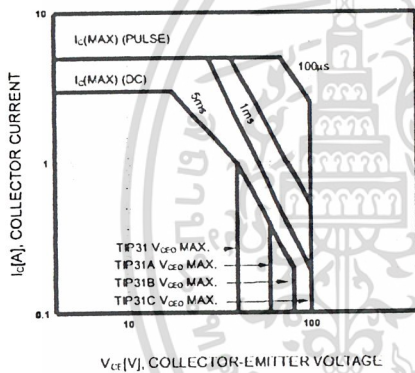


Figure 3. Safe Operating Area

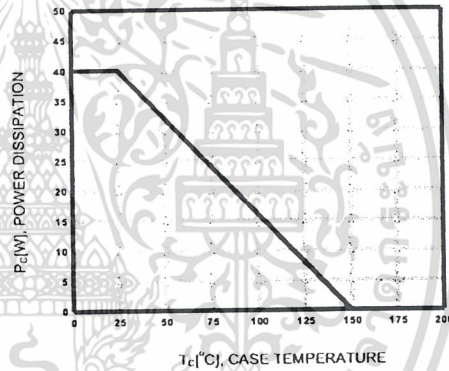
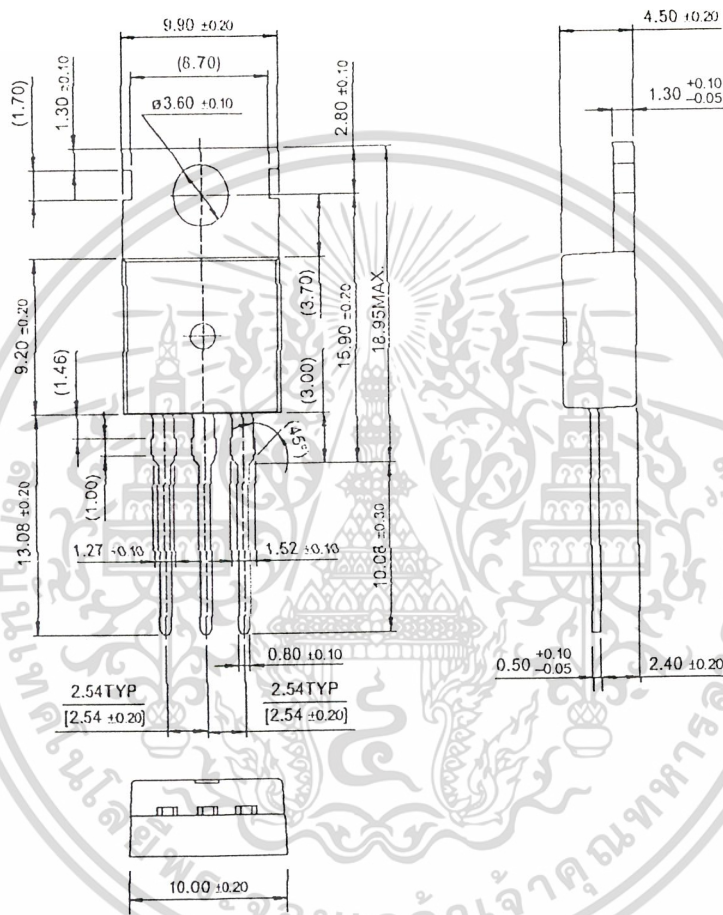


Figure 4. Power Derating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Dimensions

TO-220



Dimensions in Millimeters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE <sup>x</sup> ™	HiSeC™	SuperSOT™-8
Bottomless™	ISOPANAR™	SyncFET™
CoolFET™	MICROWIRE™	TinyLogic™
CROSSVOLT™	POP™	UHC™
E <sup>2</sup> CMOS™	PowerTrench®	VCX™
FACT™	QFET™	
FACT Quiet Series™	QS™	
FAST®	Quiet Series™	
FASTr™	SuperSOT™-3	
GTO™	SuperSOT™-6	

## 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 FAIRCHILD SEMICONDUCTOR INTERNATIONAL.

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, or (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 significant injury to the user.
2. A critical component is 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.

## PRODUCT STATUS DEFINITIONS

### Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TIP32 Series(TIP32/32A/32B/32C)

TIP32 Series(TIP32/32A/32B/32C)

### Medium Power Linear Switching Applications

- Complement to TIP31/31A/31B/31C

1 TO-220

1.Base 2.Collector 3.Emitter

### PNP Epitaxial Silicon Transistor

#### Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage : TIP32	- 40	V
	: TIP32A	- 60	V
	: TIP32B	- 80	V
	: TIP32C	- 100	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage : TIP32	- 40	V
	: TIP32A	- 60	V
	: TIP32B	- 80	V
	: TIP32C	- 100	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	- 5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	- 3	A
$I_{CP}$	Collector Current (Pulse)	- 5	A
$I_B$	Base Current	- 3	A
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ\text{C}$ )	40	W
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_a=25^\circ\text{C}$ )	2	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature	- 65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

#### Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units		
$V_{CEO(sus)}$	* Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = - 30\text{mA}, I_B = 0$					
	: TIP32					-40	V
	: TIP32A					-60	V
	: TIP32B					-80	V
	: TIP32C	-100	V				
$I_{CEO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = - 30\text{V}, I_B = 0$ $V_{CE} = - 60\text{V}, I_B = 0$					
	: TIP32/32A					- 0.3	mA
	: TIP32B/32C		- 0.3	mA			
$I_{CES}$	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = - 40\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = - 60\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = - 80\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = - 100\text{V}, V_{EB} = 0$					
	: TIP32					- 200	$\mu\text{A}$
	: TIP32A					- 200	$\mu\text{A}$
	: TIP32B					- 200	$\mu\text{A}$
	: TIP32C	- 200	$\mu\text{A}$				
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = - 5\text{V}, I_C = 0$		- 1	mA		
$h_{FE}$	* DC Current Gain	$V_{CE} = - 4\text{V}, I_C = - 1\text{A}$ $V_{CE} = - 4\text{V}, I_C = - 3\text{A}$	25	10	50		
$V_{CE(sat)}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = - 3\text{A}, I_B = - 375\text{mA}$		- 1.2	V		
$V_{BE(sat)}$	* Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE} = - 4\text{V}, I_C = - 3\text{A}$		- 1.8	V		
$f_T$	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = - 10\text{V}, I_C = - 500\text{mA}$	3.0		MHZ		

\* Pulse Test: PW:300 $\mu\text{s}$ , Duty Cycle:2%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Typical Characteristics

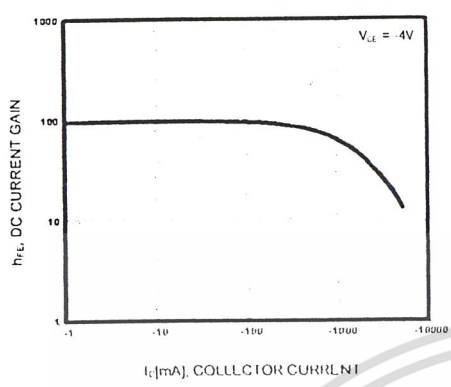


Figure 1. DC current Gain

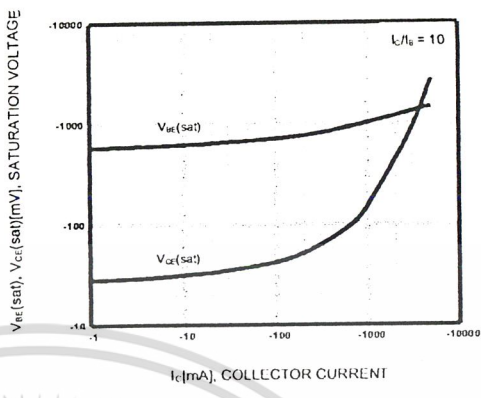


Figure 2. Base-Emitter Saturation Voltage  
Collector-Emitter Saturation Voltage

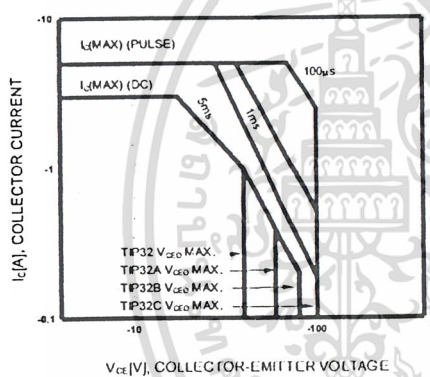


Figure 3. Safe Operating Area

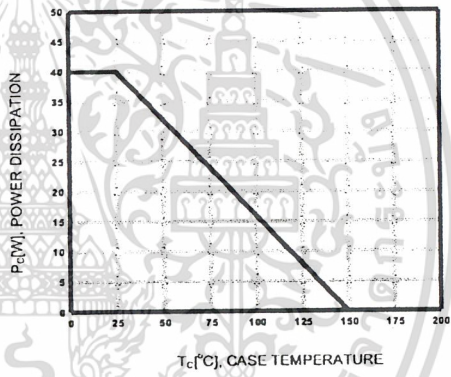


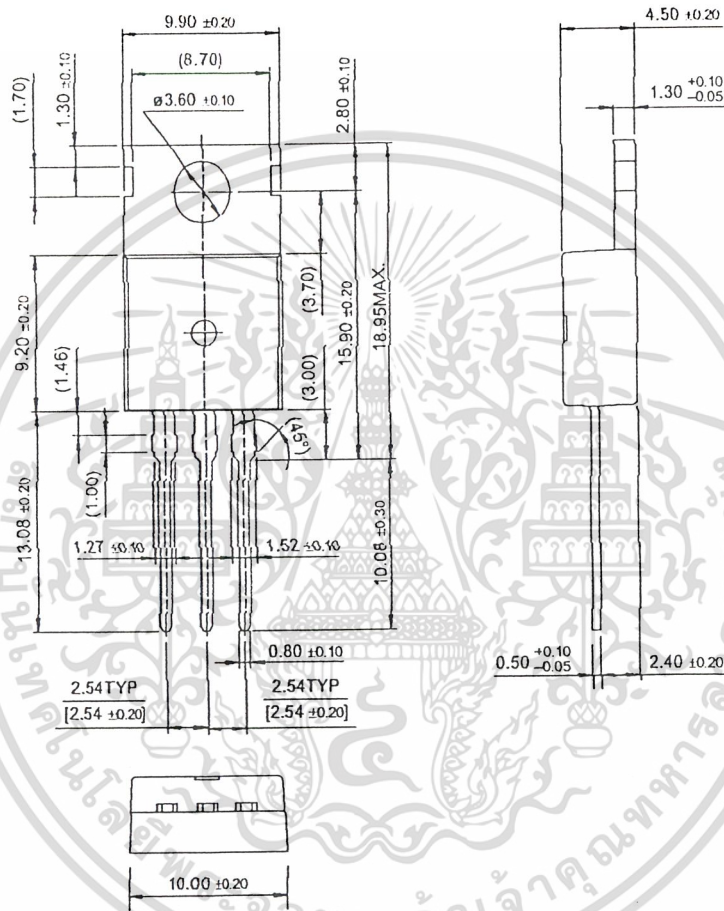
Figure 4. Power Derating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Package Dimensions

TIP32 Series (TIP32/32A/32B/32C)

## TO-220



Dimensions in Millimeters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE<sup>x</sup>™  
Bottomless™  
CoolFET™  
CROSSVOLT™  
E<sup>2</sup>C<sup>MOS</sup>™  
FACT™  
FACT Quiet Series™  
FAST<sup>®</sup>  
FAST<sub>r</sub>™  
GTO™

HiSeC™  
ISOPLANAR™  
MICROWIRE™  
POP™  
PowerTrench<sup>®</sup>  
QFET™  
QS™  
Quiet Series™  
SuperSOT™-3  
SuperSOT™-6

SuperSOT™-8  
SyncFET™  
TinyLogic™  
UHC™  
VCX™

## 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 FAIRCHILD SEMICONDUCTOR INTERNATIONAL.

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, or (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 significant injury to the user.
2. A critical component is 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.

## PRODUCT STATUS DEFINITIONS

### Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้