สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมาไฟฟ้า

PLASMA ARC CUTTING MACHINE

โดย

นาย ภรต พัฒการีย์

นาย ไมตรี ไพศาลภาณุมาศ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. สมศักดิ์ เชียร์ศิริกุล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42699
วัน, เดือน, ปี 6 มิ.ย. 2545

.b.....
.i.....

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา โครงงานอิเล็กทรอนิกส์

สาขา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา

Plasma Arc Cutting Machine

นาย ภรต พัฒการีย์ รหัส 41013224

นาย ไมตรี ไพศาลภาณุมาศ รหัส 41013225

โครงงานนี้ได้รับการตรวจแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

.....

(รศ.สมศักดิ์ เชียร์ศิริกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา

ผู้จัดทำ

1. นาย ภรต พัฒการีย์ รหัส 41013224
2. นาย ไมตรี ไพศาลภาณุมาศ รหัส 41013225

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.สมศักดิ์ เชียร์ศิริกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา

PLASMA ARC CUTTING MACHINE

นาย ภรต พัฒการีย์
นาย ไมตรี ไพศาลภาณุมาศ
รศ.สมศักดิ์ เชียร์ศิริกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอส่วนประกอบของเครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา (ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า) การทำงานและผลการทดสอบในส่วนของแหล่งจ่ายกำลังที่เป็นแบบสวิทชิ่งอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีการทำงานคือขั้นแรกจะทำการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ 50 เฮิร์ท มาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 311 โวลท์ โดยวงจรเรียงกระแสและกรองกระแส ต่อมานำไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้มาเปลี่ยนเป็นพัลซ์ความถี่ประมาณ 20 กิโลเฮิร์ท โดยมอสเฟสกำลัง ของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ และมีไอซี SG3526 ทำการควบคุมความถี่และคาบเวลาในการนำกระแสของมอสเฟสกำลังตามข้อมูลที่ป้อนกลับจากเอาท์พุทของสวิทชิ่งกำลัง ดคยแรงดันไฟตรงที่เอาท์พุทของสวิทชิ่งกำลังในสภาวะที่ไม่มีโหลดจะมีค่าอยู่ที่ 250 โวลท์ และค่ากระแสที่ทดลองด้วยค่าโหลดประมาณ 25 โอห์มจะได้ 5 แอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLASMA ARC CUTTING MACHINE

Prot Pattagaree

Maitree Phaisarnphanumars

Somsak Cheersirikul Advisor

2000

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 H_z to direct current 311 Volts. Subsequently the direct current will be changed to high frequency pulses (20 kH_z) by the MOSFT that it's inside of Full-Bridge converter. Switching characteristic is produced by SG3526 entire frequency and pulse width which it received data from output section to continue the process. Finally,output voltage of power switching is 250 Volts (No load) and power switching current 5 Amps at 25 Ohm load.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1. เครื่องเชื่อมและตัดโลหะด้วยลำพลาสมาไฟฟ้า	1
1.1 พลาสมาคืออะไร	1
1.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าพลาสมา	1
1.2.1. ความได้เปรียบของเครื่องเชื่อมพลาสมาไฟฟ้า	2
1.2.2. ประเภทเครื่องเชื่อมพลาสมา	2
1.2.3. แก๊สพลาสมา	3
1.2.4. เครื่องประกอบของเครื่องเชื่อมพลาสมา	4
1.2.5. เครื่องจ่ายกำลังของเครื่องเชื่อมพลาสมา	4
1.2.6. การต่อแหล่งจ่ายกำลังขนาดเล็ก	4
1.2.7. ค่าเอ้าท์พุทที่ใช้งานของเครื่องเชื่อมพลาสมา	5
1.2.8. หัวเชื่อมพลาสมา	5
1.2.9. เทคนิคการเชื่อมด้วยพลาสมา	5
1.3 เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมาไฟฟ้า	6
1.3.1. เหตุผลในการใช้พลาสมาในการตัด	6
1.3.2. ความเร็วในการตัด	7
1.3.3. องค์ประกอบของเครื่องตัดพลาสมา	7
1.3.4. หัวตัดพลาสมา	8
1.3.5. ควบคุมเครื่องตัดพลาสมา	8
1.3.6. แหล่งจ่ายกำลังของเครื่องตัดโลหะด้วยพลาสมา	8
1.3.7. การทำงานของเครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา	9
1.3.8. การปรับแต่งเครื่องตัด	10
1.3.9. แก๊สเชื้อเพลิงพลาสมา	11
บทที่2. ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของสวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย	12
2.1. วงจรเรียงกระแสและกรองกระแส	12
2.1.1. ไดโอดเรียงกระแส	12
2.1.2. ตัวเก็บประจุกรองกระแส	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. วงจรคอนเวอร์เตอร์ 15
2.2.1. ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ 15
2.2.2. ฟอร์เวร์ดคอนเวอร์เตอร์ 16
2.2.3. พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ 17
2.2.4. ฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ 18
2.2.5. ฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ 19
2.3. วงจรควบคุม 19
2.3.1. วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดัน 20
2.3.2. วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส 21
2.4. วงจรขับ 23
2.4.1. วงจรขับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ 23
2.4.2. วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต 25
2.5. วงจรสนับเบอร์ 28
2.5.1. วงจรสนับเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส 29
2.5.2. วงจรสนับเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน 31
2.6. อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ 32
2.6.1. ฟาสต์-รีคัพเวอรี่และอุลตร้าฟาสต์-รีคัพเวอรี่ไดโอด 33
2.6.2. ชอตต์กี้ไดโอด 33
2.6.3. เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ 33
2.6.4. เพาเวอร์มอสเฟส 35

บทที่ 3. หลักการทำงานของวงจร 37
3.1 ส่วนประกอบของเครื่องตัดโลหะพลาสมาไฟฟ้า 37
3.1.1. อุปกรณ์ตรวจจับความดัน 37
3.1.2. หัวตัดพลาสมา 37
3.1.3. แหล่งจ่ายกำลังสวิทชิ่ง 39
3.1.4. วงจรแรงดันสูง 47
3.1.5. วงจรควบคุมการจุด/ดับ พลาสมา 47
3.6.2. วงจรคอนเวอร์เตอร์ 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4. การทดสอบการทำงาน 48
4.1. การตรวจวัดรูปสัญญาณที่จุดต่างๆ ในวงจร 48
4.2. การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติต่างๆของเครื่องสวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย 52
4.3. ผลการทดลองของเครื่องตัดโลหะพลาสมาไฟฟ้า 53

บทที่ 5. สรุป 55

ภาคผนวกที่ 1 ตารางแสดงค่าตัวแปรต่างๆของเครื่องเชื่อมและตัดพลาสมาไฟฟ้า 57
ภาคผนวกที่ 2 แสดงรายละเอียดการทำงานและหน้าที่ขาต่างๆของวงจรรวม SG 3526 65
หนังสืออ้างอิง 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
เครื่องเชื่อมและตัดโลหะด้วยลำพลาสมา

1.1 พลาสมาคืออะไร

การเกิดพลาสมานั้นเป็นเรื่องราวเกี่ยวกับการแตกตัวของอะตอมแก๊สที่ไหลผ่านกระบวนการอาร์คไฟฟ้าแต่ถ้าเราทำการทดลองสร้างพลาสมาในสูญญากาศแล้วจะปรากฏผลเกิดพลาสมาที่ไม่มีแก๊สปะปนอยู่แต่พลาสมาจะเกิดจากอิเล็กตรอนแทนเราเรียกว่า"แก๊สอิเล็กตรอน

1.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าพลาสมา(Plasma Arc Welding:PAW)

เครื่องอาร์คไฟฟ้าพลาสมานั้นมีคุณสมบัติทางความร้อนและความรุนแรงสูงกว่าเครื่องอาร์คที่ใช้แก๊สธรรมดาทั่วไปเช่นเครื่องอาร์คแก๊สทังสเตน(Tungsten Inert-Gas:TIG),เครื่องอาร์คแก๊สโลหะ(Metal Inert-Gas:MIG)ซึ่งโดยปรกติแล้วอุณหภูมิของพลาสมานั้นจะอยู่ที่ 21,000 °f (11,650 °c) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นความร้อนที่สูงมากทีเดียว

การต่อใช้งานของเครื่องพลาสมานั้นจะต่อได้ 2 ลักษณะคือแบบส่งผ่าน(Transfered arc) และแบบไม่ส่งผ่าน(Nontransfered arc) ก่อนจะกล่าวถึงการต่อใช้งานทั้ง 2 แบบนั้นเราจะเริ่มต้นการจุดระเบิดพลาสมาก่อนคือ เมื่อเริ่มปล่อยแก๊สที่ลำเลียงจากถังมาสู่หัวตัดแล้วจากนั้นทำการตั้งค่ากระแสที่เครื่องแหล่งจ่ายกำลังค่าหนึ่งลำดับต่อไปให้ทำการจุดพลาสมาด้วยการอาร์คด้วยแรงดันความถี่สูง(Hight Frequency Arc Starting) ซึ่งลำดับขั้นตอนจะเหมือนกับการจุดของเครื่องแก๊สทังสเตน

การใช้เครื่องเชื่อมพลาสมานั้นสามารถต่อใช้งานได้ 2 รูปแบบคือแบบส่งผ่านและไม่ส่งผ่าน แบบส่งผ่านนั้นหมายความว่ากระแสจากแหล่งจ่ายกำลังนั้นไหลผ่านจากแท่งอิเล็กทรอดที่อยู่ภายในหัวตัดมายังปากท่อของหัวตัดและส่งต่อไปให้กับชิ้นงานและไหลกลับเข้าสู่แหล่งจ่ายกำลังอีกครั้งหนึ่งครบวงจร ส่วนในแบบไม่ส่งผ่านนั้นจะหมายถึงกระแสจากแหล่งจ่ายกำลังไหลจากแท่งอิเล็กทรอดภายในหัวตัดและไหลผ่านปากท่อของนือนเซิล์นและกลับเข้าสู่แหล่งจ่ายกำลังครบวงจร เห็นได้ว่าทั้งสองแบบนั้นแตกต่างกันตรงที่กระแสไหลผ่านสู่ชิ้นงานหรือไม่เท่านั้นและเรานิยมเรียกการต่อแบบส่งผ่านว่าแบบ "พลาสมา อาร์ค" และในแบบไม่ส่งผ่านนั้นเรียกว่า "พลาสมา เจ็ส" ในแบบส่งผ่านนั้นจะเป็นที่นิยมใช้ในงานตัดโลหะมากกว่าแบบไม่ส่งผ่าน
ในส่วนของการปรับเปลวพลาสมาให้มีลักษณะกรวยบางนั้นสามารถปรับแต่งอัตราไหลของแก๊สที่ปุ่มบริเวณส่วนบนของหัวตัดซึ่งการปรับนั้นเราควรที่จะปรับแต่งให้เปลวที่ออกมามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเป็นเส้นตรงหรือทรงกระบอกและส่วนปลายเป็นกรวยและนี่ก็เป็นเหตุผลหนึ่งที่หัวตัดของพลาสมามีลักษณะเป็นน็อนเซิล์นเซรามิคที่ปากท่อบีบแคบเพราะมันจะช่วยให้เกิดพลาสมาเป็นลำและมีความร้อนสูงได้ดี และเมื่อเราได้ทำการเพิ่มจำนวนของกระแสและแรงดันจากแหล่งจ่ายกำลังจะทำให้ลำพลาสมานั้นมีความแรงสูงขึ้นอีก

1.2.1. ความได้เปรียบของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าพลาสมา

ความได้เปรียบกว่าเครื่องเชื่อมธรรมดานั้นมีอยู่หลายประการอันจะแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1.2.1.1. การปรับปรุงถึงเรื่องของการควบคุมความร้อนที่ให้กับชิ้นงานได้โดยตรงโดยที่ปราศจาก ความเลอะเทอะในบริเวณรอบข้าง

1.2.1.2. การรักษาระยะการตัดได้คงที่และสามารถยืนห่างจากชิ้นงานได้มากกว่าเนื่องจากผู้ตัด ส่วนใหญ่นั้นมีปัญหาเกี่ยวกับการรักษาระดับทิศทางตำแหน่งและระยะของการตัดซึ่งในแบบเก่านั้นต้องยืนทำงานเป็นระยะใกล้มาก

1.2.1.3. พลาสมานั้นจะมีความไวต่ำของการเปลี่ยนขนาดบ่อเชื่อมต่อการเปลี่ยนระยะการเชื่อมซึ่งมักจะเกิดขึ้นเมื่อเราเคลื่อนมือในการเชื่อมหรือตัดจึงอาจกล่าวได้ว่ามีความราบเรียบในการตัดสูงก็ได้

1.2.1.4. จากข้อได้เปรียบของระยะห่างในการทำงานที่มากกว่านั้นทำให้ลดอันตรายที่เกิดจากการกระเด็นของเศษโลหะที่เราทำการเชื่อมหรือตัดโดยเฉพาะเมื่อเรามีชิ้นงานเป็นสเตนเลส, อะลูมิเนียมและไททาเนี่ยมหรือในสถานที่ที่มีความเสี่ยงสูงเช่นในโรงพลังงานนิวเคลียร์,ท่อในโรงงานเคมีหรือในอวกาศยาน

1.2.1.5. จากเหตุผลที่ว่าพลาสมามีความร้อนที่สูงมากทำให้ความเร็วในการตัดหรือเชื่อมนั้นเร็วมากจึงส่งผลให้การกระจายความร้อนในโลหะมีจำกัดในวงแคบๆ

1.2.1.6. โอกาสในการกระเด็นของอิเล็กทรอดที่หลอมละลายนั้นมีต่ำเพราะแท่งอิเล็กทรอดของหัวตัดพลาสมานั้นจะบรรจุอยู่ภายในน็อนเซิล์นเซรามิคซึ่งแตกต่างกับหัวตัดทังสเตนที่มีแท่งอิเล็กทรอดโผล่ออกมาจากปากท่อ

1.2.1.7. สามารถบังคับเหล็กที่หลอมละลายหรือการเจาะโดยวิธีดีโฮลได้

1.2.1.8. สามารถเชื่อมหรือตัดได้ทั้งแนวราบและเหนือศรีษะ

แต่ในความได้เปรียบหลายประการของพลาสมานั้นก็ยังมีข้อด้อยที่สำคัญประการหนึ่งคือเรื่องของราคาต้นทุนที่สูงและปัญหาอายุการใช้งานที่สั้นของเซรามิคน็อนเซิล์นอันเนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิที่สูงของพลาสมานั่นเองและแก๊สที่ใช้มีราคาสูงซึ่งสิ่งทั้งสองนั้นเป็นสิ่งจำเป็นของกระบวนการอันไม่อาจจะขาดสิ่งใดสิ่งหนึ่งไปได้

1.2.3. แก๊สพลาสมา

เราสามารถใช้แก๊ส 2 ชนิดที่อยู่ในแต่ละถังในการใช้งานได้พร้อมกัน ซึ่งแก๊สอันหนึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในการกำเนินพลาสมาและอีกอันหนึ่งใช้ปกคลุมผิวชิ้นงานจากบรรยากาศ

1.2.3.1 แก๊สเชื้อเพลิงพลาสมา

ในกระบวนการพลาสมานั้นประกอบด้วยอิเล็กตรอนจากแหล่งจ่ายกำลังและไอออนของแก๊สซึ่งทั้งสองนั้นจะทำปฏิกริยาทางเคมีป้องกันการเกิดอ๊อกไซด์อันเป็นสาเหตุของการเกิดสนิม ในที่นี้สมมุติว่าใช้อาร์กอนเป็นแก๊สเชื้อเพลิง ในการใช้งานจริงนั้นเราจะเลือกอาร์กอนมาใช้งานแทนที่ฮีเลี่ยมเพราะราคาถูกกว่าและฮีเลี่ยมมีปัญหาในการจุดพลาสมาได้ลำบาก

ในการเชื่อมหรือตัดนั้นความเร็วในการเชื่อมหรือตัดจะขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสจากแหล่งจ่ายกำลังและอัตตราการไหลของแก๊สกล่าวคืออัตตราการไหลของแก๊สถ้าไหลช้าการเจาะโลหะจะทำได้ยากและต้องใช้เวลานานเพราะปริมาณการเกิดพลาสมาต่อวินาทีมีน้อยนั่นหมายถึงความร้อนต่ำด้วยเพราะฉะนั้นเราควรพิจารณาความหนาของชิ้นงานและธาตุที่มีอยู่ในชิ้นงานเป็นหลักยกตัวอย่างเช่น ในกรณีเรามีชิ้นงานที่เป็นโลหะบางๆเราควรใช้อัตตราแก๊สที่ต่ำเพื่อลดความสิ้นเปลืองหรือชิ้นงานเป็นโลหะประเภทอะลูมิเนียมหรือทองแดงซึ่งโลหะทั้งสองนี้เป็นชนิดที่มีความนำความร้อนสูงเราควรที่จะใช้แก๊สในอัตตราที่สูงเพื่อที่จะได้ตัดอย่างรวดเร็ว เพื่อความสะดวกอาจตั้งค่าตัวแปลในกระบวนการตามตารางที่ให้ประกอบมาในภาคผนวกที่ 1

1.2.3.2แก๊สปกคลุมพลาสมา

ในขณะที่ทำการตัดด้วยพลาสมานั้นลำพลาสมาจะไหลพุ่งออกจากอิเล็กทรอดและในขณะเดียวกันก็จะมีแก๊สปกคลุมไหลออกมารอบๆอิเล็กทรอดปกคลุมชิ้นงานไว้และในระยะเวลาอันสั้นเพียงเสี้ยววินาทีแก๊สปกคลุมจะเกิดอิออไนซ์โดยความร้อนจากพลาสมาส่วนที่เหลือจึงกลายเป็นแก๊สธรรมดาปกคลุมชิ้นงานป้องกันการเกิดอ๊อกไซด์ แก๊สปกคลุมที่ใช้ในกระบวนการเชื่อมธรรมดาก็สามารถที่จะนำมาใช้ในกระบวนการพลาสมาได้ ตัวอย่างเช่น อาร์กอน,ฮีเลี่ยมหรือเป็นการผสมของแก๊สทั้งสองก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4. เครื่องประกอบของเครื่องเชื่อมพลาสมา

นอกเหนือจากน๊อนเซิล์นที่ต่างกันและแก๊สที่ใช้มี 2 ชนิดแล้วนั้นที่เหลือจะมีองค์ประกอบที่เหมือนกับเครื่องเชื่อมทังสเตนทั้งหมด

เครื่องเชื่อมหรือตัดพลาสมานั้นมีอุปกรณ์สำคัญอยู่อย่างหนึ่งที่ขาดไม่ได้นั่นคือกล่องควบคุมปริมาณกระแสของเครื่องจ่ายกำลังโดยจะมีลักษณะเป็นกล่องแยกกับตัวเครื่องจ่ายกำลัง กล่องนี้จะมีหน้าปัดแสดงถึงค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับงานในขณะนั้น ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่มีประโยชน์มาก เพราะเราสามารถที่จะตั้งค่าของอัตราของแก๊สที่จะใช้และปริมาณน้ำหล่อเย็นด้วย

หัวเชื่อมพลาสมาทั้งหลายในปัจจุบันนี้จะมีสายไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายกำลังและมีท่อส่งแก๊สที่ต่อกับถังแก๊สทั้งแก๊สเชื้อเพลิงและแก๊สปกคลุมต่ออยู่บริเวณปลายทางหางของหัวเชื่อม และในส่วนบนของหัวเชื่อมจะมีปุ่มควบคุมทั้งปริมาณของการไหลของแก๊สและมีปุ่มการจุดพลาสมาด้วยทำให้มีความสะดวกในระหว่างการทำงาน

1.2.5. เครื่องจ่ายกำลังของเครื่องเชื่อมพลาสมา

โดยส่วนมากแล้วแหล่งจ่ายกำลังจะเป็นลักษณะของไฟฟ้ากระแสตรงสาเหตุนั้นเป็นเพราะการบำรุงรักษาง่ายกว่าการใช้กระแสสลับและสาเหตุที่สำคัญอีกอย่างนั้นเพราะไฟฟ้ากระแสสลับมีรูปคลื่นเป็นแบบไซเคิลทุกๆ 1 ไซเคิลจะมีจุดที่กระแสนั้นมีค่าเป็นศูนย์ทำให้มีกระแสทางเอ้าท์พุทไม่คงที่ จุดที่แตกต่างกันของแหล่งจ่ายกำลังของพลาสมาและทังสเตนคือค่าโวลท์เตจทางเอ้าท์พุทของพลาสมาในขณะที่เปิดวงจรนั้นมีค่าสูงประมาณ 200 – 400 โวลท์ และแรงดันที่ตกคร่อมชิ้นงานในขณะเชื่อมมีค่าประมาณ 80 โวล์ท

1.2.6. การต่อแหล่งจ่ายกำลังขนาดเล็ก

ในหัวข้อนี้เราจะพิจารณาถึงการต่อแหล่งจ่ายกำลังขนาดเล็กที่มีกำลังงานทางเอ้าท์พุทต่ำให้สามารถทำงานกับกระบวนการของพลาสมาที่ต้องการกำลังงานทางเอ้าท์พุทสูง ในกรณีที่เรามีแหล่งจ่ายกำลังขนาดเล็กจำนวนที่มากกว่าหนึ่งตัวนั้นเราสามารถที่จะเพิ่มกำลังงานทางเอ้าท์พุทโดยนำเอาเอ้าท์พุทของแหล่งจ่ายแต่ละตัวมาต่อร่วมกันและจะแยกพิจารณาเป็น 2 กรณี คือกรณีแรกเป็นการเพิ่มค่าแรงดัน จะทำได้โดยการต่อเอ้าท์พุทของแหล่งจ่ายกำลังในแบบอนุกรมกัน ซึ่งแรงดันรวมของเอ้าท์พุท(ที่รวมกันแล้ว) จะเท่ากับผลรวมของค่าแรงดันแต่ละตัวรวมกัน ส่วนในกรณีของการเพิ่มกระแสนั้นเราทำได้โดยการต่อเอ้าท์พุทของแหล่งจ่ายแต่ละตัวในลักษณะ ขนานกระแสรวมของเอ้าท์พุท (ที่รวมกันแล้ว) จะเท่ากับผลรวมค่ากระแสของแหล่งจ่ายกระแสรวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังจะขอยกตัวอย่างเช่น เรามีแหล่งจ่ายกำลังที่มีแรงดันเอ้าท์พุท 100 โวล์ท จำนวน 3 ตัว เมื่อเรานำเอ้าท์พุทมาต่อแบบอนุกรมเราจะได้ค่าเอ้าท์พุทรวมเท่ากับ 300 โวล์ท ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานพลาสมาแล้ว เช่นการนำแหล่งจ่ายแรงดันต่ำของเครื่องเชื่อมทังสเตนมาต่ออนุกรมกันเพื่อใช้งานกับพลาสมา

1.2.7. ค่าเอ้าท์พุทที่ใช้งานของเครื่องเชื่อมพลาสมา

โดยมากแล้วแหล่งจ่ายกำลังของเครื่องเชื่อมพลาสมานั้นจะมีค่าเอ้าท์พุทเป็นกิโลวัตต์เช่น 250 แอมแปร์ 200 โวล์ท มีค่ากำลังงานเท่ากับ 50 กิโลวัตต์ เป็นต้น แต่ก็มีเครื่องบางเครื่องที่แสดงค่าเอ้าท์พุทแยกเป็นจำนวนกระแส และ จำนวนแรงดัน แต่เราก็สามารถที่จะหาค่าของกำลังงานทางเอ้าท์พุทได้โดยนำค่ากระแสและแรงดันทางเอ้าท์พุทมาทำการคูณกันผลคูณจะเป็นค่ากำลังงานทางเอ้าท์พุทนั่นเอง

1.2.8. หัวเชื่อมพลาสมา

น๊อนเซิล์นเป็นส่วนสำคัญที่สุดของหัวเชื่อมพลาสมาเพราะเส้นผ่านศูนย์กลางของปากน๊อนเซิล์นนั้นเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของลำพลาสมาอาร์คซึ่งอยู่ภายในน๊อนเซิล์นทำให้เกิดการรวมตัวของพลังงานเพื่อปลดปล่อยลำพลาสมาออกมาใช้งาน โดยจะมีลักษณะที่ตีบ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่สูงของพลาสมาก็จะส่งผลกระทบต่อน๊อนเซิลน์โดยตรง

เนื่องจากลักษณะการต่อใช้งานมีทั้งแบบส่งผ่าน(การอาร์คเกิดขึ้นระหว่างอิเล็กทรอดและชิ้นงาน)และไม่ส่งผ่าน(การอาร์คเกิดขึ้นระหว่างอิเล็กทรอดและน๊อนเซิลน์)และในแบบไม่ส่งผ่านนั้นลำพลาสมาจะออกมาในลักษณะกรวยที่พุ่งออกมาและมีความร้อนต่ำเพราะการเกิดพลาสมาในแบบไม่ส่งผ่านนั้นมีลักษณะเหมือนการพ่นอะอองแก๊สเผาไหม้ออกมาทำให้ความหนาแน่นของพลังงานและความร้อนต่ำจึงเหมาะที่จะใช้งานกับแผ่นโลหะที่มีความหนาไม่มาก ในแบบส่งผ่านนั้นเป็นการใช้งานที่มีความร้อนออกมามากเพราะลำพลาสมาพุ่งออกมาเป็นลักษณะทรงกระบอกลำเล็กๆและอิเล็กตรอนที่อยู่ภายในชิ้นงานสามารถกระโดดเข้าหาแท่งอิเล็กทรอดของหัวเชื่อมได้สะดวกจึงเกิดพลังงานที่บริเวณชิ้นงานสูง

1.2.9. เทคนิคการเชื่อมด้วยพลาสมา

เทคนิคการเชื่อมนั้นจะใช้กับการเชื่อมด้วยมือเท่านั้นและไม่ยุ่งยากเพราะระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับผู้เชื่อมนั้นมีมากพอสมควรจึงหลีกเลี่ยงอันตรายที่มีต่อผู้เชื่อมและอิเล็กทรอดของหัวเชื่อมที่บางครั้งอาจไปกนะแทกกับชิ้นงานที่กำลังละลายอยู่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.9.1. เทคนิคการหลอมละลาย

วิธีนี้เป็นการเชื่อมโดยที่ทำให้โลหะที่จะนำมาเชื่อมหลอมละลายและค่อยๆทิ้มลวดประสานหรือฟลั๊กลงไปในเหล็กที่ละลายอยู่

1.2.9.2. เทคนิคการเจาะทะลุเป็นรูกุญแจ

เป็นอีกวิธีหนึ่งในการเชื่อมหรือตัดชิ้นงานด้วยเครื่องพลาสมาวิธีนี้เหมาะกับชิ้นงานที่มีความหนาไม่มากหรือแผ่นโลหะบางๆและในวิธีนี้เราจะไม่ใช้ลวดประสานหรือฟลั๊กใดๆเพราะเราจะต้องแช่หัวเชื่อมหรือหัวตัดไว้จนโลหะละลายและทะลุในที่สุดรูจะมีลักษณะเหมือนกับรูกุญแจจึงเรียกว่าเทคนิคเจาะทะลุแบบรูกุญแจเมื่อเกิดรูขึ้นเราจะนำลำพลาสมาที่อยู่ภายในรูลากตรงไปตามแนวเชื่อมโลหะที่หลอมละลายจะไหลอยู่รอบๆรูกุญแจและจะเกิดเป็นแนวเชื่อมขึ้นแต่ควรระวังในการเคลื่อนหัวเชื่อมอย่าเคลื่อนให้เร็วเกินไปเพราะจะทำให้เกิดแนวเชื่อมที่เล็กเกินไปและสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือหัวเชื่อมควรวางในแนวตั้งฉากกับชิ้นงานเสมอเพื่อป้องกันน็อนเซิลน์แตกร้าวส่วนในเรื่องของแก๊สที่ใช้ในการเชื่อมนั้นจะต้องมีอัตตราไหลสูงกว่าวิธีหลอมละลายเพราะการที่จะให้เกิดรูกุญแจนั้นจำต้องใช้ความร้อนสูงมาก ขนาดของโลหะที่จะนำมาใช้นั้นควรหนาประมาณ 6 ม.ม. หรือบางกว่านั้น แต่ถ้ากรณีที่ชิ้นงานมีความหนามากกว่า 6 ม.ม. แล้วเราก็ยังสามารถใช้วิธีนี้ได้แต่ต้องปรับค่ากระแสจากแหล่งจ่ายกำลังให้มีค่ามากขึ้นกว่าเดิมตามความเหมาะสม

1.3 เครื่องตัดพลาสมา (Plasma Arc Cutting: PAC)

เครื่องตัดพลาสมานั้นใช้ตัดโลหะได้หลากหลายและง่ายดายกว่าเครื่องตัดที่มีมาก่อนหน้านี้ โลหะที่ตัดได้ เช่น คาร์บอน,อลูมิเนียม,สเตนเลส,ทองแดง,ทองเหลือง,บรอนซ์,นิคเกิล,อัลลอย,เซอร์โครเนียม,ยูเรเนียม เป็นต้น

1.3.1. เหตุผลในการใช้พลาสมาในการตัด

พลาสมาสามารถตัดชิ้นงานเป็นจำนวนมากได้ในเวลารวดเร็ว,ทำมุมในการตัดและเจาะได้ดี ในการใช้งานความร้อนที่ให้ชิ้นงานนั้นมีน้อยกว่าเครื่องตัดอ๊อกซีเจนทั้งๆที่พลาสมานั้นร้อนกว่านั่นเป็นเพราะพลาสมาตัดด้วยความเร็วที่สูงกว่าจึงมีความร้อนสะสมน้อยกว่าบนชิ้นงานแต่อีกอย่างหนึ่งคือพลาสมามีปัญหาเรื่องไอที่ลอยออกมาจากคลองเลื่อยซึ่งเป็นสาเหตุที่เกิดความเพี้ยนในการตัดได้ แต่อย่างไรก็ตามพลาสมายังได้รับความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยมใช้ในอุตสาหกรรมที่มีการตัดแบบอัตโนมัติที่ชิ้นงานจำนวนมากและที่มีความเว้าโค้งหรือรูปร่างต่างๆ

อย่างไรก็ตามในส่วนน้อยเท่านั้นที่ใช้งานแบบมือเพราะเสียงที่เกิดจากพลาสมาเจ็สนั้นดังมากและในขณที่ตัดนั้นจะเกิดควันมากมายซึ่งนับว่าเป็นปัญหาสำคัญในการควบคุมแต่ปัญหาดังกล่าวนั้นไม่มีต่อการตัดแบบอัตโนมัติ วิธีที่แก้ปัญหาความร้อนเสียงรบกวนและควันนั้นยังมีคือทำการตัดบนโต๊ะที่มีน้ำขังอยู่ น้ำบนโต๊ะจะสัมผัสกับผิวด้านล่างของชิ้นงานซึ่งเป็นที่พักของควันและขี้โลหะส่วนเสียงรบกวนที่เกิดจากลำพลาสมาใต้คลองเลื่อยนั้นจะถูกน้ำดูดซับเสียงไปแต่ก็ยังไม่หมดทางที่ดีควรสวมเครื่องป้องกันไว้ด้วย

1.3.2. ความเร็วในการตัด

ในการใช้เครื่องตัดพลาสมานั้นสามารถทำความเร็วในการตัดได้ประมาณ 100 – 150 นิ้ว/นาที (2.5 – 3.8 เมตร/นาที) ซึ่งการตัดด้วยเครื่องตัดอ๊อกซีเจนนั้นทำความเร็วอยู่แค่ 20 – 25 นิ้ว/นาที (0.5 –0.63 เมตร/นาที) เท่านั้น ในการตัดแผ่นโลหะที่มีความหนาไม่มากพลาสมานั้นทำความเร็วที่ 300 นิ้ว/นาที (7 เมตร/นาที) แต่อย่างไรก็ตามในการตัดด้วยการใช้มือนั้นจะไม่สามารถรักษาระดับความเร็วและประสิทธิภาพให้คงที่ได้เหมือนกับการตัดแบบอัตโนมัติถึงแม้จะเป็นเครื่องพลาสมาก็ตาม

การตัดแผ่นคาร์บอนที่มีความหนาประมาณ 3 นิ้ว(75 ม.ม.) นั้นสามารถทำได้เร็วโดยการตัดด้วยอ๊อกซีเจนแต่ถ้าความหนาต่ำกว่า 1 นิ้ว(25 ม.ม.) แล้วพลาสมาจะทำการตัดได้เร็วกว่าถึง 5 เท่า สำหรับการตัดสินใจที่จะเลือกนำมาใช้งานนั้นก็ควรพิจารณาจากการลงทุนที่คุ้มค่าหรือไม่ เพราะราคาของพลาสมานั้นค่อนข้างสูงกว่าอ๊อกซีเจนมาก จะสังเกตเห็นว่าในธุรกิจที่ต้องการความเร็วในการผลิตและมีผลผลิตเป็นจำนวนมาก ล้วนแล้วแต่ใช้เครื่องตัดพลาสมาในกระบวนการผลิตแทบทั้งสิ้นเพราะให้ผลคุ้มค่ากว่าเมื่อเทียบกันระหว่างต้นทุนและผลผลิต และเครื่องตัดพลาสมานั้นจะส่งผลที่ได้เปรียบในเชิงเศรษฐศาสตร์เมื่อการลงทุนเป็นแบบระยะยาวดังจะพบเห็นการใช้งานกับงานหนักๆเช่น ในอู่ต่อเรือ,โรงงานทำแท็งน้ำ,การต่อโครงสร้างสะพาน

1.3.3. องค์ประกอบของเครื่องตัดพลาสมา

เครื่องตัดพลาสมามีความต้องการหัวตัด,แหล่งจ่ายกำลัง,ระบบน้ำหล่อเย็นที่สะอาด เป็นสิ่งสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.4. หัวตัดพลาสมา

หัวตัดพลาสมานั้นประกอบด้วย แกนจับอิเล็กทรอด,แท่งอิเล็กทรอด ที่บรรจุภายในน๊อนเซิลน์,ระบบน้ำหล่อเย็นที่ระบายความร้อนให้อิเล็กทรอดและน๊อนเซิลน์และแก๊สพลาสมาที่ไหลพุ่งรอบๆอิเล็กทรอดใช้ผลิตลำพลาสมาออกจากปากน๊อนเซิลน์ น๊อนเซิลน์นั้นจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหลายขนาดแล้วแต่จะนำมาประกอบกับหัวตัดรุ่นใด เส้นผ่นศูนย์กลางของปากน๊อนเซิลน์จะขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสที่ใช้ตัด เช่นเมื่อใช้กระแสในการตัดสูงก็ควรใช้เส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่ เป็นต้น

ในการเลือกใช้น๊อนเซิลน์แบบชั้นเดียว(Single – port)หรือหลายชั้น(Multiple – port)ในการทำงานนั้นสามารถใช้ได้ทั้งคู่แต่มีความแตกต่างกันคือแบบหลายชั้นนั้นจะสนับสนุนการไหลของแก๊สปกคลุมรอบๆแก๊สพลาสมาที่ใช้เป็นหลักอยู่ และแก๊สทั้งสองจะไหลพุ่งผ่านปากท่อหลัก (ท่อแกนกลางในสุด) ด้วยอัตราการไหลของแก๊สที่เร็วมากเมื่อเทียบต่อหน่วยพื้นที่หรืออาจกล่าวอีกอย่างว่าอัตราไหลเร็วเท่ากับซุปเปอร์โซนิค(เร็วกว่าเสียง) ด้วยเหตุผลนี้จึงไม่แปลกที่พลาสมานั้นมีเสียงรบกวนที่สูงมากจึงเป็นข้อเสียของหัวหลายชั้นแต่ข้อดีก็คือที่ความเร็วในการตัดเท่ากันนั้นคุณภาพการตัดจะดีกว่าการใช้หัวชั้นเดียว

1.3.5. ควบคุมเครื่องตัดพลาสมา

กล่องควบคุมเครื่องตัดพลาสมานั้นจะประกอบด้วยวาล์วโซลินอร์ยที่ใช้ในการเปิดปิดแก๊สและน้ำหล่อเย็น ที่ตัวกล่องนี้จะมีหน้าปัดบอกปริมาณเพื่อความสะดวกในการปรับแต่งค่าอัตราการไหลของแก๊สและน้ำหล่อเย็นเพื่อใช้งานที่หลากหลาย และมีสวิทช์เพื่อเปิดและปิดการทำงานของเครื่องและในแบบกล่องควบคุมที่มีโปรแกรมควบคุมอัตโนมัติจะมีคุณสมบัติพิเศษคือเมื่อเราใช้งานที่กระแสสูงนั้นกล่องควบคุมจะคอยตรวจสอบว่าอัตราไหลของน้ำหล่อเย็นนั้นไหลต่ำกว่าระดับความปลอดภัยที่กำหนดหรือไม่ถ้าต่ำกว่ากล่องควบคุมจะทำการเพิ่มอัตราไหลน้ำหล่เย็นให้เร็วขึ้นโดยอัตโนมัติและในทางกลับกันก็จะปรับให้ต่ำลงอัตโนมัติเมื่อใช้กระแสต่ำในการตัด

1.3.6. แหล่งจ่ายกำลังของเครื่องตัดพลาสมา

แหล่งจ่ายกำลังที่จะนำมาใช้งานกับเครื่องตัดพลาสมานั้นจะต้องออกแบบพิเศษโดยที่จะต้องให้เอ้าท์พุทเปิดวงจรอยู่ในช่วง 120 – 400 โวล์ท (แตกต่างกับแหล่งจ่ายกำลังของเครื่องเชื่อมพลาสมาอยู่ประมาณ 70 – 85 โวล์ท) หลักสำคัญที่จะมากำหนดขนาดของแหล่งจ่ายคือ ชนิดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาของโลหะที่จะนำมาตัด,ความเร็วที่ต้องการในการตัด,กระแสคงที่และค่าแรงดันที่ตกคร่อมในขณะที่ตัดชิ้นงาน

เครื่องตัดพลาสมาที่ใช้ในโหมด DCSP อิเล็กทรอดต่อขั้วลบของแหล่งจ่ายกำลังต่อใช้งานแบบ ส่งผ่าน ในงานที่ต่อลักษณะนี้นั้นเมื่อนำไปใช้กับงานหนักๆแล้วระบบต้องการแรงดันเปิดวงจรถึง 400 โวล์ทเพื่อใช้เจาะ โลหะที่หนาประมาณ 2 นิ้ว (51 ม.ม.) ที่เครื่องตัดที่ใช้มือตัดและที่กระแสต่ำระบบต้องการแรงดันเมื่อเปิดวงจรประมาณ 120 – 200 โวล์ทในกรณีที่เป็นเครื่องเซาะร่องด้วยแล้วนั้นแรงดันที่จ่ายให้ชิ้นงานในขณะทำงานควรปรับได้ด้วยเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นให้รับกับชิ้นงานหลากหลายชนิด ผู้ผลิตเครื่องเชื่อมทั้งหลายนั้นส่วนใหญ่แล้วจะไม่ผลิตแหล่งจ่ายกำลังที่ใช้กับการเชื่อมมือเพราะเกิดปัญหาเรื่องความปลอดภัยมากจึงไม่คุ้มที่จะสร้างส่วนใหญ่จะสร้างแบบที่ใช้กับเครื่องอัตโนมัติ

กระแสเอ้าท์พุทจากแหล่งจ่ายกำลังเครื่องตัดพลาสมานั้นจะมีค่าประมาณที่ 70 – 1000 แอมแปร์ ขึ้นอยู่กับชิ้นงานที่นำมาตัดว่าหนาแค่ไหนและต้องการความเร็วในการตัดแค่ไหนถ้าชิ้นงานที่นำมาตัดหนาและเราต้องการความเร็วในการตัดเราจะต้องใช้กระแสที่สูงจากแหล่งจ่ายกำลังในการตัดเป็นต้น ในแหล่งจ่ายกำลังทั่วๆไปนั้นจะมีวงจรความถี่สูง(High Frequeancy Circuit) ที่ใช้ในการจุดพลาสมารวมอยู่ด้วย

1.3.7. การทำงานของเครื่องอ๊าร์คพลาสมา

ในการต่อใช้งานแบบส่งผ่านการอ๊าร์คนั้นจะเกิดเมื่อมีการชนกันของแท่งอิเล็กทรอดกับชิ้นงาน โดยจะมีการกระตุ้นจากวงจรความถี่สูงเป็นตัวจุดพลาสมาจะปรากฏลำพลาสมาพุ่งออกมาจากน๊อนเซิล์น แหล่งจ่ายกำลังได้ถูกออกแบบมาเพื่อรักษาระดับกระแสต่ำให้คงที่ การแตกตัวของอะตอมแก๊สจากลำพลาสมาที่พุ่งผ่านออกมาจากน๊อนซิล์น

เนื่องจากน๊อนเซิล์นที่ใช้นั้นเป็นตัวที่ปลดปล่อยอุณหภูมิที่สูงมาก(ประมาณ 18,000 – 25,000 ° F หรือ 9,980 – 13,870 °C) ทำให้วัสดุที่นำมาใช้ทำนั้นสำคัญมากทำจากทองแดงชุบแข็ง น๊อนเซิล์นที่นำมาใช้ควรมี สัญลักษณ์ที่บ่งบอกขอบรอยต่อภายในน๊อนเซิล์นอย่างชัดเจนระหว่างแก๊สและพลาสมา อีกอย่างหนึ่งคืออุณหภูมิที่สูงมากนั้นจะส่งผลให้เกิดการหลอมละลายหรือไอความร้อนขึ้นที่น๊อนเซิล์นแทนที่จะส่งความร้อนทั้งหมดไปให้กับชิ้นงานทำให้อายุการใช้งานของน๊อนเซิล์นสั้นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.8. การปรับแต่งเครื่องตัดพลาสมา

หลายครั้งที่การปรับแต่งค่าตัวแปรต่างๆในระบบจะช่วยให้คุณภาพการตัดดีขึ้นอย่างเช่น เราต้องการตัดโลหะที่มีความหนา 3 – 38 ม.ม. นั้นการใช้แก๊สปกคลุมและน้ำผสมกับลำพลาสมาจะทำให้คุณภาพการตัดดีขึ้น

1.3.8.1. พลาสมาคู่(Dual-flow plasma cutting)

พลาสมาคู่นั้นเกิดจากการใช้หัวตัดที่มีช่องแก๊สสองชั้นนั้นเองโดยจะประกอบด้วยช่องที่พลาสมาพุ่งออกมาและจะมีช่องแก๊สปกคลุมชั้นที่สองไหลปกคลุมรอบๆลำพลาสมาอีกทีหนึ่งจากรูปที่ 15-13 เป็นพลาสมาที่ใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นเชื้อเพลิงและแก๊สปกคลุมสามารถเลือกตามแต่ชนิดของชิ้นงานที่นำมาใช้ตัด สำหรับโลหะที่มีความละเอียดนั้นอาจใช้แก๊สคาร์บอนไดอ๊อกไซน์หรืออากาศก็ได้ผลที่ได้คือจะทำความเร็วในการตัดได้สูงแต่คุณภาพในการตัดไม่ดีเท่าที่ควร สำหรับงานบางอย่าง แก๊สคาร์บอนไดอ๊อกไซน์นิยมใช้เป็นแก๊สปกคลุมเมื่อใช้ตัดสเตนเลสอาร์กอน – ไฮโดรเจนเป็นแก๊สผสมที่ใช้ในการตัดอะลูมิเนียม

1.3.8.2. เครื่องตัดพลาสมาที่ใช้น้ำปกคลุม

เทคนิคนี้จะคล้ายกับพลาสมาคู่เพียงแต่ใช้น้ำแทนที่แก๊สปกคลุมชั้นที่สองเท่านั้น แต่ปรากฏว่าอายุการใช้งานของน๊อนเซิล์นนั้นสูงขึ้นแต่การตัดนั้นงานที่ได้อาจไม่เป็นเหลี่ยมที่สวยงามและความเร็วต่ำลงกว่าพลาสมาที่มีการใช้แก๊สปกคลุมเล็กน้อย

1.3.8.3. เครื่องตัดพลาสมาที่มีน้ำอัดฉีด

การใช้เทคนิคนี้เราใช้หัวตัดที่มีช่องสมมาตรบริเวณปากท่อของน๊อนเซิล์นฉีดน้ำออกมาใส่ลำพลาสมาโดยน้ำจะปกคลุมลำพลาสมาที่มีการเผาไหม้รุนแรงอันเกิดจากบรรยากาศโดยรอบรูปที่ 15-14 แสดงรายละเอียดไว้แล้ว ชั้นนอกสุดของน๊อนเซิล์นนั้นทำจากเซรามิคเพื่อป้องกันการอาร์คซ้อน(Double arcing) การอาร์คซ้อนนั้นเกิดขึ้นได้จากการที่อาร์คจากอิเล็กทรอดกระโดดไปที่น๊ออนเซิลน์แล้วจึงไปที่ชิ้นงาน ซึ่งการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวนั้นเป็นสาเหตุที่ทำให้น๊อนเซิลน์เสียหายได้

การใช้น้ำร่วมกับพลาสมานั้นเสมือนเป็นการจำกัดพลาสมา ทำให้งานที่ได้มีความคมของรอยตัดสูงและความเร็วที่ได้ก็ดีกว่าเครื่องตัดพลาสมาธรรมดาทั่วไป เพราะน้ำที่ฉีดออกมาเป็นลักษณะของละอองที่มีความเย็นอยู่ทำให้คลองเลื่อยนั้นมีความคมของเหลี่ยมมุมมากกว่าปกติ เมื่อน้ำและแก๊สที่ไหลอยู่ในหัวตัดสัมผัสกันแก๊สภายในน๊อนเซิล์นจะเกิดหมุนวนออกมาจากปากท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และผสานกับละอองน้ำที่พ่นออกมาจะทำให้การตัดเกิดเหลี่ยมฉากบริเวณรอยต่อคลองเลื่อยได้ดี กระบวนการลักษณะนี้จึงเหมาะกับงานที่ต้องการความคมสูง แต่สิ่งที่ควรคำนึงถึงอีกอย่างคือการตัดนั้นมือหรือระดับของหัวตัดควรต้องทำมุมฉากกับชิ้นงานเสมอ

1.3.9. แก๊สเชื้อเพลิงพลาสมา

การเลือกใช้แก๊สเชื้อเพลิงนั้นมีพื้นฐานอยู่ว่าเราโลหะที่นำมาตัดเป็นชนิดใดความต้องการคุณภาพความเรียบของผิวชิ้นงานที่ตัดแล้วมากแค่ไหน โดยทั่วไปโลหะที่ไม่มีเหล็กผสมอยู่แก๊สเชื้อเพลิงจะใช้ไนโตรเจนหรือไนโตรเจน-ไฮโดรเจนหรืออาร์กอน-ไฮโดรเจนผสมกัน ในส่วนของการตัดไททาเนียมหรือเซอร์โคเนียมนั้นจะใช้อาร์กอนบริสุทธิ์เป็นแก๊สเชื้อเพลิงเพราะโลหะเหล่านั้นมีความไวอย่างมากต่อปฏิกิริยาการแตกตัวของแก๊สโดยเฉพาะอย่างยิ่งแล้วเมื่อใช้ไฮโดรเจนเป็นแก๊สเชื้อเพลิง

โลหะที่ผสมคาร์บอนต์จะใช้อากาศอัดตัว (ไนโตรเจน 80% กับอ๊อกซีเจน 20%)หรือไนโตรเจนบริสุทธิ์ ไนโตรเจนควรใช้กับหัวตัดที่มีระบบน้ำอัดฉีดในการตัดโลหะที่ไม่มีเหล็กปนอยู่นั้นบางครั้งเราใช้วิธีพลาสมาคู่ก็ได้โดยใช้ไนโตรเจนเป็นแก๊สเชื้อเพลิงและคาร์บอนต์ไดอ๊อกไซด์เป็นแก๊สปกคลุมหรือเพื่อที่จะให้ได้คุณภาพที่ดียิ่งขึ้นควรใช้อาร์กอน-ไฮโดรเจนเป็นแก๊สเชื้อเพลิงและไนโตรเจนเป็นแก๊สปกคลุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน ของสวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

2.1 วงจรเรียงกระแสและกรองกระแส

วงจรเรียงกระแสและกรองกระแสนับว่าเป็นส่วนสำคัญของวงจรในวงจรในส่วนอินพุท และเป็นตัวกำหนดค่าอัตราทนกระแสของฟิวส์และวงจรกรองสัญญาณรบกวนความถี่วิทยุจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์สำคัญ 2 ตัวคือ ตัวเก็บประจุกรองกระแสและไดโอดเรียงกระแส ซึ่งมีหน้าที่หลักในการแปลงแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรงเพื่อเป็นแรงดันอินพุตให้กับวงจรคอนเวอร์เตอร์ต่อไป

2.1.1.ไดโอดเรียงกระแส

การเลือกใช้ไดโอดเรียงกระแสให้เหมาะกับการใช้งานควรมีข้อควรพิจารณาดังนี้

2.1.1.1. ค่ากระแสกระชาก ; I(fsm)

กระแสกระชากสูงสุดที่ไหลผ่านไดโอดเรียงกระแสจะเกิดขึ้นในขณะที่เปิดเครื่องเมื่อตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ยังไม่มีประจุสะสมอยู่ ค่ากระแสกระชากสูงสุดคำนวณได้จาก

$$I_{fsm} = \frac{V_p}{(R_s + ESR)} \qquad (2.1)$$

เมื่อ Vp คือ แรงดันยอดสูงสุดของไฟสลับอินพุต

ERS คือ ค่าความต้านทานแฝง ในตัวเก็บประจุค่าต่ำสุด

Rs คือ ค่าของตัวต้านทานจำกัดกระแส

โดยทั่วไปแล้วไดโอดเรียงกระแสจะมีค่าอัตราทนกระแสกระชาก I(fsm) ประมาณ 20 ถึง 30 เท่า ของอัตราทนกระแสเฉลี่ยขณะถูกไบแอสตรงของมัน โดยไดโอดที่ใช้จะต้องมีอัตราทนกระแสกระชากมากกว่าค่ากระแสที่คำนวณได้จากสมการ ค่ากระแสกระชากอาจลดลงได้โดยการเพิ่มค่าของ Rs แต่จะทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพลดลงเนื่องจากเกิดกำลังสูญเสียในตัวต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2. ค่ากระแสสูงสุดเมื่อถูกไบแอสตรง ; I(frm)

ค่ากระแสสูงสุดที่เกิดขึ้นในวงจรเรียงกระแส จะเกิดขึ้นในจังหวะที่ตัวเก็บประจุกตองกระแสมีการเก็บประจุอีกครั้งหลังจากคายประจุออกไปให้โหลด ค่ากระแสสูงสุดเมื่อถูกไบแอสตรงของไดโอดเรียงกระแส สามารถหาได้จากค่ากระแสสูงสุดของตัวเก็บประจุกรองกระแส

2.1.1.3. ค่ากระแสเฉลี่ยเมื่อถูกไบแอสตรง ; I(fm)

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

2.1.1.4. อัตราทนแรงดันไบแอสกลับสูงสุด ; V(rrm)

โดยปกติวงจรเรียงกระแสจะต้องต่อเข้ากับแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ ดังนั้นอัตราทนแรงดันไบแอสกลับของไดโอด ควรต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าค่าแรงดันยอดสูงสุดของแรงดันไฟสลับ แต่ควรเผื่อค่าแรงดันไบแอสกลับ ให้มีค่ามากกว่าแรงดันยอดสูงสุดของแรงดันไฟสลับเอาไว้ด้วย สำหรับกรณีที่อาจเกิดทรานเซียนต์ขึ้นในสายไฟสลับ

2.1.2. ตัวเก็บประจุกรองกระแส

ตัวเก็บประจุมีหน้าที่ในการกรองแรงดันไฟตรงที่ได้จากเรียงกระแสของไดโอดให้มีค่าเรียบมากขึ้น และช่วยให้กระแสที่ได้มีค่าเพียงพอตามที่วงจรคอนเวอร์เตอร์ต้องการ ตัวเก็บประจุที่ใช้นี้จะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 1.5 ไมโครฟารัดต่อวัตต์ แต่ในการใช้งานจริงควรพิจารณาเลือกตัวเก็บประจุที่มีปัจจัยดังต่อไปนี้

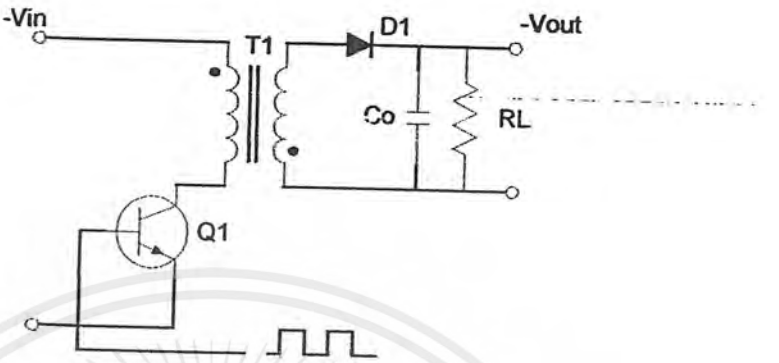
2.1.2.1. อัตราทนกระแสระลอก (RMS Ripple Current Rating)

กระแสระลอกในตัวเก็บประจุกรองกระแสเกิดจากการชาร์จประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุเอง ซึ่งค่ากระแสนี้จะเป็นผลให้ตัวเก็บประจุร้อนและอายุการใช้งานลดลง การเลือกใช้งานตัวเก็บประจุกรองกระแสจะต้องให้มีค่าอัตราทนกระแสระลอกมากกว่าค่ากระแสระลอกที่คำนวณได้เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนกับตัวเก็บประจุขณะที่ทำงาน ในกรณีที่กระแสระลอกมีค่าสูง การใช้ตัวเก็บประจุขนานกันหลายตัวจะช่วยเพิ่มอัตราทนกระแสระลอกให้ตัวเก็บประจุได้

2.1.2.2. แรงดันกระเพื่อมที่เอาท์พุทของวงจรเรียงกระแส (Ripple Voltage)

การกระเพื่อมที่แรงดันเอาท์พุทของวงจรเรียงกระแสจะมีผลโดยตรงต่อการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ การกระเพื่อมที่แรงดันเอาท์พุททำให้แรงดันที่อินพุทของคอนเวอร์เตอร์มีค่าไม่คงที่ หากยอมให้แรงดันกระเพื่อมนี้มีค่ามากก็จะลดความสามารถในการคงค่าแรงดันที่เอาท์พุทของคอนเวอร์เตอร์ลงไป ปกติการออกแบบวงจรกระแสจะยอมให้มีค่าแรงดันกระเพื่อมไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงดันเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$C = \frac{I_e \Delta t}{\Delta V_{ripple}} \qquad (2.2)$$

ค่าของตัวเก็บประจุกรองกระแส C สามารถคำนวณได้จาก

เมื่อ Ie คือ ค่ากระแสประสิทธิผลของวงจรเรียงกระแส

Δt คือ ช่วงเวลาที่ตัวเก็บประจุใช้ในการคายประจุ

ΔV_{ripple} คือ ค่อยอดถึงยอดของแรงดันกระเพื่อม

2.1.2.3. ช่วงเวลาโฮลด์อัพ (Holdup Time)

ช่วงเวลาโฮลด์อัพ เป็นช่วงเวลาที่วงจรสวิตชิ่งยังสามารถคงค่าแรงดันเอาท์พุทได้ตามปกติที่โหลดสูงสุด เมื่อมีการหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับหรือค่าแรงดันไฟสลับมีค่าต่ำกว่ากำหนดและเพื่อให้วงจรสวิตชิ่งนี้มีค่าเวลาโฮลด์อัพ ตัวเก็บประจุที่ใช้จะต้องมีค่ามากพอที่จะจ่ายกระแสให้กับคอนเวอร์เตอร์เมื่อมีการหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับ

2.1.2.4. อัตราทนแรงดัน (Voltage Rating)

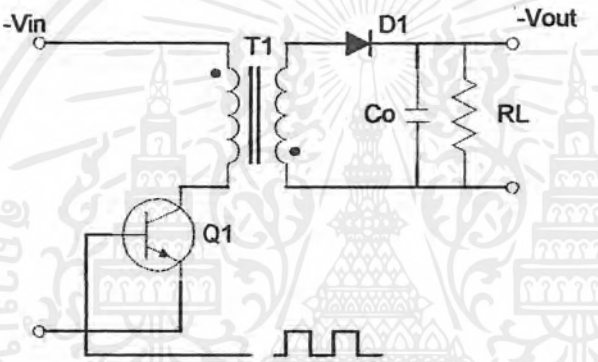
ตัวเก็บประจุกรองกระแสต้องทนแรงดันได้อย่างต่ำที่ค่าแรงดันไฟตรงเอาท์พุทของวงจรเรียงกระแส แต่เพื่อความปลอดภัยควรเผื่อค่าอัตราทนแรงดันไว้อย่างน้อยที่ค่าแรงดันไฟตรงสูงสุดที่เป็นไปได้ของคอนเวอร์เตอร์ เช่น ถ้าแรงดันไฟสลับอินพุทมีค่าอยู่ในช่วง 187 ถึง 264 โวลต์ควรมีค่าอัตราทนแรงดันอย่างต่ำที่ 400 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วงจรคอนเวอร์เตอร์

วงจรคอนเวอร์เตอร์นับว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุด มีหน้าที่ลดทอนแรงดัน ไฟกระแสตรงค่าสูงลงมาเป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำและสามารถคงค่าแรงดันได้ คอนเวอร์เตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวงจรภายใน โดยคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบก็จะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.1. ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์



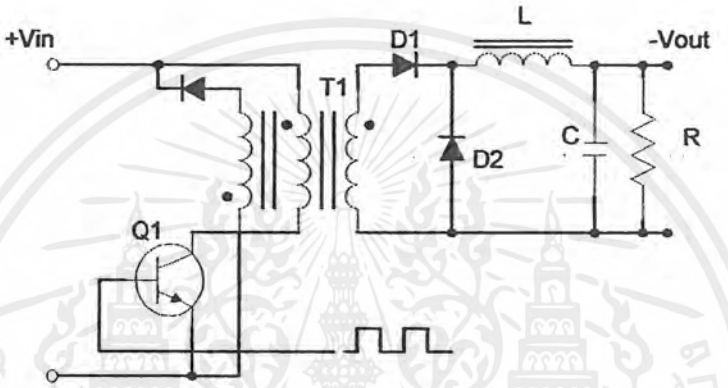
รูปที่ 2.3 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 2.3 เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 ในฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์จะทำงานในลักษณะเป็นสวิตช์ และจะนำกระแสตามคำสั่งของพัลส์สี่เหลี่ยมที่ป้อนให้กับขาเบส เนื่องจากหม้อแปลง T1 จะกำหนดขดไพรมารี่และเซคั่นดารี่ให้มีลักษณะกลับเฟสกันอยู่ ดังนั้นเมื่อ Q1 นำกระแสไดโอด D1 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส ทำให้มีการสะสมพลังงานที่ขดไพรมารี่ของหม้อแปลง T1 แทน เมื่อ Q1 หยุดนำกระแส สนามแม่เหล็ก T1 ยุบตัวทำให้เกิดการกลับขั้วแรงดันที่ขดไพรมารี่และเซคั่นดารี่ D1 ก็จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง พลังงานที่สะสมในขดไพรมารี่ของหม้อแปลงก็จะถูกถ่ายเทออกไปยังขอเวคั่นดารี่ และมีกระแสไหลผ่านไดโอด D1 ไปยังตัวเก็บประจุเอาท์พุท Q1 ช่วงเวลานำกระแสของ Q1 อัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลงและค่าของแรงดันที่อินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่ให้กำลังงานได้ไม่สูงนัก โดยอยู่ในช่วงไม่เกิน 150 วัตต์ และให้ค่าสัญญาณรบกวน RFI/EMI ค่อนข้างสูง แต่ใช้อุปกรณ์จำนวนน้อยและมีราคาถูก

2.2.2. ฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.4 แสดงวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

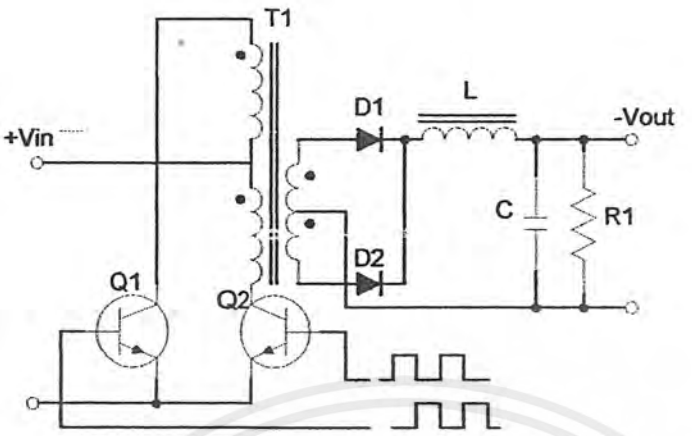
ในรูป 2.4 จะเห็นได้ว่าฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์มีลักษณะใกล้เคียงกับฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ แต่หม้อแปลง T1 ในฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์จะกำหนดไพรมารี่และขดเซคั่นดารี่ให้มีเฟสตรงกันดังนั้นเมื่อ Q1 นำกระแส ไดโอด D1 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง แต่ D2 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส กระแสจึงไหลผ่านไดโอด D1 และตัวเหนี่ยวนำ L0 ไปยังตัวเก็บประจุเอาท์พุท C0 และโหลดได้ขณะที่มีกระแสไหลผ่าน L0 จะมีการสะสมพลังงานไว้ในตัวมันด้วยเมื่อ Q1 หยุดนำกระแสไดโอด D1 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับ ทำให้ไม่มีกระแสไหลจากขดเซคั่นดารี่ สนามแม่เหล็กใน L0 จะยุบตัวทำให้มีการกลับขั้วแรงดันที่ตกคร่อมตัวมันอยู่ไดโอด D2 ออกไปยังโหลดได้ จะเห็นได้ว่าจะมีกระแสไหลผ่านโหลดได้อย่างต่อเนื่องทั้งในช่วงที่ Q1 นำกระแสและหยุดนำกระแส ทำให้มีการกระเพื่อมของแรงดันที่เอาท์พุทต่ำกว่าฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

ฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ให้กำลังงานได้ในช่วงเดียวกันกับฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์แต่กระแสที่ได้จะมีการกระเพื่อมต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม ตัวอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามาจะทำให้ฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์นั้นมีราคาสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2.3. พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.5 แสดงวงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์

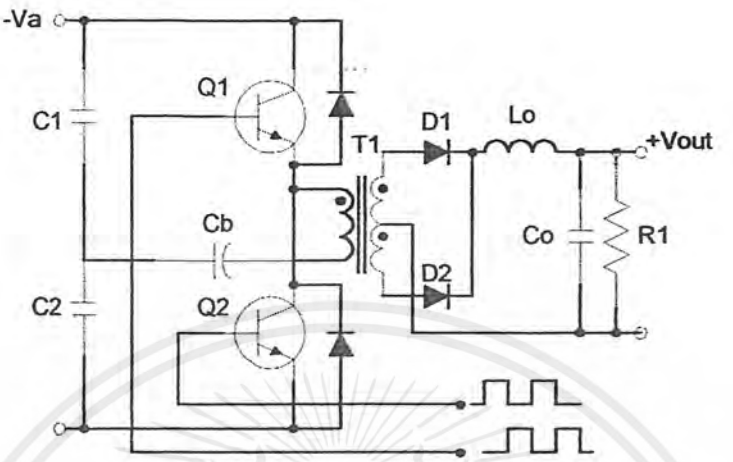
พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่สามารถจ่ายกำลังงานได้สูงตั้งแต่ 500 วัตต์ขึ้นไป แต่มีข้อเสียคือ มักเกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์แม่เหล็กของแกนหม้อแปลงซึ่งจะมีผลต่อการพังเสียหายของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้ง่าย อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันเทคนิคการควบคุมแบบควบคุมกระแสจะทำให้ลดปัญหานี้ลงได้ ดังนั้น พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์จึงเป็นคอนเวอร์เตอร์ที่น่าสนใจสำหรับวงจร สวิตชิ่งที่ต้องการกำลังงานสูงๆ

จากรูปที่ 2.5 Q1 และ Q2 จะกลับกันนำกระแสในแต่ละครึ่งคาบเวลาการทำงานเมื่อ Q1 นำกระแส D1 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับ แต่ D2 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรงและนำกระแสผ่าน L0 ไปยังโหลดได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นโหลดจึงมีกระแสไหลต่อเนื่องได้ตลอดเวลากระแสที่ได้ทางเอาท์พุทจึงค่อนข้างเรียบ อย่างไรก็ตาม เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่เพิ่มเข้ามาจะมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการสร้างพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42699

2.2.4. ฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์



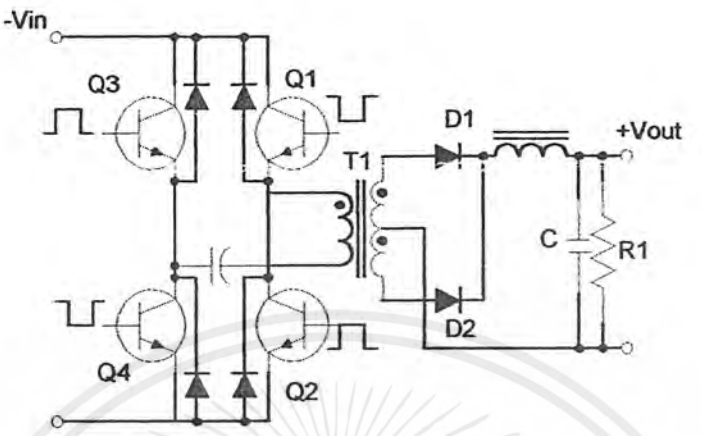
รูปที่ 2.6 แสดงวงจรฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์

ฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์จัดเป็นคอนเวอร์เตอร์ในตระกูลเดียวกับพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ และให้กำลังงานได้ค่อนข้างสูง ข้อดีของฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ ก็คือ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรมีค่าแรงดันตกคร่อมขณะไม่นำกระแสน้อยกว่าคอนเวอร์เตอร์ทั้ง 3 แบบที่ได้กล่าวมาแล้ว และลดการเกิดไม่สมมาตรฟลักซ์ได้

จากรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าหากเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งนำกระแส ค่าแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ตัวที่เหลือจะมีค่าเพียงแรงดันอินพุทเท่านั้น เมื่อ Q1 และ Q2 สลับกันนำกระแส ผลที่ได้จะมีลักษณะเดียวกับการทำงานของพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ ยกเว้นค่าแรงดันตกคร่อมขณะทำงานของขดไพรมารี่จะมีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของแรงดันที่อินพุท เนื่องจากผลของการต่อตัวเก็บประจุ C1 และ C2 เพื่อแบ่งครึ่งแรงดัน กระแสที่ไหลผ่านขดไพรมารี่จึงมีค่าสูง ซึ่งเป็นการจำกัดกำลังงานสูงสุดของคอนเวอร์เตอร์ โดยกำลังสูงสุดที่ฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์สามารถทำได้จะอยู่ในช่วงไม่เกิน 500 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5. ฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 2.7 จะเห็นได้ว่ามีเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรทั้งหมดถึง 4 ตัว แต่จะทำงานสลับกันเป็นคู่ ๆ โดย Q1 จะนำกระแสพร้อมกับ Q4 และ Q2 จะนำกระแสพร้อมกับ Q3 กระแสที่ไหลผ่านขดไพรมารี่ของหม้อแปลงจะมีลักษณะเช่นเดียวกับฮาล์ฟ-บริดว์คอนเวอร์เตอร์ แต่ข้อได้เปรียบของฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ก็คือ ขณะทำงานที่ขดไพรมารี่จะมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับค่าแรงดันอินพุทกระแสที่ไหลผ่านขดไพรมารี่จึงมีค่าต่ำกว่า ฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ ทำให้สามารถจ่ายกำลังงานได้สูงกว่า ดังนั้นวงจรสวิตชิ่งที่ต้องการกำลังงานสูงๆ ตั้งแต่ 500 วัตต์ ถึง 1000 วัตต์ ทำให้มักนิยมใช้คอนเวอร์เตอร์แบบฟูล-บริดจ์เป็นหลัก

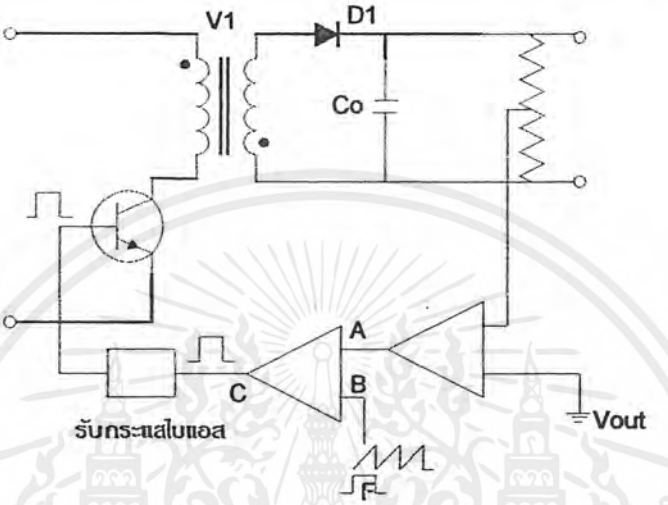
2.3 วงจรควบคุม (Controlled Switching Circuit)

วงจรคอนเวอร์เตอร์ทุกแบบ จะคงค่าแรงดันเอาท์พุตได้โดยการควบคุมช่วงเวลาการนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ดังนั้นวงจรควบคุมจะใช้เทคนิคพัลซ์วิดท์มอดดูเลชั่นเป็นหลัก การใช้เทคนิคพัลซ์วิดท์มอดดูเลชั่นเพื่อควบคุมช่วงเวลาในการนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์สามารถทำได้ 2 ลักษณะการทำงานของวงจรควบคุม คือ ในโหมดควบคุมจากแรงดันและโหมดควบคุมจากกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1. วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดัน

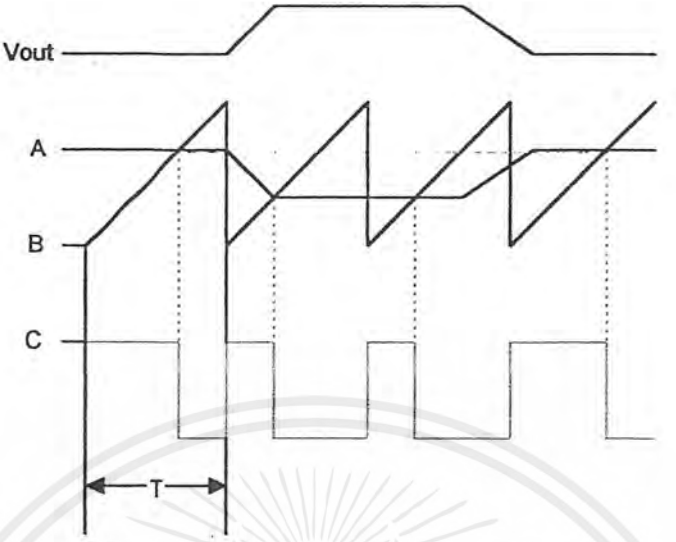
การทำงานของวงจรควบคุมในโหมดนี้ จะอาศัยการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่เอาท์พุทมาทำการควบคุมช่วงเวลาในการนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เพื่อการคงค่าแรงดันเอาท์พุทเป็นหลักวงจรพื้นฐานของวงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดันแสดงดังรูป



รูปที่ 2.8 แสดงวงจรพื้นฐานในโหมดควบคุมแรงดัน

จากรูปที่ 2.8 วงจรควบคุมอาศัยการป้อนกลับของค่าแรงดันเอาท์พุทนำมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงของวงจรเพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาท์พุท ค่าความแตกต่างที่ได้จะถูกขยายโดยวงจรขยายความแตกต่าง (E/A) ก่อนที่จะส่งต่อไปยังวงจรพัลซ์วิดท์มอดดูเลชั่น โดยค่าแรงดันที่ได้จากวงจรขยายความแตกต่างจะถูกเปรียบเทียบกับแรงดันรูปฟันเลื่อย เอาท์พุทที่ได้จากวงจรพัลซ์วิดท์มอดดูเลชั่นจะมีลักษณะเป็นพัลซ์สี่เหลี่ยม ซึ่งมีคาบเวลาคงที่เท่ากับคาบเวลาของแรงดันรูปฟันเลื่อยและมีความกว้างของพัลซ์แปรเปลี่ยนไปตามผลของการมอดดูเลชั่น ค่าความกว้างของพัลซ์นี้เองจะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาในการนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



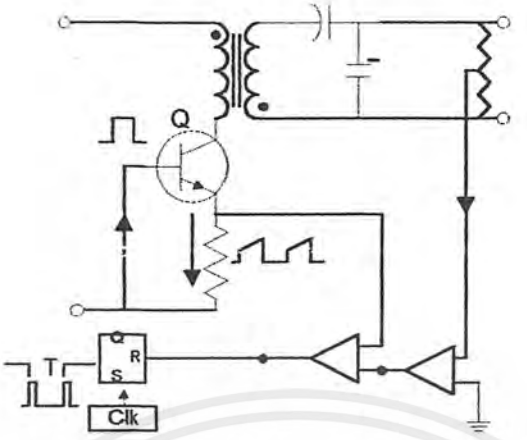
รูปที่ 2.9 แสดงรูปสัญญาณที่จุดต่างๆ ในวงจรควบคุม

เนื่องจากค่าแรงดันป้อนกลับจะถูกส่งมายังวงจรขยายความแตกต่างที่ขาอินเวอร์ติ้ง ผลแตกต่างของแรงดันเอาท์พุทและแรงดันอ้างอิงที่จุด A จึงมีลักษณะกลับเฟสอยู่ 180 องศา กล่าวคือ เมื่อแรงดันเอาท์พุทมีค่ามากขึ้นแรงดันที่จุด A จะมีค่าลดลง ความกว้างของพัลซ์ที่เอาท์พุทของวงจรพัลซ์วิดท์มอดดูเลชั่นจึงมีค่าลดลงด้วย และทำให้ช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีค่าลดลงเช่นกัน ถ้าแรงดันเอาท์พุทมีค่าลดลง แรงดันที่จุด A ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น ความกว้างของพัลซ์ที่เอาท์พุทของวงจรพัลซ์วิดท์มอดดูเลชั่นจึงมีค่าเพิ่มขึ้นช่วงเวลาการนำกระแสก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นผลให้คอนเวอร์เตอร์สามารถคงค่าแรงดันเอาท์พุทไว้ได้

2.3.2. วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส

การคงค่าแรงดันเอาท์พุทของคอนเวอร์เตอร์ด้วยวงจรควบคุมในโหมดควบคุมกระแสมีข้อดีมากกว่าโหมดควบคุมแรงดัน แต่ยังคงใช้เทคนิคพัลซ์วิดท์มอดดูเลชั่นเช่นเดียวกัน ดังแสดงวงจรพื้นฐานในรูปข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงวงจรพื้นฐานของวงจรควบคุมในโหมดควบคุมกระแส

เริ่มแรกพิจารณาว่า เอาท์พุตของวงจรขยายความแตกต่างมีค่าเป็น Ver มีค่าคงที่เมื่อวงจรทำงาน วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาสร้างสัญญาณนาฬิกาที่มีคาบเวลาคงที่ไปกระตุ้นที่ขา S ของวงจรแลทช์ ขา Q จึงมีสถานะเป็น "1" เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 ก็จะเริ่มนำกระแสทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิและ Rs ทำให้เกิดแรงดัน Vs ตกคร่อม Rs Vs ที่เกิดขึ้นจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับ Ver โดยวงจรเปรียบเทียบ เมื่อค่าของ Vs มีค่าเพิ่ม มากกว่า Ver เอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบจะมีสถานะ"1" และไปกระตุ้นขา R ของวงจรแลทช์ ทำให้ขา Q มีสถานะเป็น "0" และทำให้ Q1 หยุดนำกระแส จนกว่าที่ขา S ของวงจรแลทช์จะ ได้รับการกระตุ้นจากสัญญาณนาฬิกาอีกครั้ง

จะเห็นได้ว่าความกว้างของเอาท์พุตพัลซ์ที่ขา Q ของวงจรแลทช์จะถูกควบคุมโดย Vs นั่นเอง ถ้าค่าแรงดันอินพุตของวงจรคอนเวอร์เตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น แรงดัน Vs จะมีค่าเพิ่มมากกว่า Ver ทำให้ความกว้างของเอาท์พุตพัลซ์ลดลง ทรานซิสเตอร์นำกระแสน้อยลง ในทางกลับกันถ้าแรงดันเอาท์พุตของคอนเวอร์เตอร์มีค่าลดลง Vs จะเพิ่มขึ้นได้ช้า ความกว้างของเอาท์พุตพัลซ์เพิ่มขึ้น Q1 ก็นำกระแสเพิ่มมากขึ้นจะเห็นได้ว่าเมื่อโหลดคงที่ คอนเวอร์เตอร์สามารถคงค่าแรงดันเอาท์พุตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุตได้ โดยไม่ต้องอาศัยการป้อนกลับจากแรงดันเอาท์พุตเลยทำให้คอนเวอร์เตอร์สามารถตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุตได้อย่างรวดเร็ว เมื่อดูจากวงจรรวม คือมีส่วนของวงจรขยายความแตกต่าง เมื่อแรงดันเอาท์พุตมีค่าลดลง เอาท์พุตของวงจรขยายความแตกต่าง จะมีค่ามากขึ้นทรานซิสเตอร์ก็จะนำกระแสมากขึ้นเพื่อให้ Vs มากกว่าแรงดันเอาท์พุตของวงจรขยายความแตกต่าง ในทางกลับกัน เมื่อแรงดันเอาท์พุตของวงจรคอนเวอร์เตอร์มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเพิ่มขึ้น เอาท์พุตของวงจรขยายความแตกต่างก็จะมีค่าลดลง Q1 จึงนำกระแสน้อยลง ดังนั้นคอนเวอร์เตอร์จะสามารถคงค่าแรงดันที่เอาท์พุตไว้ได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด

2.4 วงจรขับ

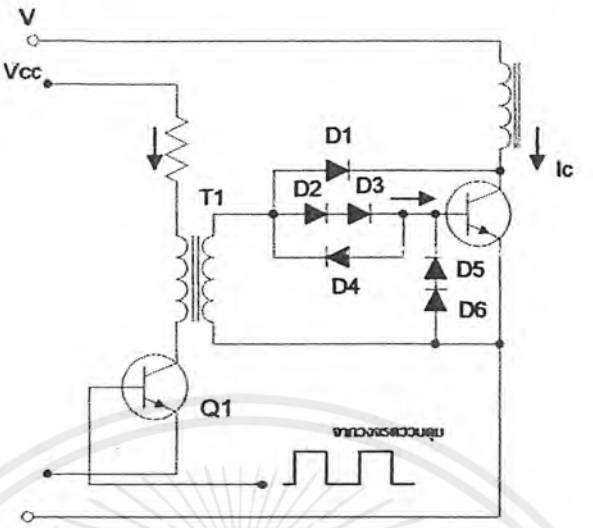
2.4.1. วงจรขับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

ไบโพลาร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ต้องกระตุ้นการทำงานโดยการให้กระแสไปแอสที่ขาเบส เพื่อให้นำกระแสและหยุดนำกระแสได้ และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าการลดประจุสะสมที่เกิดขึ้นในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะนำกระแส จะขึ้นอยู่กับลักษณะของกระแสไบแอสที่ให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ดังนั้นการจัดวงจรขับกระแสไบแอสที่ถูกต้องจะช่วยลดกำลังงานสูญเสียให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้เช่นกัน

วงจรขับกระแสไบแอสนั้นทำได้ 2 ลักษณะคือ วงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสคงที่ (Fixed Base Drive) และวงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสเบสเป็นสัดส่วนกับกระแสคอลเล็กเตอร์ (Proportional Base Drive) สำหรับคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์และมีกำลังต่ำกว่า 500 วัตต์ มักนิยมใช้วงจรขับด้วยกระแสคงที่โดยวงจรขับกระแสทำให้กระแสเบสมีค่าคงที่และมากพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสถึงจุดอิ่มตัวแต่วิธีนี้จะเกิดประจุสะสมในทรานซิสเตอร์ขณะนำกระแสค่อนข้างสูงและใช้เวลานานในการหยุดนำกระแส ในขณะที่วงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสเป็นสัดส่วนนั้น ค่ากระแสที่เบสจะขึ้นอยู่กับค่ากระแสที่ไหลผ่านคอลเล็กเตอร์ ประจุสะสมจะเกิดขึ้นน้อยและการหยุดนำกระแสจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่วงจรค่อนข้างยุ่งยากมักใช้กับวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่มีกำลังสูงเท่านั้น

2.4.1.1. วงจรขับกระแสไบแอสโดยใช้หม้อแปลงและเบเกอร์แคลมป์เบเกอร์แคลมป์ เป็นวงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสคงที่และจัดให้ไดโอดทำงานร่วมกับทรานซิสเตอร์เพื่อป้องกันการเกิดประจุสะสม เมื่อประจุสะสมเกิดขึ้นน้อยเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จึงหยุดนำกระแสได้อย่างรวดเร็ว การใช้หม้อแปลงในการขับกระแส หม้อแปลงจะเป็นแหล่งจ่ายกระแสสูงให้กับวงจรได้ และเนื่องจากเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต้องการแรงดันตกคร่อมที่ขาเบสและอีมิตเตอร์ประมาณ 1 ถึง 1.8 โวลต์ ดังนั้นหม้อแปลงที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบ 10:1 ถ้ามีแรงดันที่ขดไพรมารี่ค่า 10 ถึง 18 โวลต์ และกระแสเพียง 300 มิลลิแอมป์ หม้อแปลงจะให้กระแสได้ถึง 3 แอมป์ ดังแสดงวงจรในรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

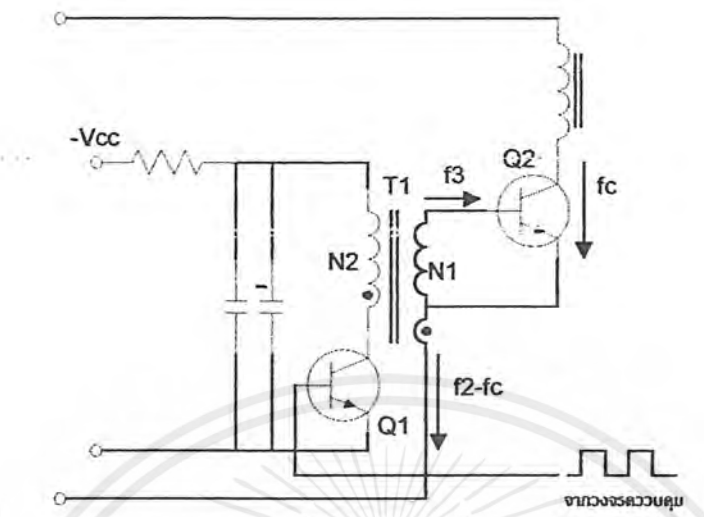


รูปที่ 2.11 แสดงวงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสคงที่ แบบเบเกอร์แคลมป์

2.4.1.2. วงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสเป็นสัดส่วนกับกระแสคอลเล็กเตอร์

เป็นวงจรขับกระแสไบแอสที่นิยมใช้ในคอนเวอร์เตอร์ที่จ่ายกำลังงานสูงๆ วงจรขับกระแสแบบนี้จะลดช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแส ด้วยการให้กระแสไบแอสเป็นสัดส่วนกับกระแสที่ไหลผ่านคอลเล็กเตอร์เพื่อเป็นการลดประจุสะสมให้น้อยที่สุด ขณะที่มีแรงดันตกคร่อมตัวมันต่ำที่สุดขณะนำกระแส จากนั้นจึงให้กระแสไบแอสกลับค่าสูงๆ เพื่อหยุดการนำกระแสอย่างรวดเร็ว ต่างจากการใช้เบเกอร์แคลมป์ที่ป้องกันไม่ให้ประจุสะสมเกิดขึ้นภายในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้ แต่มีค่าแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงขณะนำกระแส ดังแสดงวงจรในรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงวงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสเป็นสัดส่วนกับกระแสคอลเล็กเตอร์

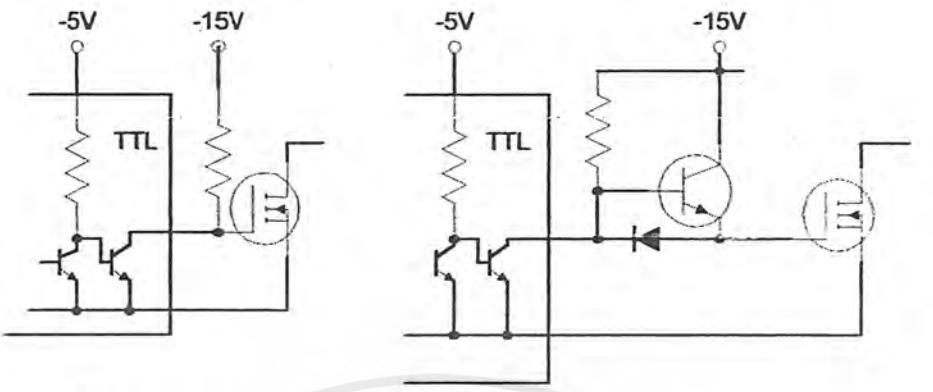
2.4.2. วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต

การขับเพาเวอร์มอสเฟต ให้นำกระแสนั้นแตกต่างจากการขับกระแสไบแอส ในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ สำหรับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์กระแสจะไหลผ่านคอลเล็กเตอร์และอีมิตเตอร์ได้ก็ต่อเมื่อ มีกระแสไบแอสไหลผ่านที่เบสและอีมิตเตอร์ แต่เพาเวอร์มอสเฟตจะมีกระแสไหลผ่านเดรนและซอร์สได้ก็ต่อเมื่อแรงดันตกคร่อมที่ขาเกตและซอร์สมีค่าอย่างต่ำเท่ากับค่าแรงดันขีดเริ่ม (Threshold Voltage) แต่ใช้กระแสต่ำ การขับเพาเวอร์มอสเฟต ให้นำกระแสจึงทำได้ง่ายและยุ่งยากน้อยกว่าเพาเวอร์ทรานซิเตอร์มาก

2.4.2.1. วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วย TTL

การขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วย ไอซี TTL โดยตรงนั้นสามารถทำได้แต่ไอซี TTL มีขีดจำกัดในการจ่ายกระแสและรับกระแสที่เอาท์พุต ซึ่งมีผลต่อความเร็วในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์มอสเฟต และทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียสูงได้ การต่อวงจรขับชนิดนี้จึงจำเป็นต้องเพิ่มตัวอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อช่วยในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์มอสเฟตเป็นไปอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

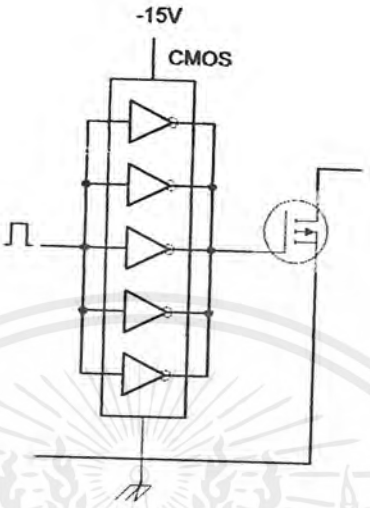
รูปที่ 2.13 แสดงการขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยไอซี TTL แบบต่างๆ

รูปที่ 2.13 (ก) แสดงวงจรขับด้วยไอซี TTL ที่มีเอาท์พุทเป็นแบบคอลเล็กเตอร์เปิด การต่อพูลอัพรีซิสเตอร์เข้าช่วย เพื่อให้มีแรงดันสูงพอที่จะขับเพาเวอร์มอสเฟตให้ทำงานและการหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟตเป็นไปได้เร็วขึ้น แต่ความเร็วขณะเริ่มนำกระแสยังมีค่าจำกัดอยู่เนื่องจากกระแสยังถูกจำกัดด้วยพูลอัพรีซิสเตอร์

รูปที่ 2.13 (ข) ทรานซิสเตอร์จะช่วยในการจ่ายกระแสได้มากขึ้นทำให้ความเร็วในการนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟตดีขึ้น และลดกำลังสูญเสียในตัว ไอซี TTL ด้วย และวงจรขับจะเพิ่มทรานซิสเตอร์เข้ามาอีกหนึ่งตัวเพื่อให้การคายประจุที่ขาเกตเป็นไปอย่างรวดเร็วและทำให้ความเร็วขณะเริ่มหยุดนำกระแสเป็นไปได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.2. วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยไอซี CMOS



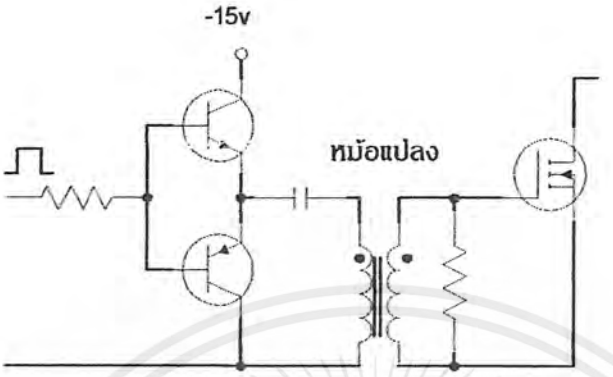
รูปที่ 2.14 แสดงการขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยไอซี CMOS

เพาเวอร์มอสเฟตสามารถต่อ โดยตรงเข้ากับไอซี CMOS ได้ ในส่วนเอาท์พุทของไอซี CMOS จะเป็นเฟตต่อกันในลักษณะคอมพลีเมนตารี ซึ่งสามารถทำงานได้ที่แรงดันไฟเลี้ยงตั้งแต่ 3 ถึง 8 โวลต์ โดยทั่วไปจะใช้ 12 ถึง 15 โวลต์ เพื่อให้เหมาะสมในการขับเพาเวอร์มอสเฟต

สำหรับการขับเพาเวอร์มอสเฟตที่ต้องนำกระแสสูงๆ การต่อ CMOS ในลักษณะขนานกันจะสามารถเพิ่มกระแสที่ขาเกต และทำให้ความเร็วในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์มอสเฟตเป็นไปได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.3. วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยหม้อแปลง



รูปที่ 2.15 แสดงวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยหม้อแปลง

ในกรณีของคอนเวอร์เตอร์แบบฮาล์ฟบริดจ์และฟูลบริดจ์ วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟสตัวบนและตัวล่างจะต้องมีการแยกกราวด์ออกจากกัน จึงจำเป็นต้องใช้หม้อแปลงหรือในกรณีที่ต้องการขับเพาเวอร์มอสเฟตมากกว่า 1 ตัว พร้อมกันก็อาจต้องใช้หม้อแปลงช่วย

การต่อหม้อแปลงพัลซ์เข้ากับขาเกตและวงจรควบคุมโดยตรงอาจเกิดปัญหาการเลื่อนระดับของแรงดันเอาท์พุทที่หม้อแปลง และอาจมีปัญหาในการทำงานของเพาเวอร์มอสเฟตได้ การต่อวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยหม้อแปลงจึงควรทำในลักษณะดังรูปที่ 2.15

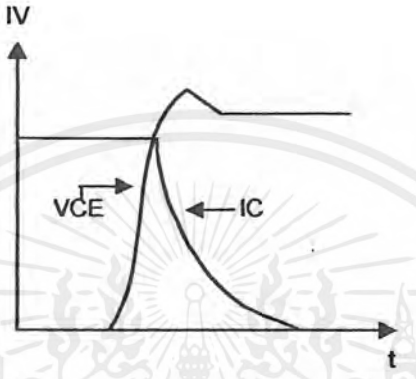
2.5 วงจรสนับเบอร์ (Snubber Network)

วงจรสนับเบอร์ เป็นส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาในวงจรคอนเวอร์เตอร์ เพื่อลดการเกิดกำลังสูญเสียและป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรขณะที่ทำงานปกติ วงจรสนับเบอร์นี้อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ วงจรสนับเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส และสนับเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน วงจรสนับเบอร์ทั่วไปจะประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ไดโอด เรียกว่าวงจร RCD สนับเบอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

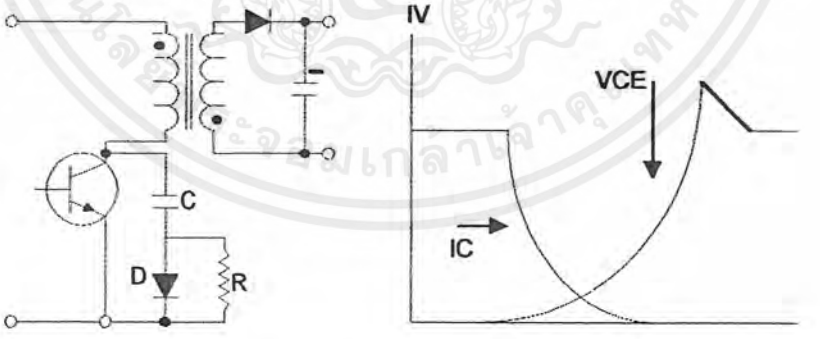
2.5.1. วงจรสนับเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส

ในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะทำให้เกิดการสูญเสียกำลังงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะเริ่มหยุดนำกระแส ก่อนที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะหยุดนำกระแสนั้น กระแสจะลดลงอย่างช้าๆ ในขณะที่แรงดันเพิ่มขึ้นสู่ค่าแรงดันอินพุตอย่างรวดเร็วดังรูป 2.16



รูปที่2.16 แสดงลักษณะกระแสและแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์

เพื่อลดการสูญเสียในช่วงนี้สามารถทำได้โดยต่อวงจรสนับเบอร์เข้ากับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เพื่อควบคุมแรงดันตกคร่อมที่คอลเล็กเตอร์และอีมิตเตอร์ให้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งกระแสที่ไหลผ่านตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ลดลงได้ทันกัน ซึ่งจะทำให้กำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำ ลักษณะการต่อวงจรสนับเบอร์สามารถทำได้ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงวงจรสนับเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส

การทำงานของวงจรสนับเบอร์ช่วงเริ่มหยุดนำกระแสจะเป็นไปได้ดังนี้คือ เมื่อเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 เริ่มหยุดนำกระแส แรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้กระแสบางส่วนไหลผ่านตัวเก็บประจุ C1 และ ไดโอด D1 ของวงจรสนับเบอร์ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม C1 ด้วย แรงดันที่ตกคร่อม C1 จะทำให้แรงดันที่คอลเล็กเตอร์ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์แพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นถ้าให้ C1 มีค่ามากพอ การเพิ่มขึ้นของแรงดันที่คอลเล็กเตอร์ก็จะถูกหน่วงออกไปเพื่อให้กระแสที่ไหลผ่านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ลดลงจนมีค่าน้อยๆ ได้ทันกัน และจะลดการเกิดกำลังสูญเสียในตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้

ขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มนำกระแสอีกครั้ง C1 จะคายประจุผ่านตัวต้านทาน R1 ทิ้งไป แรงดันตกคร่อม C1 ก็จะลดลงต่ำได้อีกครั้งและสามารถทำงานได้ในช่วงต่อไป ค่าของ C1 และ R1 ที่เหมาะสมหาได้จาก

$$C1 = \frac{(I_P \times t_{ON}\pi)}{2 \times V_{in}} \qquad (2.3)$$

$$R1 = \frac{t_{on(\min)}}{2 \times 3 \times C_1} \qquad (2.4)$$

เมื่อ Ip คือ ค่ากระแสสูงสุดขณะเริ่มหยุดนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

Vin คือ ค่าแรงดันอินพุตของวงจรคอนเวอร์เตอร์

ton คือ ช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

toff คือ ช่วงเวลาหยุดนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

การคายประจุของ C1 ทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียในตัว R1 สูง ดังนั้นตัวต้านทาน R1 จะต้องทนกำลังได้สูง โดยกำลังสูญเสียใน R1 หาได้จาก

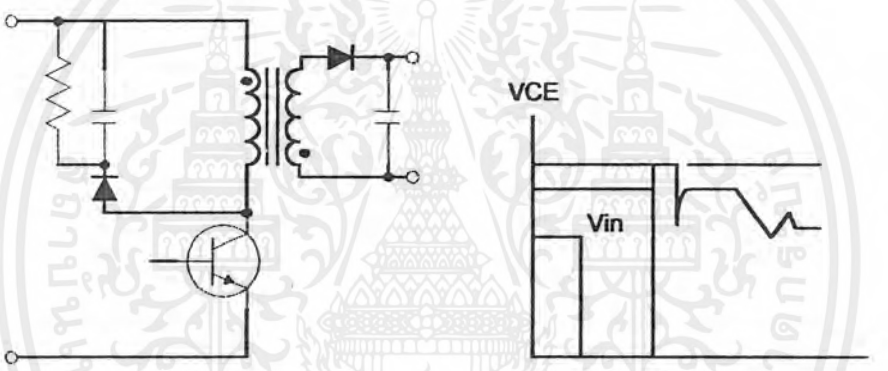
$$P_d = \frac{C_1(2V_{in})^2}{2T} \qquad (2.5)$$

เมื่อ T คือ คาบเวลาการทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2. วงจรสนับเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน

ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มักมีสาเหตุที่เกิดมาจากการทำงานเกินพิกัดปลอดภัย RBSOA แรงดันสไปค์ขณะหยุดนำกระแสโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฟลายแบคและฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ มักทำให้ค่าของแรงดันที่ตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะเริ่มหยุดนำกระแสมีค่าสูงเกินค่าแรงดันสูงสุดที่มันจะทนได้ และเกิดการเสียหายขึ้น วงจรสนับเบอร์ป้องกันแรงดันเกินจึงมีหน้าที่ป้องกันค่าแรงดันสไปค์ที่เกิดขึ้นไม่ให้เกินค่าความปลอดภัยของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ การต่อวงจรสนับเบอร์สามารถต่อได้ดังรูป 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงวงจรสนับเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน

การทำงานของวงจรสนับเบอร์ป้องกันแรงดันเกินเป็นดังนี้คือ ในขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มหยุดนำกระแส ตัวเก็บประจุ C จะถูกชาร์จประจุผ่านไดโอด D จากค่าแรงดันสไปค์ค่าของ R1 จะทำให้แรงดันตกคร่อม C มีค่าต่ำกว่าแรงดันสไปค์ และมีค่าคงที่ตลอดช่วงของการเกิดแรงดันสไปค์ ค่าแรงดันสูงสุดที่คอลเล็กเตอร์ขณะเกิดสไปค์จึงถูกกั้นไว้ด้วยแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ C และเนื่องจากแรงดันสไปค์จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ ดังนั้นขณะที่แรงดันสไปค์มีค่าต่ำลง C จะคายประจุออกมาผ่านตัวต้านทาน R แรงดันตกคร่อมที่คอลเล็กเตอร์จะกลับสู่ค่าแรงดันตามการทำงานปกติ

วงจรสนับเบอร์นี้ทำงานโดยการถ่ายเทพลังงานสะสมในตัวเหนี่ยวนำแฝงอันเป็นตัวทำให้เกิดแรงดันสไปค์ ไปไว้ที่ตัวเก็บประจุ C แทน นั่นคือ

$$\frac{1}{2}CV_e^2 = \frac{1}{2}L_iI_p^2 \qquad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก Vc จะมีค่าได้ไม่เกิน Vceo-Vclamp ดังนั้น

$$C = \frac{L_i I_p^{\,2}}{(V_{ceo} - V_{clamp})^2} \qquad (2.7)$$

เมื่อ Li คือ ค่าความเหนี่ยวนำแฝงที่เกิดจากฟลักซ์รั่วของขดไพรมารี่

Ip คือ ค่ากระแสสูงสุดขณะเริ่มหยุดนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

Vceo คือ อัตราทนแรงดันตกคร่อมสูงสุดของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

Vclamp คือ ค่าแรงดันสูงสุดที่ยอมให้เกิดได้เมื่อเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มหยุดนำกระแส

ค่าของตัวต้านทาน R หาได้จาก

$$R = \frac{t_{off(\min)}}{2 * 3 * C} \qquad (2.8)$$

ค่ากำลังสูญเสียใน R สามารถหาได้จาก

$$P_d = \frac{\left[(1/2) L_i I_p^{\,2}\right]}{T} \qquad (2.9)$$

เมื่อ T คือ คาบเวลาการทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเ

toff คือ ช่วงเวลาหยุดนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

2.6 อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

เนื่องจากวงจรคอนเวอร์เตอร์มีการทำงานในช่วงความถี่ตั้งแต่ 20 กิโลเฮิร์ทขึ้นไป และมีการสูญเสียกำลังงานทั้งในขณะนำกระแสและในขณะที่เปลี่ยนสภาวะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องทำงานอยู่ในย่านแรงดันสูง ยิ่งทำให้เกิดการสูญเสียมากขึ้น เพราะฉะนั้นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ใช้อยู่ในวงจรคอนเวอร์เตอร์ควรจะต้องมีทั่วไปคือ มีค่าแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสต่ำ มีช่วงเวลาคือตัวสั้น และสามารถทนกำลังได้สูง ซึ่งรายละเอียดของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ใช้ในวงจรคอนเวอร์เตอร์มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1. ฟาสต์-รีคัพเวอรี่และอุลตร้าฟาสต์-รีคัพเวอรี่ไดโอด

ฟาสต์-รีคัพเวอรี่ไดโอดมีช่วงเวลาคืนตัวประมาณ 200 ถึง 750 นาโนวินาที ซึ่งสั้นกว่าซิลิกอนไดโอดมากและฟาสต์-รีคัพเวอรี่ไดโอดมีอัตราทนแรงดันไบแอสกลับได้สูงถึง 1000 โวลท์ ส่วนอุลตร้าฟาสต์-รีคัพเวอรี่ไดโอดจะมีช่วงเวลาคืนตัวประมาณ 25 ถึง 100 นาโนวินาที และมีอัตราทนแรงดันไบแอสกลับได้สูงถึง 1000 โวลท์เช่นเดียวกัน แรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสของไดโอดทั้งสองชนิดมีค่าอยู่ใกล้เคียงกันคือ ประมาณ 0.6 ถึง 1.5 โวลท์

2.6.2. ชอตต์กี้ไดโอด

ชอตต์กี้ไดโอดมีค่าแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสค่อนข้างต่ำ ประมาณ 0.5 โวลท์ จึงเหมาะสมกับคอนเวอร์เตอร์ที่มีค่าแรงดันเอาท์พุตต่ำๆ และกระแสสูง เนื่องจากลักษณะโครงสร้างภายในที่แตกต่างจากฟาสต์-รีคัพเวอรี่และอุลตร้าฟาสต์-รีคัพเวอรี่ไดโอด ชอตต์กี้ไดโอดจะไม่เกิดประจุสะสมภายในตัวมันขณะนำกระแส ช่วงเวลาคืนตัวของชอตต์กี้ไดโอดจึงมีค่าสั้นมาก โดยมีค่าน้อยกว่า 10 นาโนวินาที และอาจถือได้ว่าชอตต์กี้ไดโอดไม่มีกำลังสูญเสียในช่วงนี้เลยก็ได้

ชอตต์กี้ไดโอดมีข้อเสียอยู่ 2 ประการคือ ชอตต์กี้ไดโอดมีอัตราทนแรงดันไบแอสกลับสูงสุดมีค่าน้อย และมีกระแสรั่วไหลสูง ยังมีปัญหาเมื่อนำมาใช้งานจะให้ทรานซิสเตอร์ขณะเริ่มนำกระแสสูง

2.6.3. เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

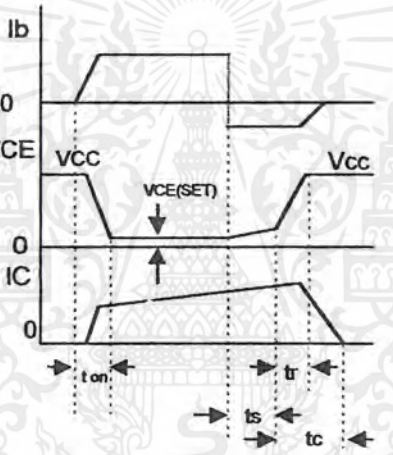
เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในวงจรคอนเวอร์เตอร์จะมีการทำงานในลักษณะสวิตช์และมีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งผลที่ได้จะแตกต่างจากโหลดที่มีลักษณะเป็นตัวต้านทาน เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งในการเปลี่ยนสถานะของตัวมันเมื่อจะเริ่มนำกระแสและเมื่อจะหยุดนำกระแส รวมทั้งเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ยังมีแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสอีกด้วย การเปลี่ยนสถานะและแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสทำให้เกิดกำลังสูญเสียในรูปของความร้อน (Power Dissipation) ขึ้นที่ตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ แต่ก็ยังมีข้อดีอยู่คือ มีอัตราทนแรงดันตกคร่อมสูงและราคาถูกกว่า ทั้งยังมีการพัฒนาให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ทำงานเร็วขึ้นเพื่อให้สามารถใช้งานในย่านความถี่สูงๆ และลดกำลังงานสูญเสีย

กำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นมี 2 ลักษณะคือ ขณะเปลี่ยนสถานะ และในขณะที่นำกระแสอยู่ในช่วงอิ่มตัว สำหรับการสูญเสียในการเปลี่ยนสถานะจะเกิดกำลังงานสูญเสียมากที่สุดขณะที่เริ่มหยุดนำกระแสเป็นส่วนใหญ่

เมื่อเริ่มให้กระแส ไบแอสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ กระแสคอลเล็กเตอร์ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอ์ จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่แรงดันตกคร่อมคอลเล็กเตอร์และอีมิตเตอร์(Vce) จะยังคงมีค่าเท่ากับ Vcc และจะใช้เวลาช่วงหนึ่งคือ ton เพื่อลดค่าแรงดันลงมาเป็น Vce(sat) ดังรูปข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล่าง กำลังสูญเสียจะเกิดขึ้นในช่วงเวลา ton นี้เนื่องจากเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงขณะมีกระแสไหล อย่างไรก็ตาม ช่วงเวลา ton นี้ค่อนข้างสั้นและกระแสเริ่มต้นที่ไหลผ่านมักมีค่าต่ำ กำลังงานสูญเสียขณะเริ่มนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในช่วงนี้จึงมีค่าต่ำ เมื่อหยุดให้กระแสไบแอสและป้อนกระแสไบแอสค่าลบให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เพื่อหยุดการนำกระแสเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะยังคงนำกระแสต่อไปอีกเป็นเวลา ts ซึ่งเป็นผลจากการเกิดประจุสะสมขึ้นในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะนำกระแส ช่วงเวลา ts นี้ เรียกว่าช่วงเวลาสะสม (Storage Time) และขณะช่วงเวลา ts นี้ แรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะเริ่มเพิ่มขึ้นและเกิดกำลังงานสูญเสียมากกว่าเมื่อมันนำกระแสขณะมีกระแสไบแอสอยู่



รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

จากนั้นแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ยังคงนำกระแสอยู่ในช่วงเวลา tr (Voltage Rise Time) เมื่อประจุสะสมในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มลดลง กระแสที่คอลเล็ก

เตอร์จะเริ่มลดลงและใช้เวลาเท่ากับ tr (Current Fall Time) เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จึงหยุดนำกระแส จะเห็นได้ว่ากำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในช่วงเวลา tr และ tf จะมีค่าสูงและเป็นช่วงที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เกิดกำลังงานสูญเสียมากที่สุดขณะทำงาน ช่วงเวลา tr+tf จะเรียกว่า ช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแส (Turn Off Time) กำลังงานสูญเสียในขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มหยุดนำกระแสนั้นอาจประมาณได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_{d(sw)} = \frac{0.5 V_{cc} I_{pk} t_c}{T} \qquad (2.10)$$

เมื่อ Pd(sw) คือ กำลังงานสูญเสียขณะเริ่มหยุดนำกระแส

Vcc คือ แรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์และหยุดนำกระแส

Ipk คือ ค่ากระแสสูงสุดเมื่อเริ่มหยุดนำกระแส

tc คือ ช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแส

T คือ คาบเวลาการทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

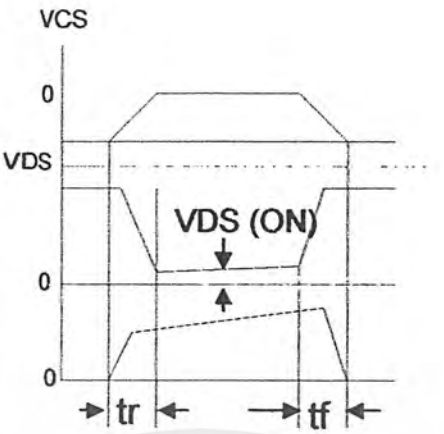
การทำให้กำลังสูญเสียขณะเริ่มหยุดนำกระแส มีค่าน้อยที่สุดจะทำให้การใช้งานเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุด และลดความร้อนที่เกิดกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะทำงาน

2.6.4. เพาเวอร์มอสเฟต

เพาเวอร์มอสเฟต สามารถทำงานได้ดีที่ความถี่สูงตั้งแต่ 50 กิโลเฮิร์ต ไปจนถึงประมาณ 400 กิโลเฮิร์ต เนื่องจากมันใช้เวลาในการเปลี่ยนสถานะค่อนข้างสั้น ซึ่งจะเป็นผลดีในการลดขนาดของคอลเวอร์เตอร์ ในส่วนวงจรขับของเพาเวอร์มอสเฟตนั้นสามารถทำได้ง่าย โดยอาจขับเพาเวอร์มอสเฟตให้ทำงานได้จากไอซีควบคุมแบบพัลซ์วิดมอดดูเลชั่น โครงสร้างของเพาเวอร์มอสเฟตที่จะใช้ในวงจรคอลเวอร์เตอร์มีทั้งแบบ N-ch และแบบ P-ch ทำงานในลักษณะพุช-พูล หรือทำงานเพียงตัวเดียว ซึ่งโดยส่วนมากจะใช้ N-ch เพราะสามารถทำงานได้ที่ความถี่สูงกว่าแบบ P-ch

กำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นกับเพาเวอร์มอสเฟตขณะทำงาน จะเป็นไปได้ทั้งในขณะที่เปลี่ยนสถานะและกำลังสูญเสียขณะนำกระแสแต่เพาเวอร์มอสเฟตจะมีช่วงเวลาเริ่มนำกระแส และช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแสที่สั้นกว่าเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มาก เพราะเพาเวอร์มอสเฟตจะไม่มีประจุสะสมเกิดขึ้น แต่เพาเวอร์มอสเฟตจะมีค่าอความต้านทานขณะนำกระแสสูงมาก จึงมีการสูญเสียสูงกว่า เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มาก รูปคลื่นแสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ขณะนำกระแสแสดงดังรูป 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
หลักการทำงาน

3.1 ส่วนประกอบของเครื่องตัดโลหะพลาสมาไฟฟ้า

เครื่องพลาสมานั้นประกอบด้วยส่วนสำคัญต่างๆซึ่งแสดงด้วยบล็อกไดอะแกรมดังในรูปที่3.1

3.1.1. อุปกรณ์ตรวจจับความดัน (Pressure sensor)

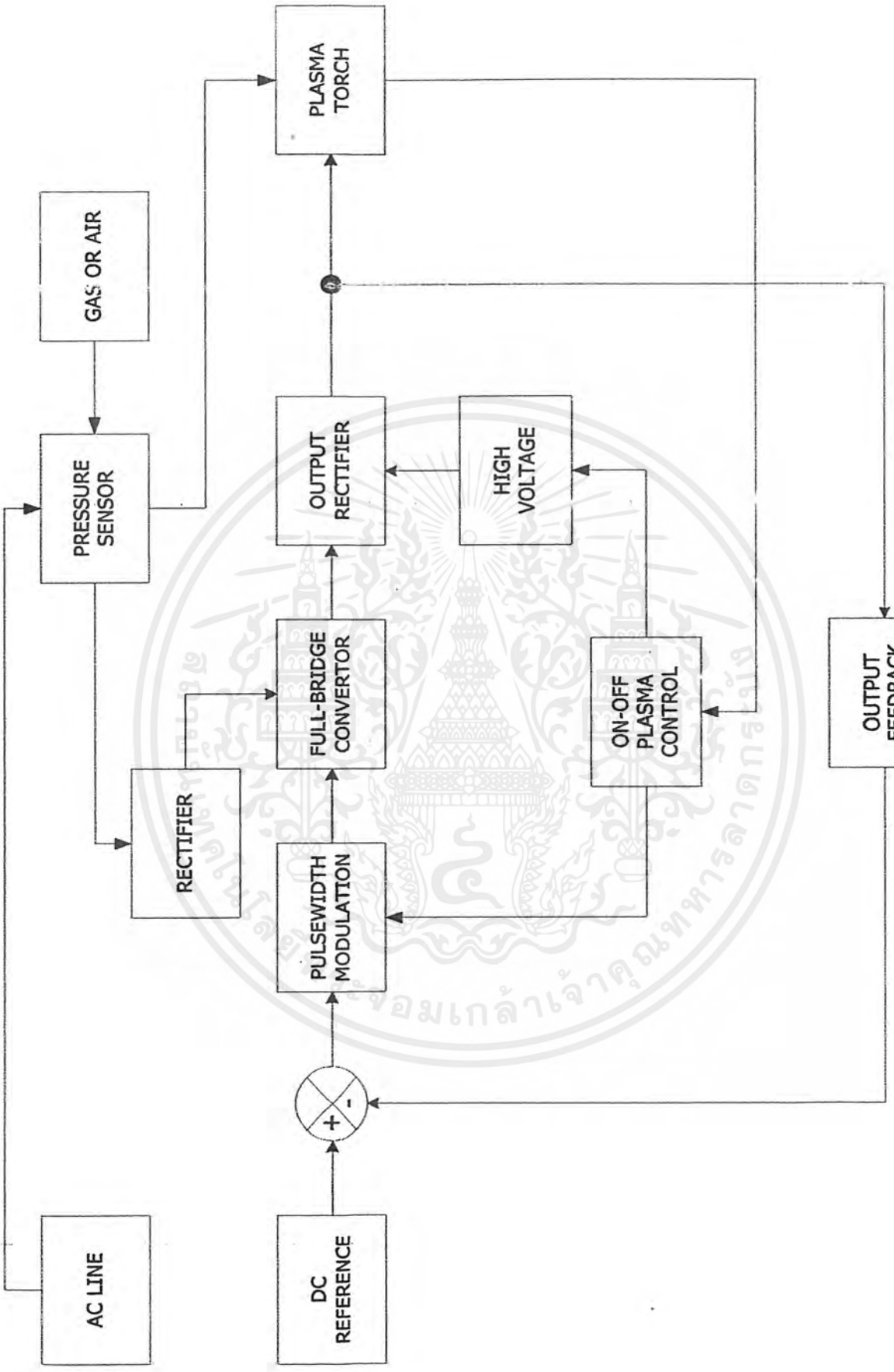
เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญยิ่งประการหนึ่งที่ขาดไม่ได้ หน้าที่ของตัวตรวจจับนั้นคือจะคัดต่อแรงดันไฟฟ้าที่มาจากปลั๊กให้กับวงจรสวิทช์โดยที่จะทำการต่อเมื่อมีอากาศจากปั๊มหรือแก๊สไหลผ่านตัวมันในปริมาณความดันที่ไม่ต่ำกว่าที่กำหนดไว้และจะตัดวงจรเมื่ออากาศหรือแก๊สดังกล่าวนั้นมีความดันไม่ถึงค่าที่กำหนดไว้ สาเหตุที่เราต้องตรวจจับไว้เพราะความดันของแก๊สนั้นมีส่วนในการตัดต่อวงจรทางเอ้าพุทของวงจรสวิทช์ (ลัดวงจร หรือ เปิดวงจร) ในสภาวะเริ่มแรกของการใช้งานยังไม่มีแก๊สไหลเข้าสู่หัวตัด หัวตัดจะมีส่วนของอิเล็กทรอดที่ติดกับน๊อนเซิล์นและเรากำหนดการต่อใช้งานในแบบไม่ส่งผ่าน(เนื่องจากหัวตัดที่นำมาทดลองออกแบบมาเพื่อใช้กับไม่ส่งผ่าน ลายละเอียดอยู่ในภาคผนวกที่3) ดังนั้นจึงเสมือนว่าเกิดการลัดวงจรทางเอ้าพุทของวงจรสวิทช์ แต่เมื่อมีแก๊สไหลผ่านเข้ามาที่หัวตัดจนมีระดับความดันที่มากกว่าหรือเท่ากับที่ตั้งไว้แก๊สจะดันให้อิเล็กทรอดแยกออกจากน๊อนเซิล์นในสภาวะนี้ทางเอ้าพุทของวงจรสวิทช์จึงเสมือนเปิดวงจรซึ่งพร้อมที่จะทำการจุดพลาสมาในการใช้งานต่อไป

3.1.2. หัวตัดพลาสมา (Plasma torch)

หัวตัดพลาสมาเป็นองค์ประกอบหลักของเครื่องตัดไฟฟ้าพลาสมา หน้าที่กำเนิดพลาสมา รายละเอียดของคุณสมบัติต่างๆของหัวตัดที่นำมาใช้ในการทดลองได้แสดงไว้ในภาคผนวกที่3 พลาสมาเกิดจากเมื่อมีแก๊สอยู่ในบริเวณที่เป็นสุญญากาศและได้รับการกระตุ้นจากแรงดันค่าสูงหรือความร้อน จะเกิดปฏิกิริยาอิออไนซ์ของอิเล็กตรอนแก๊สทำให้เกิดพลาสมาที่มีความร้อนสูงจากหลักการดังกล่าวจึงได้นำมาประยุกต์ใช้ความร้อนที่ได้จากพลาสมามาตัดโลหะ

หัวตัดพลาสมาที่เรานำมาใช้งานนั้นแรกเริ่มเมื่อมีแก๊สไหลมาตามสายลำเลียงในปริมาณความดันที่กำหนดแล้วแกนอิเล็กทรอดจะแยกจากน๊อนเซิล์นและเกิดบริเวณความดันต่ำตรงปากท่อของน๊อนเซิล์นที่ตีบเล็ก ทำให้เสมือนมีบริเวณสุญญากาศที่ปลายท่อ เมื่อเราจ่ายแรงดันสูงกระตุ้นโดยใช้อิเล็กทรอดและน๊อนเซิล์นเป็นขั้วในการกระตุ้นก็จะเกิดพลาสมาปรากฏออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.1 แสดง BLOCK DIAGRAM ของเครื่อง PLASMA ARC CUTTING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3. แหล่งจ่ายกำลังสวิทชิ่ง

เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้ลำพลาสมาที่เกิดจากการกระตุ้นด้วยแรงดันสูงในช่วงแรกยังคงเกิดต่อไปโดยอาศัยการแตกตัวของอิเล็กตรอนเนื่องจากความร้อนที่เกิดในช่วงแรกแล้วประจวบกับค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลออกมาจากแหล่งจ่ายกำลังสวิทชิ่งทให้ลำพลาสมานั้นเกิดอย่างต่อเนื่องและจะดับลงเมื่อไม่มีกระแสออกมาให้กับหัวตัด

แหล่งจ่ายกำลังสวิทชิ่งประกอบด้วย 2 ส่วนประกอบใหญ่ๆ

3.1.3.1. วงจรกำเนิดและควบคุมพัลซ์

เป็นวงจรที่กำเนิดรูปคลื่นพัลซ์เพื่อป้อนให้กับอุปกรณ์สวิทช์ในภาคสวิทชิ่งกำลังและมีการควบคุมระยะเวลาการนำกระแสของอุปกรณ์สวิทช์ได้จากวงจรนี้ วงจรควบคุมและกำเนิดพัลซ์แสดงไว้ในรูปที่ 3.2

การทำงานของวงจรจะใช้วงจรรวมในการทำงานเป็นหลักและมีส่วนของวงจรขับกระแสทางเอ้าพุทเพื่อเพิ่มกระแสให้กับภาคสวิทวชิ่งกำลังกระแสที่สูงจะมีผลลดกำลังงานสูญเสียที่เกิดกับอุปกรณ์สวิทช์ได้และทำให้ประสิทธิภาพรวมของเครื่องดีขึ้น วงจรรวมที่นำมาใช้เป็นเบอร์ SG 3526 ของ MOTOROLA รายละเอียดของการทำงานในแต่ละขาได้แสดงไว้ในภาคผนวกที่2

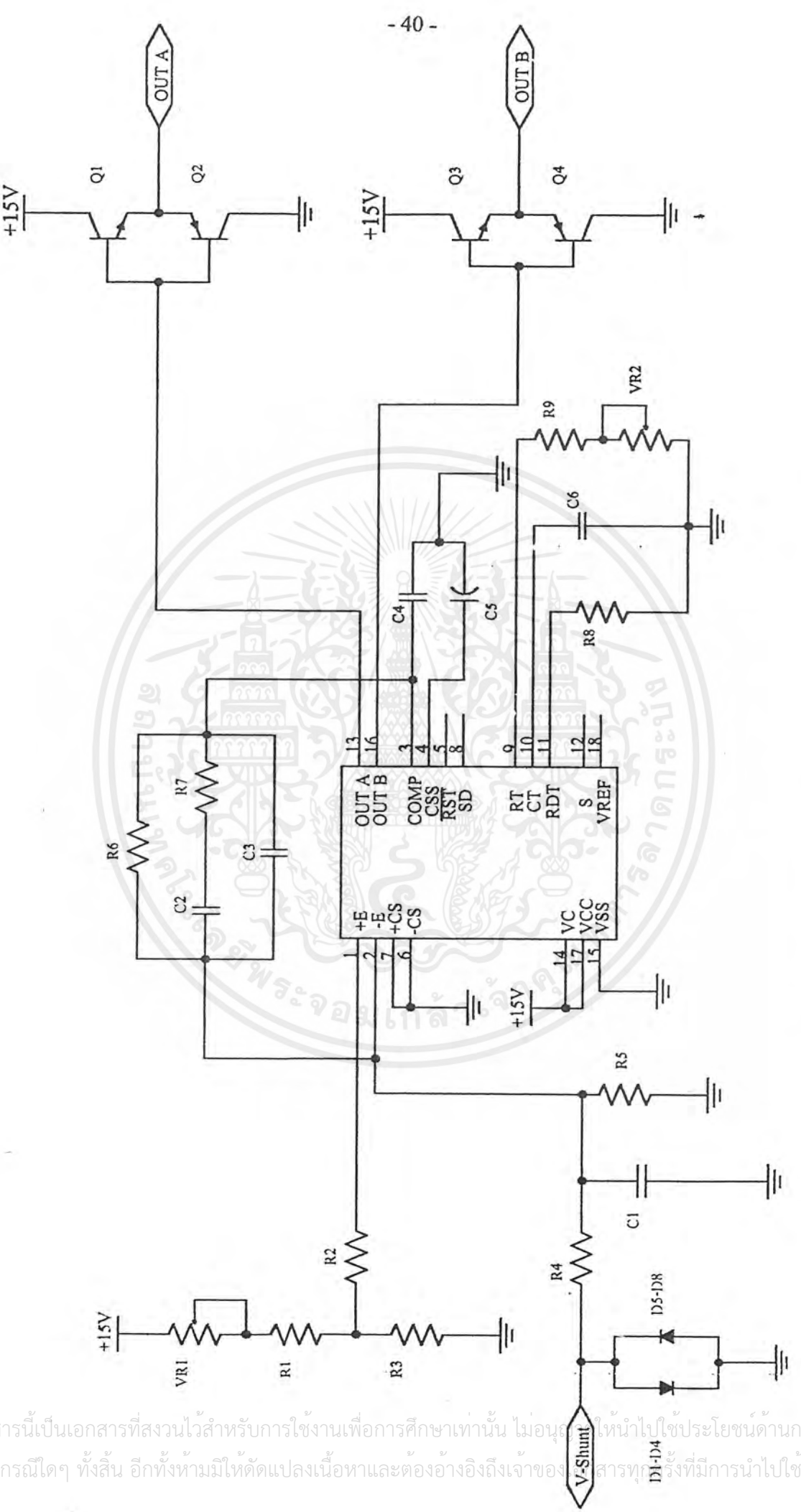
การรักษาระดับกระแสเอ้าพุทคงที่และป้องกันกระแสเกินเป็นเงื่อนไขสำคัญในการออกแบบจากวงจร เราจะควบคุมกระแสให้คงที่ได้โดยการต่อป้อนกลับค่ากระแสเอ้าท์พุทมาประมวลผลเปรียบเทียบกับค่าแรงดันคงที่เพื่อปรับเปลี่ยนชดเชยความกว้างของพัลซ์ และการป้องกันระดับกระแสทางเอ้าพุทเกินกว่าที่กำหนดทำได้โดยการนำค่ากระแสทางเอ้าพุทมาเปรียบเทียบกับแรงดันคงที่เมื่อระดับกระแสที่เกิดขึ้นทางเอ้าพุทมีค่ามากกว่าค่าแรงดันคงที่พัลซ์ที่เกิดขึ้นจากวงจรรวมจะมีค่าเป็นศูนย์หรือกราวด์ทั้งสองช่องเอ้าพุท และเนื่องจากเหตุผลนี้จึงทำให้พลาสมาที่หัวตัดดับลงเพราะไม่มีกระแสไฟฟ้าจากวงจรสวิทชิ่งกำลัง

3.1.3.2. วงจรสวิทชิ่งกำลัง

เป็นวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันกระแสตรงเป็นแรงดันกระแสสลับ เพราะสะดวกกับการนำมาใช้งานมากกว่าจะนำหม้อแปลงที่มีขนาดใหญ่มาใช้งาน

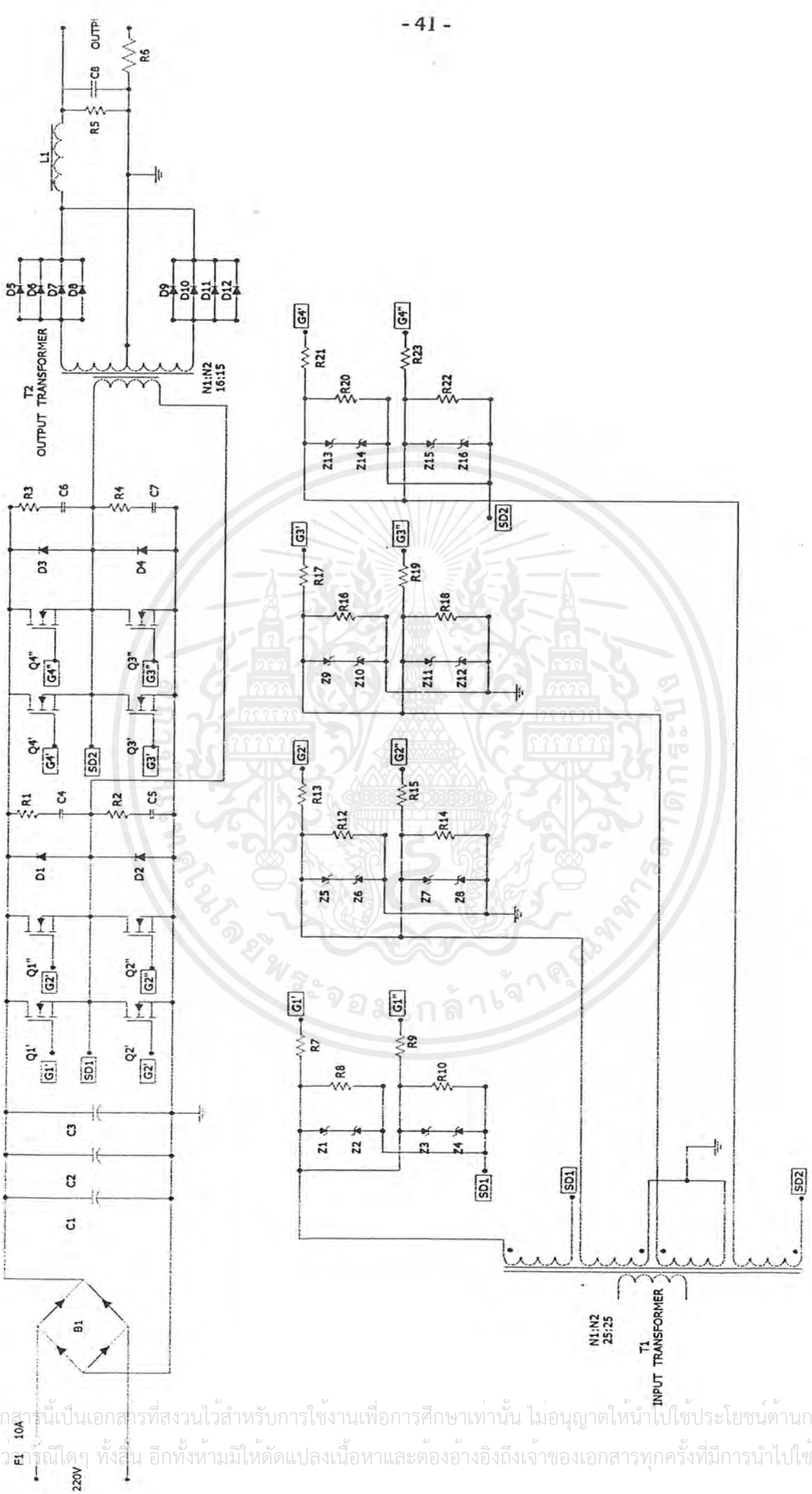
วงจรสวิทชิ่งกำลังที่นำมาใช้เป็นวงจร ฟูลปริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ โดยมีเพาเวอร์มอสเฟตเป็นอุปกรณ์สวิทช์และหลังจากมาค่าแรงดันกระแสสลับที่หม้อแปลง T2 ตามรูปที่3.3 จากนั้นทำการเรียงกระแสจากกระแสสลับเป็นกระแสตรงและนำไปต่อเข้ากับหัวตัดพลาสมาใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.2 แสดงวงจรควบคุมที่ผลิตสัญญาณพัลซ์ให้กับวงจรสวิทช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.3 แสดงวงจรสวิทช์แบบฟูลบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดและการออกแบบวงจรสวิทชิ่งกำลัง

วงจรในส่วนนี้มีหน้าที่หลักก็คือ แปลง DC เป็น AC หรือเรียกว่า DC TO AC CONVERTOR หรือเรียกอีกอย่างว่าวงจร INVERTOR นั่นเอง ซึ่งทางอินท์พุตเป็น DC มีการเปลี่ยนแปลงสมมาตรกับเอาท์พุตที่เป็น AC เปลี่ยนแปลงทั้ง AMPLITUDE และ FREQUENCY ซึ่งวงจรเพาเวอร์สวิทช์ชิ่งนี้แบ่งออกได้เป็นส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

หน้าที่ของแต่ละส่วนมีดังนี้

INPUT AC เป็นอินท์พุตที่เป็นไฟ 220 VOLT

RECTIFIER เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงจากไฟสลับให้เป็นไฟตรง

FILTER เป็นส่วนที่ทำให้ไฟตรงจากRECTIFIER เรียบขึ้นไม่มี RIPPLE

PWM เป็นส่วนที่เป็นตัวควบคุมการทำงานให้กับ MOSFETทำงาน

INVERTOR เป็นส่วนที่สำคัญคือ แปลงจากDC เป็น AC ซึ่งได้มาจากการสวิทช์ของตัว MOSFET

TRANFORMER เป็นส่วนที่มีหน้าที่สำคัญคือเป็นตัวกำหนด VOLTAGE และ CUERRENT ของเอาท์พุต

RECTIFIER OUTPUT เป็นส่วนที่มีหน้าที่เปลี่ยน AC ที่ได้จากการสวิทช์ของ MOSFET ให้เป็น DC ที่เอ ท์พุต PHASMA CUTTING เป็น เครื่องที่ตัดด้วยไฟ DC กระแสสูง

- วงจรเรียงกระแสและวงจรกรองกระแสทางด้านอินพุท

วงจรเรียงกระแสที่ใช้สร้างไฟกระแสตรงสำหรับป้อนให้กับวงจรคอนเวอร์เตอร์นี้จะเป็นแบบฟูลบริดจ์เรกติไฟเออร์ เป็นผลให้เมื่อทำการกรองกระแสแล้วจะทำให้แรงดันริปเปิ้ล มีขนาดน้อยกว่าการเรียงกระแสแบบอื่นๆ (ตัวเก็บประจุกรองกระแสมีค่าเท่ากัน)ในส่วนของการกรองกระแสเป็นการกรองกระแสที่แรงดันสูง เราไม่สามารถง่ายนัก การขนานตัวเก็บประจุเพื่อเพิ่มค่าความจุ จะเป็นวิธีที่ดีที่สุด อีกทั้งยังเป็นการลดค่าอิมพิแดนซ์ของแหล่งจ่าย อันเนื่องมาจากค่าความด้านทานแฝงภายในตัวหาตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุมากและทนแรงดันได้สูงได้เก็บประจุอีกด้วย

- ส่วนของ อินเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในวงจรนี้เป็นแบบฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ ซึ่งประกอบด้วยเพาเวอร์มอสเฟส ต่อขนาน 2 ชุด แต่ละชุดมี มอสเฟส 4 ตัว 4ตัวนี้แบ่งเป็น 2 ชุดสลับกันทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเพาเวอร์มอสเฟตจะเป็นไปตามพัลซ์ที่ส่งมาจากวงจรควบคุมผ่านหม้อแปลงขับ โดยพัลซ์จากขดลวดทุติยภูมิชุดบนจะกลับเฟสกันกับพัลซ์ที่มาจากขดลวดชุดล่าง พัลซ์ที่ออกจากขดลวดทุติยภูมินี้จะผ่านวงจรจำกัดแรงดันก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้แรงดันที่ขาเกตของเพาเวอร์มอสเฟตมีค่าสูงมากเกินกว่าจุดที่เพาเวอร์มอสเฟตจะเกิดการอิ่มตัว โดยวงจรดังกล่าวนี้จะประกอบด้วยตัวต้านทานและซีเนอร์ไดโอดสองตัวที่ต่ออนุกรมกัน คือถ้าแรงดันพัลซ์ทั้งด้านบวกและลบมีค่าสูงเกินกว่าค่าเบรคดาวน์ของซีเนอร์ไดโอด ซีเนอร์ไดโอดก็จะนำกระแสทันที

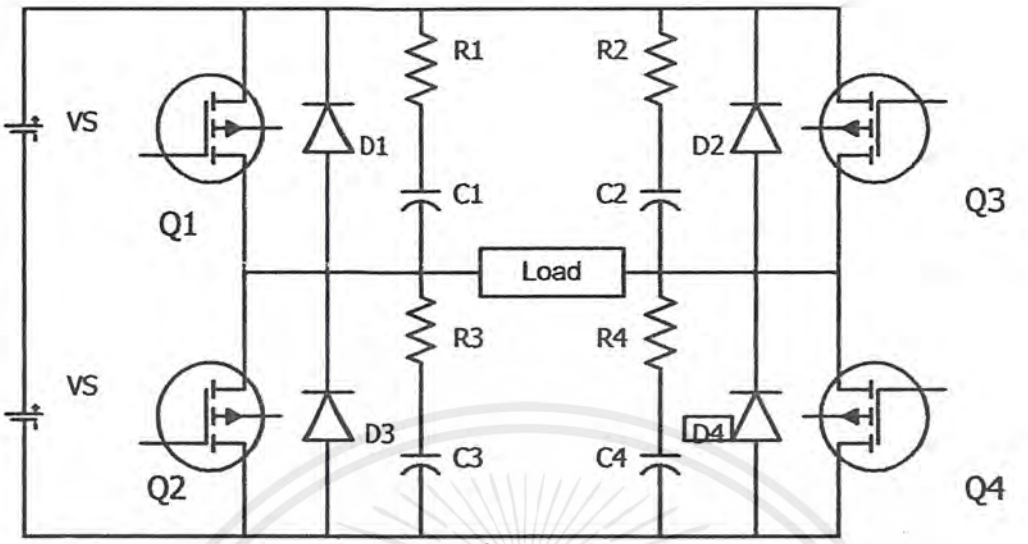
ไดโอดฟาสต์รีคัพเวอร์รี่ที่ต่อคร่อมเพาเวอร์มอสเฟตทั้งชุดบนและชุดล่างนั้นเป็นคอมมิวเตติ้งไดโอด (Commutating Diode) มีหน้าที่ประการแรกคือ ป้องกันแรงดันสไปค์ในขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตเริ่มหยุดนำกระแส เนื่องจากพลังงานที่สะสมไว้ในขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงความถี่สูง และหน้าที่ประการที่สอง ในขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตหยุดนำกระแสขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะเกิดการกลับขั้วแรงดันขึ้น เมื่อรวมกับแรงดันครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่ายกระแสตรงแล้วจะทำให้มีแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟตสูงมาก แต่ไดโอดฟาสต์รีคัพเวอร์รี่ที่ต่ออยู่กับเพาเวอร์มอสเฟตอีกตัวจะอยู่ในลักษณะไบแอสตรง ดังนั้นไดโอดนี้จะนำกระแสเป็นการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับเพาเวอร์มอสเฟต

หลังจากการสวิทช์ของเพาเวอร์มอสเฟต พัลซ์ที่ได้ก็จะถูกส่งผ่านพลังงานโดยหม้อแปลงความถี่สูงไปยังขดลวดทุติยภูมิ พัลซ์ที่ขดลวดทุติยภูมิจะถูกเรียงกระแสโดยไดโอดฟาสต์รีคัพเวอร์รี่ ที่ต่ออยู่ในลักษณะฟูลบริดจ์เรกติไฟเออร์ เพื่อนำแรงดันไปใช้งานต่อไป

- ส่วนที่เป็นวงจรสนับเบอร์

วงจรสนับเบอร์ เป็นส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาในวงจรอินเวอร์เตอร์ เพื่อลดการเกิดกำลังสูญเสียและป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเพาเวอร์มอสในวงจรขณะที่ทำงานปกติ วงจรสนับเบอร์นี้อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ วงจรสนับเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส และสนับเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน วงจรสนับเบอร์ทั่วไปจะประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ไดโอดเรียกว่าวงจร RCD สนับเบอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจร INVERTOR ที่มีส่วนของ RCD สนับเบอร์

ในวงจรนี้เราจะพูดแต่วงจรสนับเบอร์ที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในวงจรอินเวอร์เตอร์

ไดโอดจะทำงานเป็นคู่ คือคู่ของ D1 กับ D4 และ D2 กับ D3 เมื่อไดโอดชุดใดทำงานอีกชุดก็จะหยุดทำงานถ้า Q1 และ Q4 หยุดทำงานกระแส LOAD ก็ยังไหลอย่างต่อเนื่องผ่านทาง D3 และ D4 จนกระทั่งกระแสลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของแรงดันอินท์พุตและให้กระแสไหลลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงศูนย์จากนั้น Q2 กับ Q3 จึงจะทำงานดังนั้นที่ไดโอดออยู่ในช่วงนำกระแส พลังงานที่สะสมอยู่ใน L จะถูก FEEDBACK กลับไปที่อินท์พุต ดังนั้นเรียก ไดโอดนี้ว่า FEEDBACK DIODE

- การออกแบบหม้อแปลงความถี่สูง

การออกแบบหม้อแปลงความถี่สูงสำหรับเครื่อง Phasma cutting ที่ต้องการกระแส เอาท์พุต 5 แอมป์และใช้แกนเฟอร์ไรท์แบบยูคอร์ 60 ที่ทำจากแกนเฟอร์ไรท์ชนิด H45 ที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 2.25 ตารางเซนติเมตร และมีค่าความหนาแน่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่จุดอิ่มตัวประมาณ 4700 เกาส์ ที่อุณหภูมิ 100 องงศาเซลเซียส แต่ในการใกช้งานจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิปกติซึ่งจะมีค่าความหนาแน่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่จุดอิ่มตัว ประมาณ 3300 เกาส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาจำนวนรอบของขดประฐมโดยใช้สมการ

$$N_p = \frac{V_P \times t_{ON(max)} \times 10^8}{B_{max} \times A_e} \qquad (3.1)$$

โดยที่ N_P คือจำนวนรอบของขดลวดประฐมภูมิ (รอบ)

V_P คือค่าแรงดันตกคร่อมขดประฐมภูมิ (โวลท์)

t on(max) คือค่าความกว้างของพัลซ์ ที่ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน (วินาที)

Bmax คือค่าฟลั๊กแม่เหล็กในแกนหม้อแปลง (เกาส์)

Ae คือพื้นที่หน้าตัดของแกน (ตารางเซ็นติเมตร)

แทนค่า

$$N_P = \frac{(310)(21 \times 10^{-6}) \times 10^8}{3300 \times 5 \times 2.25}$$

N_P = 17.5 รอบ

เพราะฉะนั้นจึงใช้จำนวนรอบประฐมภูมิเป็น 18 รอบ

คำนวนหาขนานของเส้นลวดทองแดงที่จะนำมาพันแกนหม้อแปลงได้จากสูตร

$$D = \frac{(1.47 \times f \times B \times A_e \times A_c) \times 10^{-3}}{P_{out}} \qquad (3.2)$$

โดยที่ D คือ ค่าที่เปรียบเทียบกับ 1000 เซอร์คูล่า-มิลล์ ต่อ แอมป์

A_c คือพื้นที่สำหรับการพันขดลวดบนแกนหม้อแปลง (ตารางเซ็นติเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า

$$D = \frac{(1.47 \times 20 \times 10^3 \times 3300 \times 5 \times 2.25 \times 43.45) \times 10^{-3}}{1000}$$

$$D = 47.424K \text{ (1000 c.m/A)}$$

จากค่า D ที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับตารางแสดงขนาดของลวดทองแดงที่ใช้พันหม้อแปลง จะได้ตรงกับขนาดลวดเบอร์ 3 ซึ่งเป็นลวดขนาดใหญ่ มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.22942 นิ้ว จึงนำลวดเบอร์ 26 ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.01594 นิ้ว จำนวน 15 เส้นมาตีเกรียวเพื่อความสะดวก

การคำนวนจำนวนรอบของขดลวดทางด้านเอ้าท์พุทจะใช้ความสัมพันธ์ทางด้านล่างนี้

$$N_s V_p = N_p V_s \qquad (3.3)$$

แทนค่า

$$N_s = \frac{18 \times 250}{310}$$

$$N_S = 14.3 \text{ รอบ}$$

ดังนั้นจึงพันลวดทุติยภูมิเป็นจำนวน 14 รอบ ได้อัตราส่วน $N_1 : N_2 = 1.285$

ค่ากระแสสูงสุดทาง ขดลวดประฐมภูมิหาได้จาก สมการดังนี้

$$I_{p(PK)} = \frac{(V_{in(\min)} - 2V_{DS(sat)})}{L_p} t_{ON(\max)} + \frac{P_O T}{2\eta V_{in(\min)} t_{ON(\max)}} \qquad (3.4)$$

แทนค่า

$$I_{p(PK)} = \frac{(300 - 2) \times 21 \times 10^{-6}}{554 \times 10^{-6}} + \frac{1000 \times 50 \times 10^{-6}}{2 \times 0.8 \times 300 \times 21 \times 10^{-6}}$$

$$I_{p(PK)} = 16.256 \text{ A}$$

$$I_{P(RMS)} = 11.49 \text{ A}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการที่จะเกิด ค่ากระแสสูงสุดได้นั้น เกิดจากการลัดวงจรทางเอ้าท์พุทเราจึงใช้ฟิวส์ค่าประมาณ 10 แอมป์ เพื่อตัดวงจรออกเมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้น

3.1.4. **วงจรแรงดันสูง**

วงจรแรงดันสูงเป็นวงจรใช้ในการกระตุ้นให้เกิดลำพลาสมาโดยวงจรจะเป็นวงจรที่ใช้อุปกรณ์ Silicon control rectifier (SCR) และใช้การเพิ่มแรงดันทางเอ้าพุทโดยการพันหม้อแปลงแบบสเต็บอัพ และนำไปใช้งาน

3.1.5. **วงจรควบคุมการจุด/ดับ พลาสมา**

เนื่องจากการเกิดพลาสมาและการดับลำพลาสมานั้นจะต้องควบคุมจากสวิทช์ที่หัวตัดเพียงสวิทช์เดียว การออกแบบเพื่อรองรับเงื่อนไขดังกล่าวจึงนำรีเลย์สวิทช์มาใช้ประกอบเป็นวงจรตัดต่อวงจรแรงดันสูงและการดับพลาสมาก็ใช้รีเลย์สวิทช์ควบคุมสัญญาณโลจิกของขารีเซ็ตของ SG3526

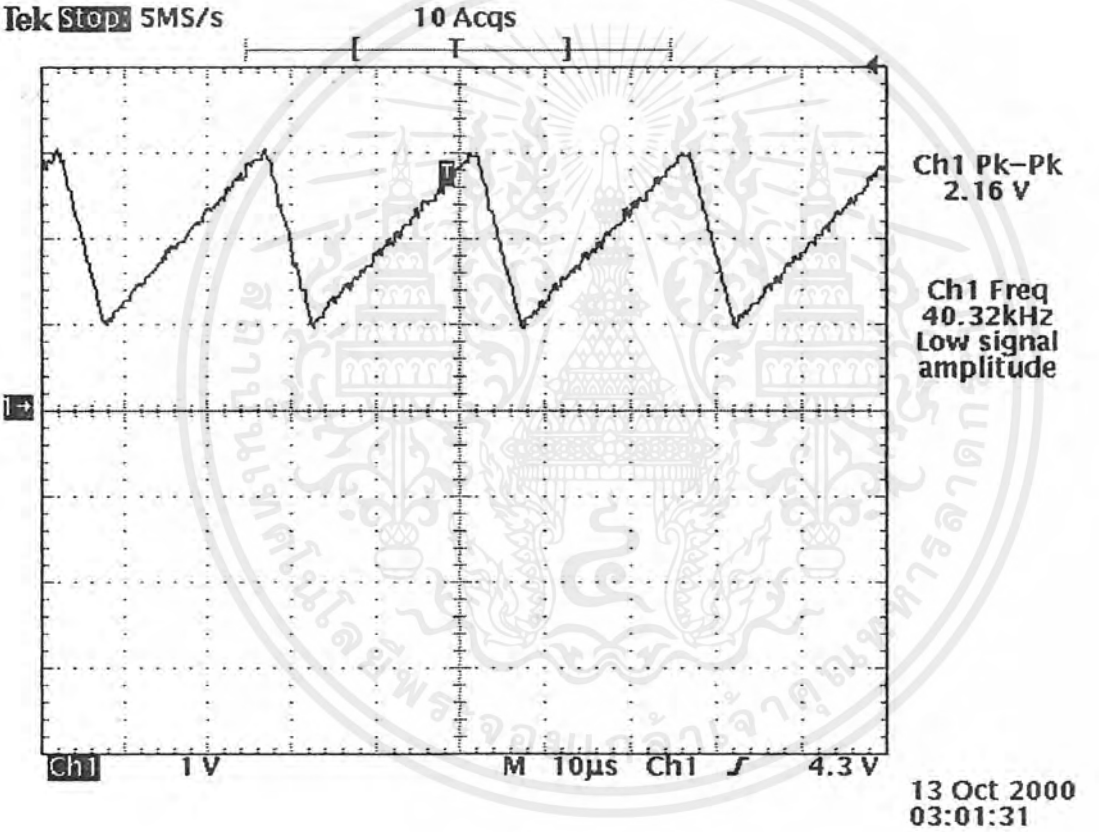
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

การทดสอบการทำงาน

4.1 การตรวจวัดรูปสัญญาณที่จุดต่างๆ ในวงจร

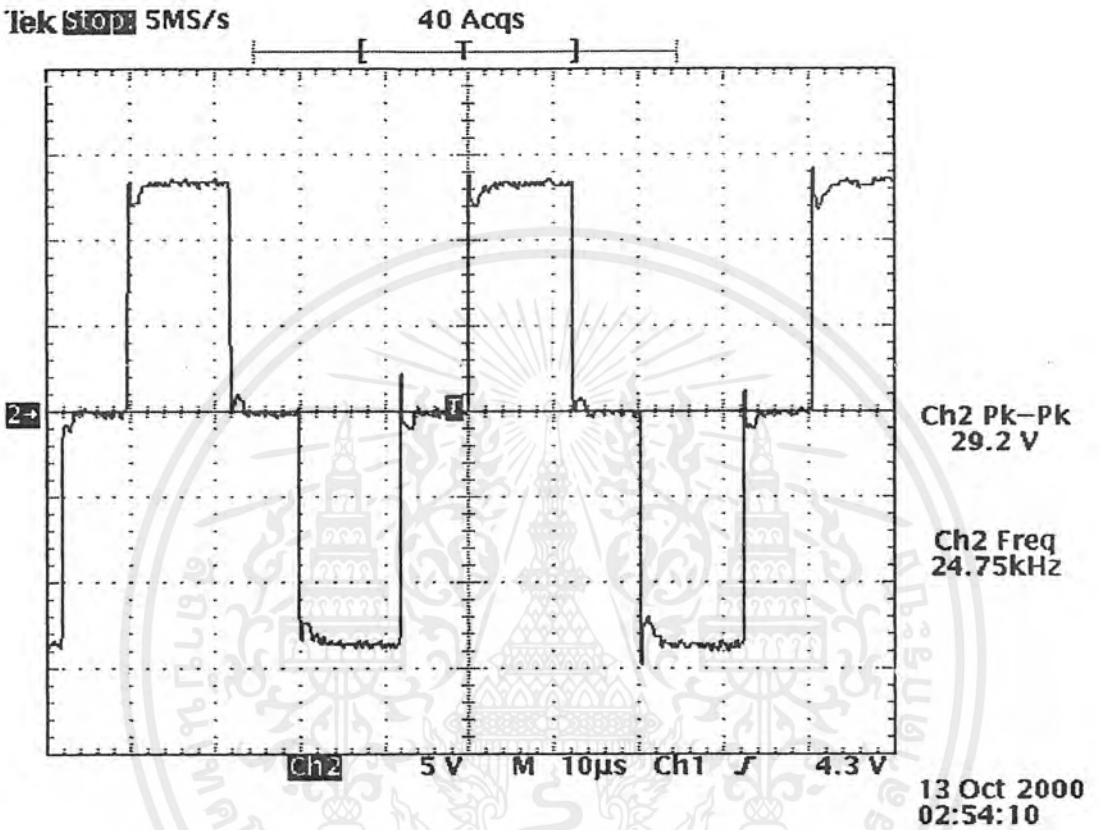
รูปสัญญาณที่วัดจากขา 10 ของไอซี SG3526 มีลักษณะเป็นคลื่นเอียง (Ramp Wave) ส่วนคาบเวลาที่ได้นั้นจะเป็นฐานเวลาให้กับวงจรสวิทชิ่ง ส่วนช่วงเวลาในจังหวะขาลงของรูปสัญญาณจะเป็นตัวบอกค่าค่าเวลาที่รอให้อุปกรณ์สวิทชิ่งหยุดนำกระแส (Dead Time)



รูปที่ 4.1 รูปแสดงสัญญาณฟันเลื่อยซึ่งเป็นฐานเวลาในการสร้างพัลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

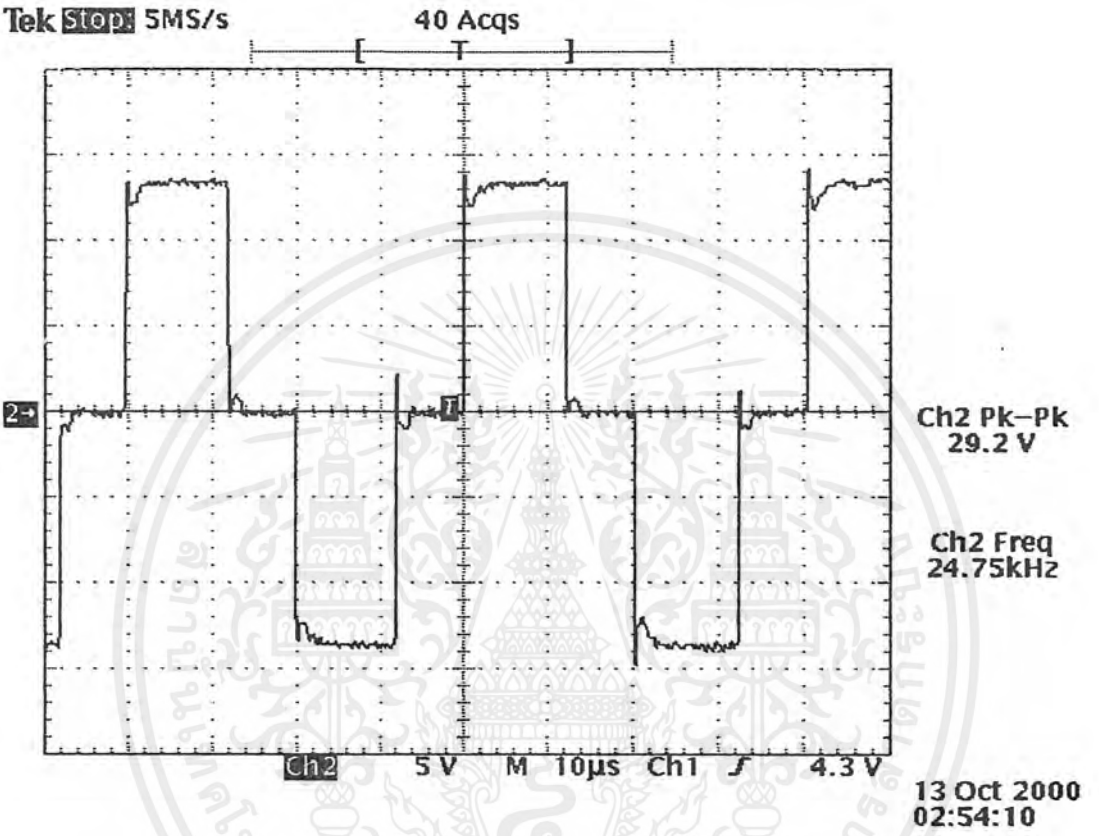
รูปสัญญาณที่วัดจากขา 13 และ 16 ของไอซี SG3526 ซึ่งเป็นสัญญาณเอาท์พุทพัลซ์ที่จะส่งไปควบคุมการสวิทซ์ของอุปกรณ์เพาเวอร์สวิทช์ โดยผ่านวงจรขับ



รูปที่ 4.2 รูปแสดงสัญญาณพัลซ์ที่เอาท์พุท A และ B ของไอซี SG3526

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

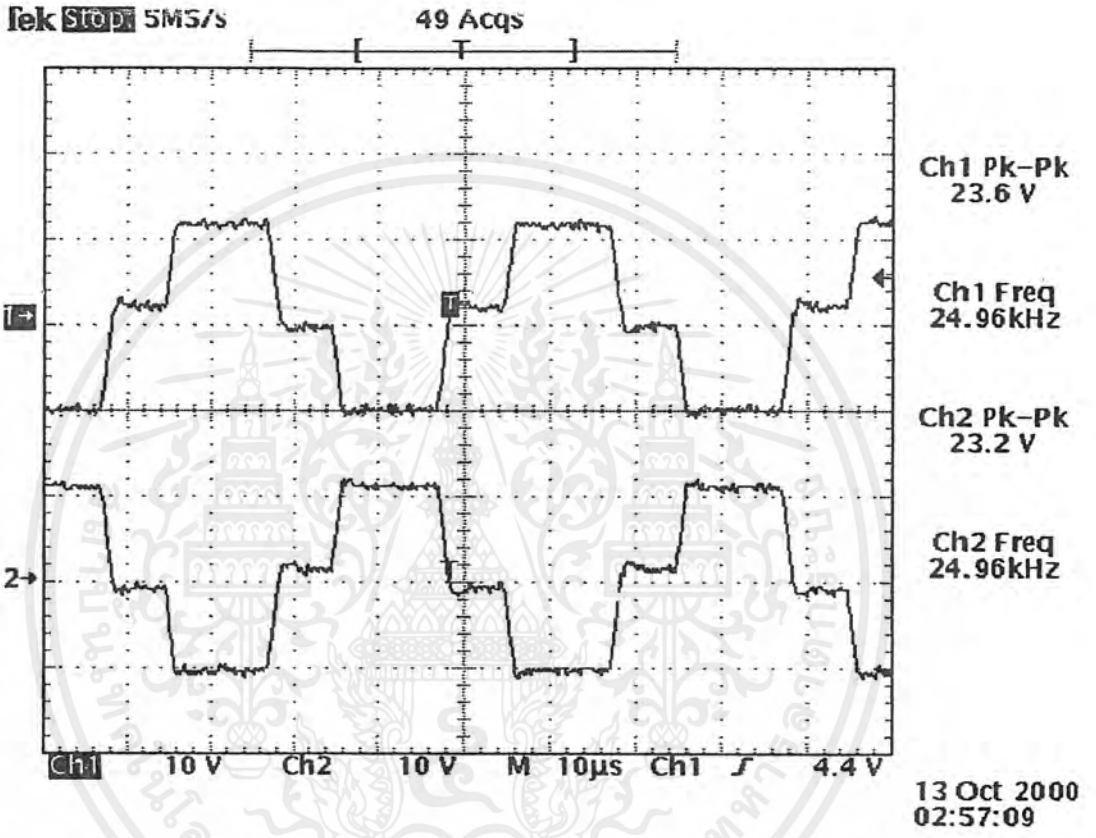
สัญญาณพัลซ์จากวงจรขับที่ส่งผ่านหม้อแปลงเพื่อแยกระบบควบคุมกับระบบกำลังมายังขาเกตของเพาเวอร์มอสเฟต



รูปที่ 4.3 รูปแสดงสัญญาณพัลซ์ที่ขาเกตของเพาเวอร์มอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปสัญญาณที่ออกจากขด ทุติยภูมิ เพื่อนำไปขับตัวเพาเวอร์ มอสเฟส โดยสัญญาณที่ส่งไปให้ขาเกตของทั้ง 2 ตัวต้องกลับเฟสดังที่แสดงดังรูปที่4.4



รูปที่4.4 แสดงสัญญาณที่ส่งไปขับเพาเวอร์มอสเฟสโดยสัญญาณทั้งสองจะกลับเฟสกัน 180 องศาเพื่อที่จะสลับกันทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติต่างๆของเครื่อง สวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

การทดสอบจัดทำโดยการทดลองและวัดเก็บค่าต่างๆเป็นผลการทดลองดังจะแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1. OUTPUT POWER

เป็นความสามารถในการจ่ายกำลังให้กับโหลดของ สวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย คิดได้จากผลคูณของกระแสและแรงดันทั้งหมดที่เอาท์พุทโดยคิดเป็นค่า RMS

$$\text{OUTPUT POWER} = V_{out} * I_{out} \qquad \text{คิดที่โหลด 42 โอห์ม} \qquad (4.1)$$

$$= 175\ V_{RMS} * 4.2\ A$$

$$P_{OUT} = 735\ \text{WATT}$$

4.2.2. INPUT POWER

เป็นผลคูณของกระแสและแรงดันในฝั่งทางด้านอินพุทโดยคิดเป็นค่าRMS

$$\text{INPUT POWER} = V_{in} * I_{in} \qquad \text{คิดที่โหลด 42 โอห์ม} \qquad (4.2)$$

$$= 310V_{RMS} * 2.74\ A$$

$$P_{IN} = 849.4\ \text{WATT}$$

EFFICIENCY

ค่าประสิทธิภาพ คือ ความสามรถในการส่งผ่านพลังงานจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟสลับไปยังโหลดที่เอาท์พุทซึ่งทำการคำนวนโดยนำกำลังงานทางด้านเอาท์พุททำการหารด้วยส่วนของกำลังงานขาออกหารด้วยกำลังงานขาเข้าแล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{Eff} = \frac{Pout}{Pin} \times 100\% \qquad (4.3)$$

$$\text{Eff} = 81\ \%$$

LINE REGULATION

คือ การเปลี่ยนแปลงของแรงดัน เอาท์พุท เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟสลับที่อินพุทเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{LINE REGULATION} = \frac{\Delta Vout}{\Delta Vin} \qquad \text{เมื่อโหลดมีค่าคงที่} \qquad (4.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเก็บค่าการทดลองได้ดังนี้

Vin = 220 Volt	ได้	Vout = 170 Volt
Vin = 200 Volt	ได้	Vout = 155 Volt

$$\text{LINE REGULATION} = \frac{(170-155)}{(220-200)} * 100\%$$

$$= \frac{15}{20} * 100\%$$

$$\text{LINE REGULATION} = 75\ \%$$

LOAD REGURATION

เป็นการเปลี่ยนแปลงของอัตราแรงดันเอาท์พุทเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าโหลดทางเอาท์พุทคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้

$$\text{LOAD REGULATION} = \frac{\Delta V}{\Delta Load} * 100\%$$ เมื่อให้โวลท์เตจคงที่

จากการทดลองเก็บค่าการทดลองได้ดังนี้

Load = 42	ได้	Vout = 170 Volt
Load = 73.5	ได้	Vout = 185 Volt

$$\text{LOAD REGURATION} = \frac{(185-170)}{(73.5-42)} * 100\% \qquad (4.5)$$

$$\text{LOAD REGURATION} = 28.28\%$$

4.3 ผลการทดลองของเครื่องตัดโลหะพลาสมาไฟฟ้า

การทดลองทำโดยประกอบส่วนต่างๆรวมกันเป็นเครื่องตัดโลหะพลาสมาไฟฟ้าและใช้เหล็กผสมคาร์บอนในการตัดโดยมีความหนาหลายขนาดแตกต่างกันและทำการวัดระยะทางพร้อมกับจับเวลาโดยมีความดันคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ความเร็วในการตัดเหล็กผสมคาร์บอนโดยใช้เครื่องตัดโลหะพลาสมาไฟฟ้า

ความหนา (มิลลิเมตร)	1	2	3	4	5
ความเร็ว (มิลลิเมตร/วินาที)	2.5	2.0	0.87	0.6	0.5
แก๊สพลาสมา : ไนโตรเจน (N_2) ความดัน : 2 (Kg/cm^2)					

ปรสิทธิภาพของแหล่งจ่ายกำลังสวิทชิ่งขณะทำการตัดโลหะ

V_{IN} = 310 Volt V_{OUT} = 100 Volt

I_{IN} = 9 Amp I_{OUT} = 24 Amp

P_{IN} = 2790 Watt P_{OUT} = 2160 Watt

ประสิทธิภาพ = (2160 / 2790)*100%

= 77.42 %

เราจะเห็นว่าขณะที่เกิดพลาสมาที่หัวตัดจะมีแรงดันตกคร่อมหัวตัดระหว่างอิเล็กทรอดและนือนเชิล์น 100 โวล์ท และมีกระแสไหลผ่าน 24 แอมป์ ทำให้เราทราบค่าความต้านทานมีค่าประมาณ 4 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ได้ทำเป็นผลที่ได้จากเครื่องตัดโลหะพลาสมาไฟฟ้า โดยในส่วนของแหล่งจ่ายกำลังแบบสวิทชิ่งเป็นส่วนที่เป็นหัวใจหลักของเครื่องตัดที่ขาดไม่ได้จากผลการทดลองในบทที่ 4 เราได้ค่าตัวแปรสำคัญของแหล่งจ่ายออกมา เช่น ประสิทธิภาพ , Line reguration , Load reguration เป็นต้น ซึ่งในขณะที่ตัดโลหะนั้นมีประสิทธิภาพ 77.42 % เมื่อใช้แก๊สไนโตรเจนความดัน 2 Kg/cm^2 และมีโหลดพลาสมาปรากฏที่ปลายหัวตัดประมาณ 4 โอห์ม แต่ถ้าทดลองเปลี่ยนแก๊สที่ใช้ , ระดับความดันและขนาดความกว้างพัลซ์ที่เรากำหนดไว้รอเพื่อจุดพลาสมา ค่าโหลดพลาสมาที่ปรากฏตรงหัวตัดจะเปลี่ยนแปลงไป หรืออาจจะพูดได้ว่าถ้าเราเลือกแก๊สที่เป็นแก๊สอาร์กอน , ฮีเลี่ยม , หรือเป็นแก๊สผสมระหว่างอ๊อกซิเจนกับไนโตรเจนจะปรากฏโหลดพลาสมาที่มีค่าต่ำลงเมื่อมีระดับความดันและความกว้างพัลซ์มีค่าคงเดิม เพราะการอิออไนซ์ของอะตอมแก๊สเฉื่อยหรือแก๊สที่มีส่วนผสมของอ๊อกซ์เจนจะเกิดความร้อนที่สูงกว่าและความเร็วในการตัดก็จะมากกว่าไนโตรเจนบริสุทธ์ที่นำมาทดลองอันเนื่องมาจากความจำกัดในเรื่องต่างๆจึงไม่สามารถทำการทดลองด้วยแก๊สต่างๆที่กล่าวไว้ได้ ผลการทดลองในตารางที่ 4.1 นั้นเราเลือกโลหะที่มีคาร์บอนผสมอยู่เพราะเหมาะกับไนโตรเจนบริสุทธ์ที่ใช้ในการทดลอง จากผลการทดลองที่ปรากฏในตารางที่ 4.1 นั้นเห็นได้ว่ามีความเร็วในการตัดต่ำเพราะว่า กำลังงานที่จ่ายจากแหล่งจ่ายยังมีค่าต่ำอยู่ หากว่ามีกำลังงานที่สูงกว่านี้ก็จะสามารถใช้กับความดันของแก๊สที่มากขึ้นได้ เหตุผลที่ใช้ความดัน 2 Kg/cm^2 เพราะว่าถ้าเพิ่มความดันแก๊สมากขึ้นกว่านี้จะทำให้อิเล็กทรอดและน็อนเซิล์นนั้นแยกห่างจากกันมากขึ้นเป็นผลให้พลาสมาที่จะเกิดขึ้นมีค่าสูงกว่าที่ทดลองเมื่อโหลดพลาสมาสูงขึ้นความสามารถในการดึงกำลังงานจากแหล่งจ่ายก็จะน้อยลงและจะทำให้จุดพลาสมาไม่ติดหรือจุดติดได้ระยะหนึ่งแล้วดับลงอันนี้ก็เพราะว่ากระแสต่ำลงนั้นเอง สามารถแก้ไขได้หากเราทำการเพิ่มประสิทธิภาพหรือกำลังงานของแหล่งจ่ายกำลังสวิทชิ่ง

ปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นนั้นคือในการจุดพลาสมาในตอนแรกต้องตั้งค่าความกว้างพัลซ์ที่วงจรควบคุมพัลซ์ไว้กว้างสุดผลอันนี้ก็เพราะว่าแหล่งจ่ายกำลังงานที่สร้างขึ้นนั้นยังคงมีค่ากำลังงานทางเอ้าพุทที่ต่ำอยู่แต่สามารถใช้งานได้แล้วหากทำการเพิ่มกาลังงานทางเอ้าพุทหรือปรับปรุงประสิทธิ์ภาพให้ดีขึ้นก็จะสามารถลดความกว้างพัลซ์ในการเริ่มได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองได้นำหัวตัดพลาสมาของบริษัท Trafimet รุ่น S 30 ซึ่งมีแรงอย่างต่ำ 113 โวล์ทและใช้กับกระแสสูงสุด 40 แอมป์ และออกแบบมาเพื่อใช้กับอากาศ โดยบริโภคอากาศ 100 ลิตร ต่อ นาที ความดัน 5 บาร์ รายละเอียดต่างๆมีแจ้งไว้ในภาคผนวกที่3 แต่การทดลองนั้นไม่ได้ใช้อากาศตามที่หัวตัดออกแบบมาอันเนื่องจากไม่สะดวกที่จะใช้ปั๊มอากาศและตัวกรองน้ำ (water filter)ของปั๊มมีราคาสูง จึงเลือกใช้ไนโตรเจนเพราะเคลื่อนย้ายและใช้งานสะดวกกว่า

ปัญหาอย่างหนึ่งที่ปรากฏขึ้นคือมีแรงดันสูงรั่วไหลผ่านสวิทช์ที่หัวตัดเข้าสู่วงจรควบคุม ทำความเสียหายกับวงจรทำการแก้ปัญหาโดย ทำการแยกวงจร โดยใช้อุปกรณ์แยกทางแสง (Opto Isolator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่1

ตารางแสดงค่าตัวแปรต่างๆของเครื่องเชื่อมและตัดพลาสมาไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางค่าตัวแปลต่างๆของเครื่องเชื่อมพลาสมา

สมาคมการเชื่อมอเมริกันได้จัดทำสิ่งตีพิมพ์ขึ้น โดยมีรายละเอียดที่สำคัญคือ"แนะนำวิธีปฏิบัติเมื่อใช้เครื่องเชื่อมพลาสมา" ในสิ่งพิมพ์ดังกล่าวจะพูดถึงสิ่งที่ควรรู้เบื้องต้นในการใช้พลาสมาเช่นขนาดสายลำเลียงที่จะต้องใช้ลำเลียงกระแสหรือแก๊ส , ค่าของกระแส , ขนาดชิ้นงานที่จะใช้ ,อัตราการไหลของแก๊ส เป็นต้น

ก่อนที่เราจะใช้ตารางเพื่อตั้งค่าองค์ประกอบให้เหมาะสมนั้นเราควรที่จะต้องรู้ก่อนว่าระบบเครื่องเชื่อมนั้นเป็นแบบอัตโนมัติหรือใช้มือ ภายในตารางจะมีข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้งานดังต่อไปนี้ค่ากระแส,ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของนือนเซิลน์ (ปากท่อ),อัตราการไหลของแก๊สพลาสมา แก๊สเชื้อเพลิงนั้นจะเป็นอาร์กอนเสมอส่วนแก๊สปกคลุมนั้นอาจจะเป็นอาร์กอน,อาร์กอน-ฮีเลียม หรือเป็นอาร์กอนผสมไฮโดรเจน แต่ต้องไม่ใช่ฮีเลียมบริสุทธิ์เพราะการจุดพลาสมาที่ลำบากและรักษาระดับการเชื่อมได้ไม่คงที่ การเลือกชนิดของแก๊สปกคลุมนั้นจะขึ้นอยู่กับกระแสที่ให้กับโหลดและความหนาของชิ้นงานและก่อนใช้งานจริงควรทดลองสักเล็กน้อยก่อนทำงานจริงจะป้องกันความผิดพลาดได้ แต่ถ้าคุณเป็นผู้ที่ไม่มีประสบการณ์มาก่อนข้อมูลในตารางจะเป็นประโยชน์มากต่อการเริ่มต้น

สำหรับการตั้งค่าแก๊สและกระแสที่จะใช้ในวิธีหลอมละลายถ้ามองตามตารางที่ 1-1 แล้วจะปรากฏว่าค่ากระแสที่ตารางกำหนดนั้นจะมีค่าสูงแต่อัตราไหลของแก๊สจะต่ำแต่ถ้าเราตั้งค่าให้ค่ากระแสและอัตราไหลของแก๊สนั้นสูงทั้งคู่การเชื่อมแบบหลอมละลายก็จะเกิดปรากฏการณ์รูกุญแจขึ้นแทน อีกกรณีหนึ่งคือเราตั้งค่ากระแสไว้ต่ำและสัมพันธ์กับอัตราไหลของแก๊สแล้วพลาสมาที่ได้จะมีลักษณะที่แตกกระจายไม่รวมตัวเป็นลำซึ่งนำไปใช้งานไม่ได้

ในตารางที่ 1-1 จะพบความแตกต่างกันและขนาดลวดเชื่อมที่มีขนาดต่างกัน 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.036 นิ้ว จนถึง 3/32 นิ้วและในตอนท้ายของตารางจะมีค่าลวดเชื่อมที่เหมือนกันอยู่ ซึ่งในความเป็นจริงนั้นเราจะเลือกค่าใดค่าหนึ่งที่มีความเหมาะสมที่สุดในการทำงาน มีจุดที่น่าสังเกตท้ายตารางที่ระบุว่า 340สเตนเลส กระแส 100 แอมแปร์ แก๊สอาร์กอนและแก๊สอาร์กอนผสมไฮโดรเจน5% เป็นแก๊สเชื้อเพลิงและแก๊สปกคลุมตามลำดับซึ่งหมายถึงการใช้ลวดเชื่อม 340 สเตนเลสกับชิ้นงานที่เป็นสเตนเลส และใช้วิธีเชื่อมแบบหลอมละลายโดยวางมือเลียดตามแนวนอนของแนวเชื่อมที่ชิ้นงานหนาตั้งแต่ 0.058 นิ้ว ถึง 3/16 นิ้ว

ตารางที่ 1-2 แสดงข้อมูลที่ใช้กับเครื่องเชื่อมพลาสมาที่เป็นระบบใช้มือ(ไม่อัตโนมัติ) โดยวิธีรูกุญแจที่กระแส 100 แอมแปร์ 340สเตนเลส และคำว่าไม่แนะนำในตารางนั้นหมายถึงค่าที่ไม่เหมาะสมของขนาดปากท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Plate Thickness (in.)	Downhand Joint Type	Orifice Diameter (in.)	PlasmaGas 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_2 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	-
0.093	5	0.067	50	30	6.5
0.118	5	0.067	56	31.5	5.25
3/16	5	0.067	75	36	5.0
¼	-	0.067	-	recommended	-
0.118	-	0.089	-	recommended	-
3/16	8	0.089	80	37	5.0
1/4	-	0.089	Not	recommended	-

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_2 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 ultra thin 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_2 ShieldingGas (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 eliminatingthe hydrogen in the shielding gas.			

ตารางที่ 1-3 เป็นข้อมูลแสดงถึง 340สเตนเลส กระแส 100 แอมแปร์ ใช้วิธีหลอมละลาย ตารางที่ 1-4 เป็นตารางที่ใช้กระแส 200 แอมแปร์

ตารางที่ 1-5 แสดงถึง การใช้งานกับ 340 สเตนเลส, 410 สเตนเลส, อินโคเนล 62 (ไฮนิกเกิล อัลลอย) ,วาร์ปอัลลอย และ ASTM A 286 (เหล็กผสมกับอัลลอย ทนความร้อนสูงและความแข็งแรงสูง ใช้ในเครื่องยนต์ เจ๊ส) , ไททาเนียม และ 70% ทองแดงผสม 30%สังกะสีทองเหลือง

ตารางที่ 1-6 เป็นข้อมูลที่ใช้กับแผ่นสเตนเลสที่กระแสสูงสุด 100 แอมแปร์และขนาดน๊อนเซิลน์ 3 ขนาด แก๊สเชื้อเพลิงที่ชี้เป็นอาร์กอนและแก๊สปกคลุมเป็นอาร์กอนผสมฮีเลียมหรืออาร์กอนผสมไฮโดรเจนและค่าในตารางได้กำหนดค่าอัตราไหลของแก๊สไว้สูงเพื่อไม่ให้ลำพลาสมานั้นแตกกระจาย และในกรณีที่ใช้แก๊สที่มีความหนาแน่นต่ำที่อัตราไหลสูงแก๊สที่ใช้คือแก๊สฮีเลียม 75% ผสมอาร์กอน 25% กระแส 200 แอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-5-1 Plasma welding datd 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/u)	Current (A)	Maxi-mum 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	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 plate	0.067	1.0	20	65	¼	-	-	Manual (keyhold)	Argon 10
304 SS 1/8	Bead on Flat plate	0.067	4.0	20	60	¼	-	-	Machine	Argon 5
304 SS 0.022	Flat butt	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 butt	0.089	1.0	30	75	¼	-	18	Machine	Argon 5
304 SS 1/16	Flat 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-5-2 Plasma welding datd 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	¼	-	18	Machine	Argon 10
304 SS 3/32	Flat butt	0.036	1.5	30	25	¼	-	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-5-3 Plasma welding datd 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	¼	-	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_2 at 15 scf/h , torch rating – 100 A.										

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

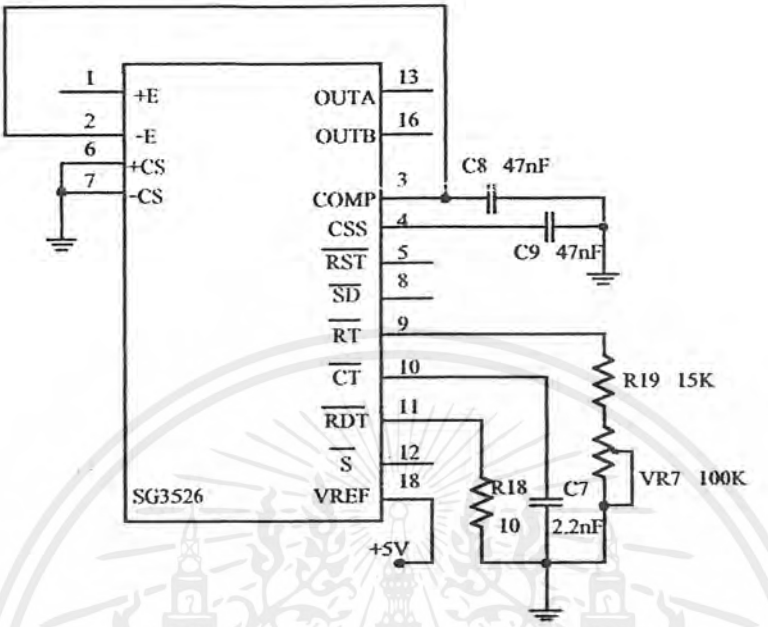
ภาคผนวกที่2

แสดงรายละเอียดการทำงานและหน้าที่ขาต่างๆ

ของวงจรรวม SG 3526

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรวมเบอร์ SG 3526 วงจรสร้างความกว้างพัลซ์(PULSE WIDTH MODULATION)



คุณสมบัติของ IC เบอร์ SG3526 ของ บริษัท MOTOROLA ทำการสร้างความกว้างพัลซ์ซึ่งของอธิบายการทำงานและคุณสมบัติต่าง ๆ ของ ตัว IC ดังต่อไปนี้

ขา 1,2 จะใช้สำหรับรับข้อมูลที่เป็นค่าแรงดัน จากการป้อนกลับ และการเซตค่าเข้ามายังขาอินเวอร์ติ้ง และนอนอินเวอร์ติ้ง ของวงจรขยายความผิดพลาดภายในไอซี ซึ่งค่าแรงดันที่ได้นี้จะไปยังวงจรพัลซ์วิดธ์มอดดูเลชั่น เพื่อที่ปรับค่าความกว้างของพัลซ์ให้เปลี่ยนไปตามข้อมูลแรงดันอินพุท

ขา 3 เป็นขาที่ใช้สำหรับชดเชยกับวงจรขยายในกรณีเปิดลูป โดยการต่อค่าตัวเก็บประจุลงกราวด์หรือปรับตั้งค่าอัตราการขยายให้กับวงจรขยายความผิดพลาด โดยการต่อร่วมกันกับขา 2

ขา 4 เป็นขาที่ใช้สำหรับต่อตัวเก็บประจุเพื่อหน่วงเวลาในการเริ่มนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟต เพื่อให้ได้การทำงานในลักษณะ Soft Start

ขา 5 เป็นขา รีเซ็ต เพื่อการเริ่มต้นทำงานที่ถูกต้องตรงจังหวะอักครั้ง หลังจากการชัดดาวน์ (Shutdown) ซึ่งจะสังเกตุได้ว่า ขารีเซ็ตจะต่ออยู่กับขาชัดดาวน์ ดังนั้นจะเกิดการรีเซ็ตทุกครั้งหลักจากการชัดดาวน์

ขา 6,7 เป็นขาเคอร์เรนท์ เซนท์ (Current Sense) ทำหน้าที่รับค่ากระแสจากหม้อแปลงกระแส (Current Transformer) ทำหน้าที่คอยตรวจจับกระแสเอาท์พุท ด้วยวงจรเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วสูง เมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น วงจรเปรียบเทียบก็จะส่งเอาท์พุทไปทำการชัดดาวน์ทันที เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับวงจร

ขา 8 เป็นขาที่ใช้สำหรับสั่งชัดดาวน์จากวงจรภายนอก โดยการป้อนลอจิก"0"

ขา 9 เป็นขาที่ต่อกับ Rt เพื่อที่จะกำหนดค่ากระแสให้กับหน่วยกำเนิดกระแสคงที่ภายในให้มีค่ากระแสที่เหมาะสมเพื่อให้วงจรกำเนิดสัญญาณ (Oscillator) มีเสถียรภาพอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1 ถึง 400 กิโลเฮิร์ท

ขา 10 เป็นขาที่ต่อกับตัวเก็บประจุ Ct เพื่อที่จะกำหนดค่าความถี่ให้กับวงจรกำเนิดสัญญาณ

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

ขา 12 เป็นขาสัญญาณที่ออกจากวงจรกำเนิดสัญญาณ ต่อออกมายังภายนอกเพื่อเป็นประโยชน์กับวงจรอื่นที่ต่อร่วมที่ต้องการมีคาบเวลาเดียวกัน เพื่อให้เกิดการทำงานที่พร้อมกัน (Synchronization)

ขา 13,16 เป็นขาเอาท์พุทพัลซ์ A และ B ตามลำดับ โดยพัลซ์ที่ออกจากเอาท์พุททั้งสองจะมีเฟสต่างกัน 180 องศา พัลซ์ที่ได้จะถูกนำไปขับวงจรคอนเวอร์เตอร์ต่อไป สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 250 มิลลิแอมป์

ขา 14 เป็นขาที่รับแรงดันไฟเลี้ยงสำหรับส่วนของเอาท์พุทภายใน ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อกันแบบคอมพลีเมนตารี่ อันที่จริงสามารถใช้ร่วมกันกับไฟเลี้ยงไอซีขา 17 ก็ได้

ขา 15 เป็นขา กราวด์ของไอซี

ขา 17 เป็นขาที่รับแรงดันไฟเลี้ยงจากภายนอกมาทำการเลี้ยงวงจรภายในไอซี โดยผ่านวงจรสร้างค่าแรงดันอ้างอิง (5V) ก่อน เพื่อให้ไอซีทำงานอย่างคงที่

ขา 18 เป็นขาเอาท์พุทของวงจรกำเนิดแรงดันอ้างอิงภายในไอซี เพื่อที่จะนำแรงดันอ้างอิงนี้ไปใช้กับวงจรภายนอกเพื่อให้มีค่าแรงดันอ้างอิงค่าเดียวกัน โดยสามารถจ่ายกระแสได้สูงสุดประมาณ 50 มิลลิแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

Smith, D., Welding Skills And Technology, P. 347-360 , International Editions., McGraw-Hill.

Chrysis, G., High Frequency Switching Power Supplies-Theory And Design, 2nd Editions., McGrow-Hill, New York, 1989.

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

สุวัฒน์ ดั่น, เทคนิคและการออกแบบ สวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย, หน้า 7-65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATASHEETS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Order this document by SG3526/D

MOTOROLA

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.

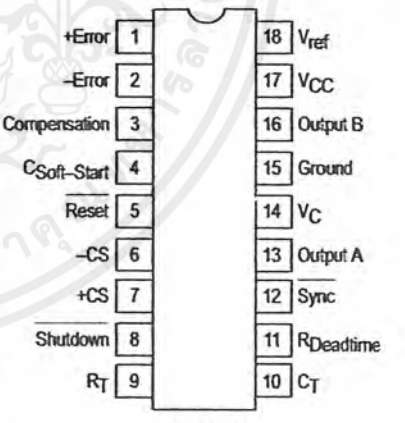
- 8.0 V to 35 V Operation
- 5.0 V ±1% Trimmed Reference
- 1.0 Hz to 400 kHz Oscillator Range
- Dual Source/Sink Current Outputs: ±100 mA
- Digital Current Limiting
- Programmable Dead Time
- Undervoltage Lockout
- Single Pulse Metering
- Programmable Soft–Start
- Wide Current Limit Common Mode Range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

PULSE WIDTH MODULATION CONTROL CIRCUIT

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

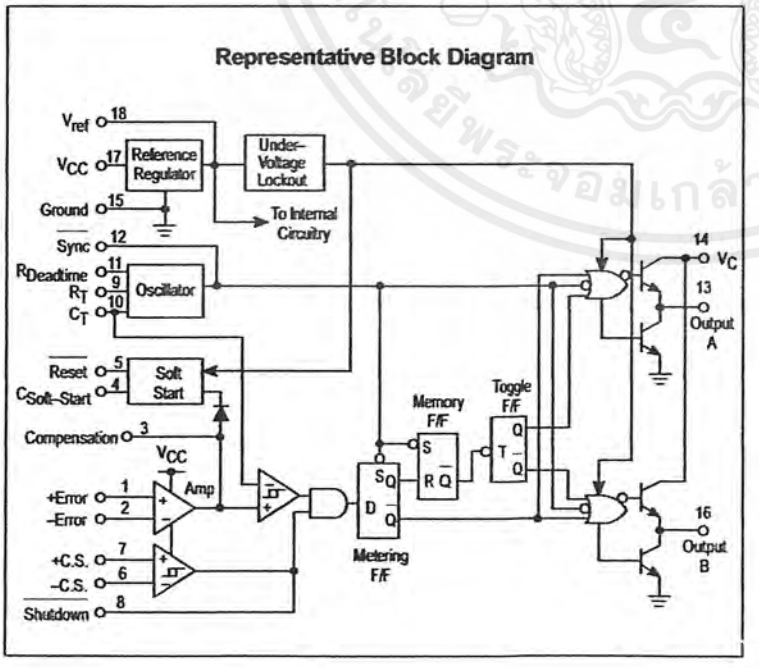
N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707

PIN CONNECTIONS



(Top View)

Representative Block Diagram



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
SG3526N	T_J = 0° to +125°C	Plastic DIP

© Motorola, Inc. 1996

Rev 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIMUM RATINGS (Note 1)

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V_{CC}	+40	Vdc
Collector Supply Voltage	V_C	+40	Vdc
Logic Inputs		–0.3 to +5.5	V
Analog Inputs		–0.3 to V_{CC}	V
Output Current, Source or Sink	I_O	±200	mA
Reference Load Current (V_{CC} = 40 V, Note 2)	I_{ref}	50	mA
Logic Sink Current		15	mA
Power Dissipation T_A = +25°C (Note 3) T_C = +25°C (Note 4)	P_D	 1000 3000	mW
Thermal Resistance Junction–to–Air	$R_{\theta JA}$	100	°C/W
Thermal Resistance Junction–to–Case	$R_{\theta JC}$	42	°C/W
Operating Junction Temperature	T_J	+150	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	–65 to +150	°C
Lead Temperature (Soldering, 10 Seconds)	T_{Solder}	±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_{CC}	8.0	35	Vdc
Collector Supply Voltage	V_C	4.5	35	Vdc
Output Sink/Source Current (Each Output)	I_O	0	±100	mA
Reference Load Current	I_{ref}	0	20	mA
Oscillator Frequency Range	f_{osc}	0.001	400	kHz
Oscillator Timing Resistor	R_T	2.0	150	kΩ
Oscillator Timing Capacitor	C_T	0.001	20	µF
Available Deadtime Range (40 kHz)	–	3.0	50	%
Operating Junction Temperature Range	T_J	0	+125	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
REFERENCE SECTION (Note 6)					
Reference Output Voltage (T_J = +25°C)	V_{ref}	4.90	5.00	5.10	V
Line Regulation (+8.0 V ≤ V_{CC} ≤ +35 V)	Reg_{line}	–	10	30	mV
Load Regulation (0 mA ≤ I_L ≤ 20 mA)	Reg_{load}	–	10	50	mV
Temperature Stability	$\Delta V_{ref}/\Delta T$	–	10	–	mV
Total Reference Output Voltage Variation (+8.0 V ≤ V_{CC} ≤ +35 V, 0 mA ≤ I_L ≤ 20 mA)	ΔV_{ref}	4.85	5.00	5.15	V
Short Circuit Current (V_{ref} = 0 V) (Note 2)	I_{SC}	25	80	125	mA
UNDERVOLTAGE LOCKOUT					
Reset Output Voltage (V_{ref} = +3.8 V)		–	0.2	0.4	V
Reset Output Voltage (V_{ref} = +4.8 V)		2.4	4.8	–	V
OSCILLATOR SECTION (Note 7)					
Initial Accuracy (T_J = +25°C)		–	±3.0	±8.0	%
Frequency Stability over Power Supply Range (+8.0 V ≤ V_{CC} ≤ +35 V)	$\frac{\Delta f_{osc}}{\Delta V_{CC}}$	–	0.5	1.0	%
Frequency Stability over Temperature (ΔT_J = T_{low} to T_{high})	$\frac{\Delta f_{osc}}{\Delta T_J}$	–	2.0	–	%
Minimum Frequency (R_T = 150 kΩ, C_T = 20 µF)	f_{min}	–	0.5	–	Hz
Maximum Frequency (R_T = 2.0 kΩ, C_T = 0.001 µF)	f_{max}	400	–	–	kHz
Sawtooth Peak Voltage (V_{CC} = +35 V)	$V_{osc}(P)$	–	3.0	3.5	V
Sawtooth Valley Voltage (V_{CC} = +8.0 V)	$V_{osc}(V)$	0.45	0.8	–	V
ERROR AMPLIFIER SECTION (Note 8)					
Input Offset Voltage (R_S ≤ 2.0 kΩ)	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 ≥ 10 MΩ)	A_{VOL}	60	72	–	dB
High Output Voltage ($V_{Pin\ 1}$–$V_{Pin\ 2}$ ≥ +150 mV, I_{source} = 100 µA)	V_{OH}	3.6	4.2	–	V
Low Output Voltage ($V_{Pin\ 2}$–$V_{Pin\ 1}$ ≥ +150 mV, I_{sink} = 100 µA)	V_{OL}	–	0.2	0.4	V
Common Mode Rejection Ratio (R_S ≤ 2.0 kΩ)	CMRR	70	94	–	dB
Power Supply Rejection Ratio (+12 V ≤ V_{CC} ≤ +18 V)	PSRR	66	80	–	dB

NOTES: 2. Maximum junction temperature must be observed.
5. T_{low} = 0°C T_{high} = +125°C
6. I_L = 0 mA unless otherwise noted.
7. f_{osc} = 40 kHz (R_T = 4.12 kΩ ± 1%, C_T = 0.01 µF ± 1%, R_D = 0 Ω)
8. 0 V ≤ V_{CM} ≤ +5.2 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
PWM COMPARATOR SECTION (Note 7)					
Minimum Duty Cycle ($V_{Compensation}$ = +0.4 V)	DC_{min}	–	–	0	%
Maximum Duty Cycle ($V_{Compensation}$ = +3.6 V)	DC_{max}	45	49	–	%
DIGITAL PORTS (SYNC, SHUTDOWN, RESET)					
Output Voltage (High Logic Level) (I_{source} = 40 µA) (Low Logic Level) (I_{sink} = 3.6 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 V) (Low Logic Level) (V_{IL} = +0.4 V)	 I_{IH} I_{IL}	 – –	 –125 –225	 –200 –360	µA
CURRENT LIMIT COMPARATOR SECTION (Note 9)					
Sense Voltage ($R_S \leq 50\ \Omega$)	V_{sense}	80	100	120	mA
Input Bias Current	I_{IB}	—	–3.0	–10	µA
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	µA
OUTPUT DRIVERS (Each Output, V_C = +15 Vdc, unless otherwise noted.)					
Output High Level I_{source} = 20 mA I_{source} = 100 mA	V_{OH}	 12.5 12	 13.5 13	 – –	V
Output Low Level I_{sink} = 20 mA I_{sink} = 100 mA	V_{OL}	 – –	 0.2 1.2	 0.3 2.0	V
Collector Leakage, V_C = +40 V	$I_{C(leak)}$	–	50	150	µA
Rise Time (C_L = 1000 pF)	t_r	–	0.3	0.6	µs
Fall Time (C_L = 1000 pF)	t_f	–	0.1	0.2	µs
Supply Current (Shutdown = +0.4 V, V_{CC} = +35 V, R_T = 4.12 kΩ)	I_{CC}	–	18	30	mA

NOTES: 7. f_{osc} = 40 kHz (R_T = 4.12 kΩ ± 1%, C_T = 0.01 µF ± 1%, R_D = 0 Ω)
8. 0 V ≤ V_{CM} ≤ +5.2 V
9. 0 V ≤ V_{CM} ≤ +12 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 1. Reference Stability over Temperature

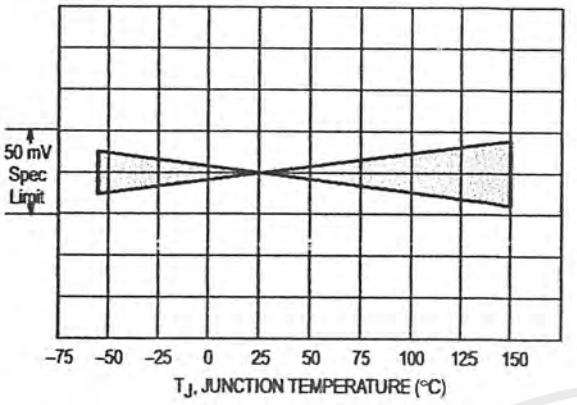


Figure 2. Reference Voltage as a Function Supply Voltage

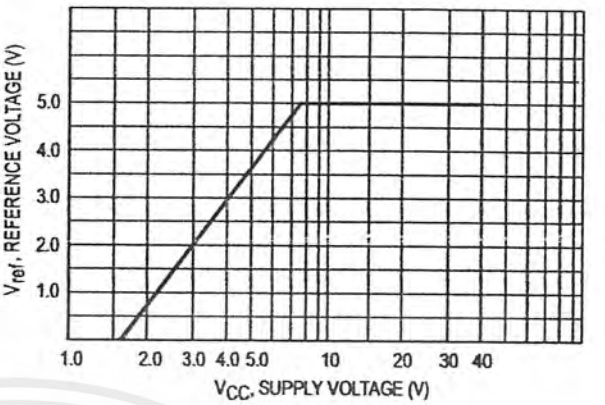


Figure 3. Error Amplifier Open Loop Frequency Response

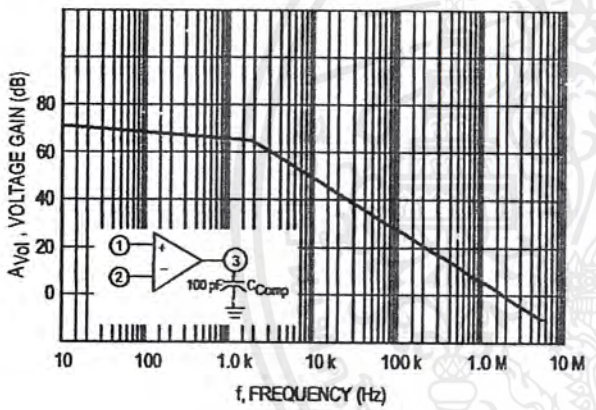


Figure 4. Current Limit Comparator Threshold

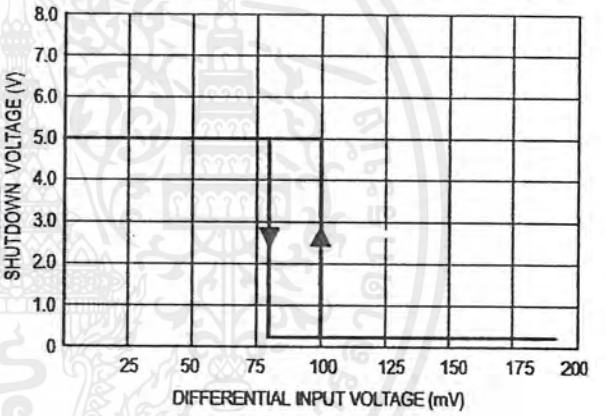


Figure 5. Undervoltage Lockout Characteristic

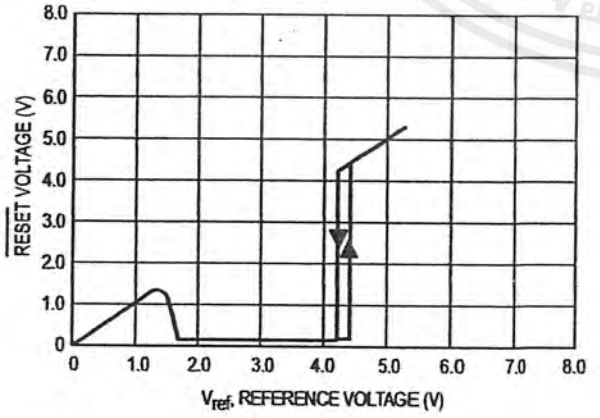
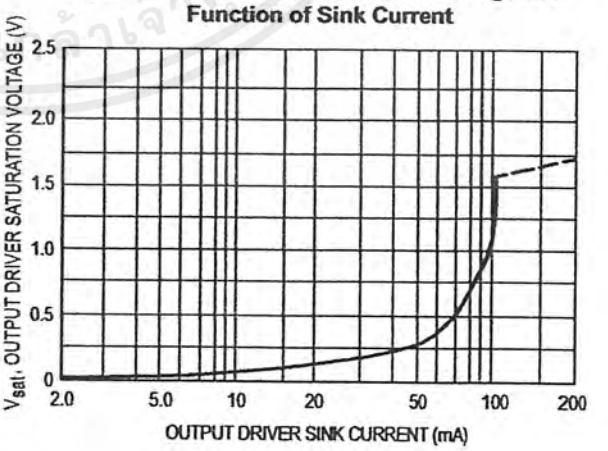


Figure 6. Output Driver Saturation Voltage as a Function of Sink Current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 7. V_C Saturation Voltage as a Function of Sink Current

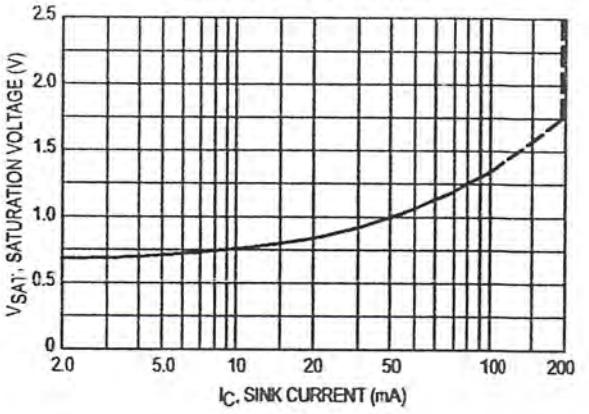


Figure 8. Oscillator Period

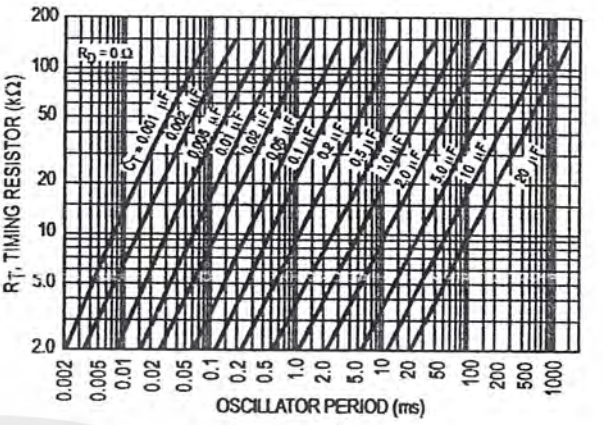


Figure 9. Error Amplifier

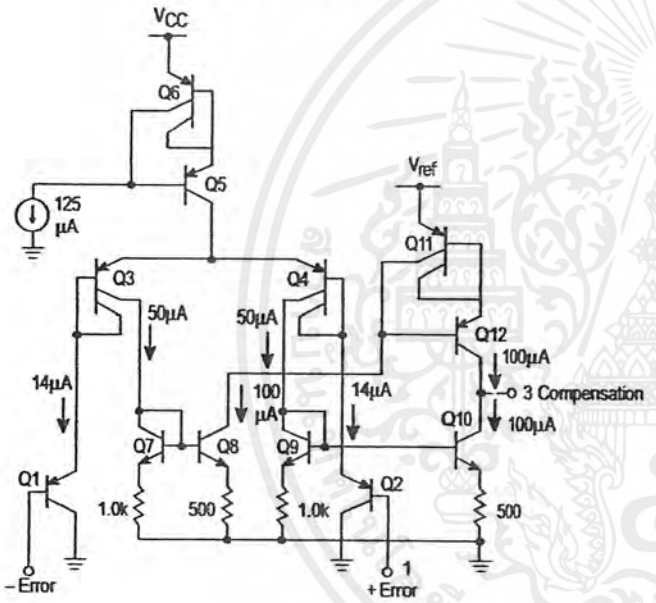


Figure 10. Undervoltage Lockout

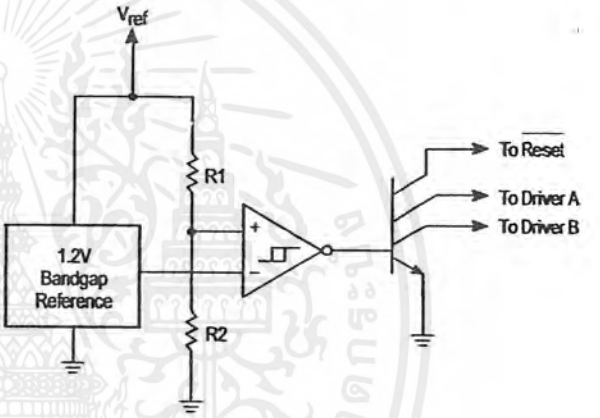
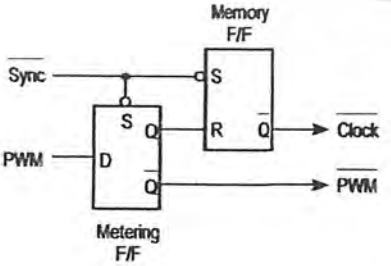


Figure 11. Pulse Processing Logic



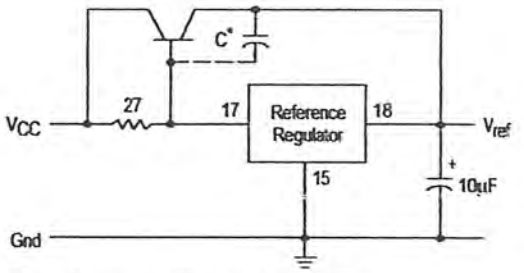
The metering Flip–Flop is an asynchronous data latch which suppresses high frequency oscillations by allowing only one PWM pulse per oscillator cycle.

The memory Flip–Flop prevents double pulsing in a push–pull configuration by remembering which output produced the last pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

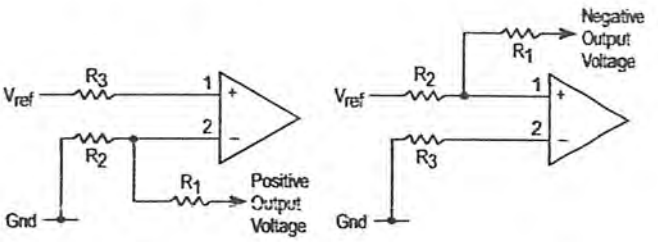
APPLICATIONS INFORMATION

Figure 12. Extending Reference Output Current Capability



* May be required with some types of transistors

Figure 13. Error Amplifier Connections



$$V_{out} = V_{ref}\left(\frac{R_1 + R_2}{R2}\right) \qquad V_{out} = V_{ref}\left(\frac{R_1}{R_2}\right)$$

$$R_3 = \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

Figure 14. Oscillator Connections

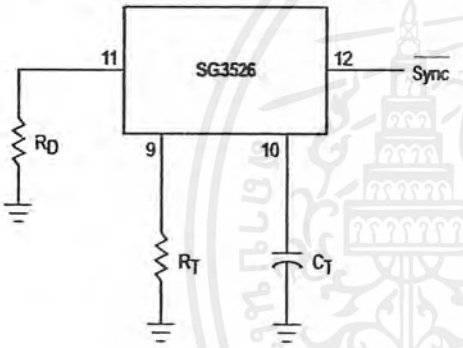
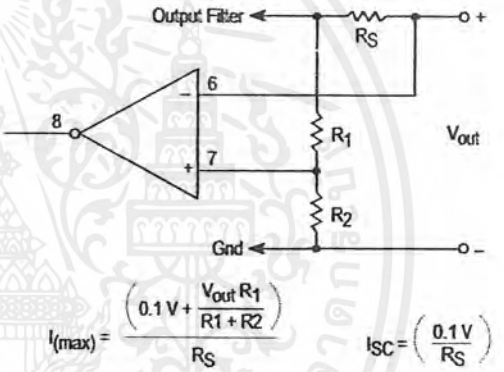


Figure 15. Foldback Current Limiting



$$I_{(max)} = \frac{\left(0.1\,V + \frac{V_{out} R_1}{R1 + R2}\right)}{R_S} \qquad I_{SC} = \left(\frac{0.1\,V}{R_S}\right)$$

Figure 16. Soft–Start Circuity

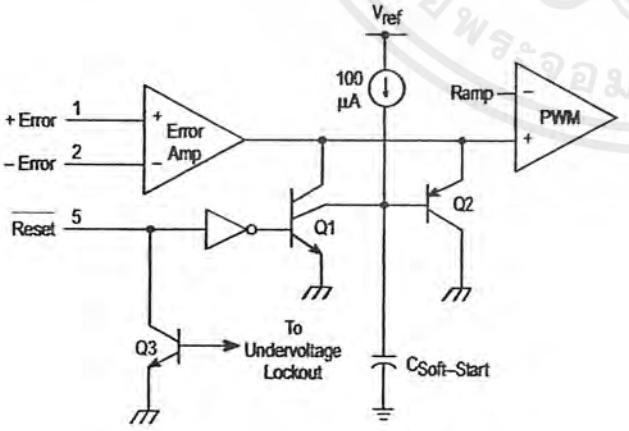
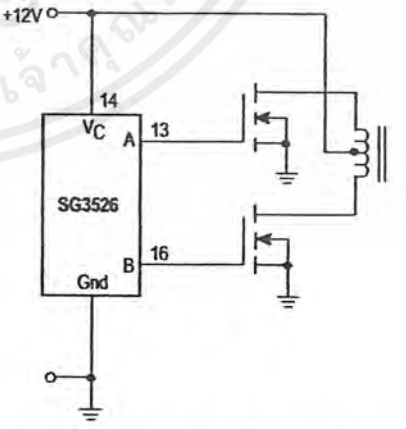


Figure 17. Driving VMOS Power FETs



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 18. Half–Bridge Configuration

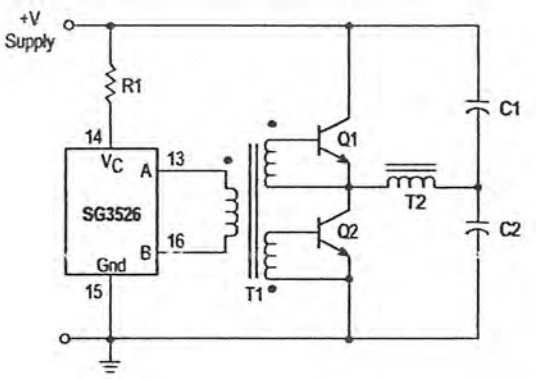
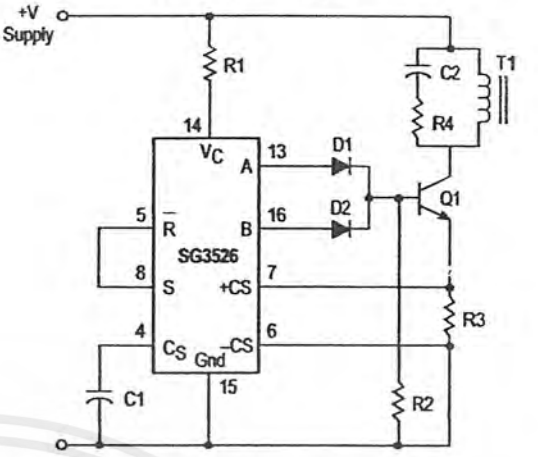


Figure 19. Flyback Converter with Current Limiting



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

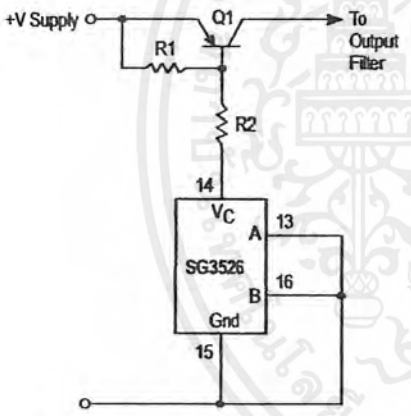
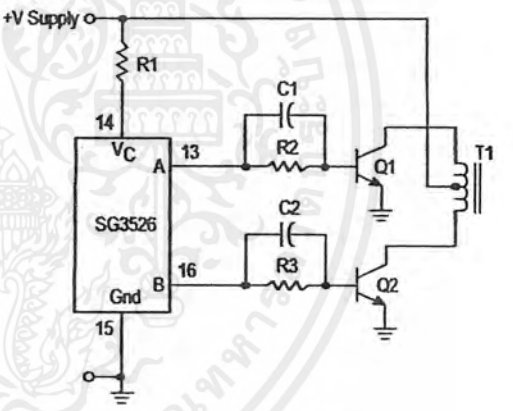


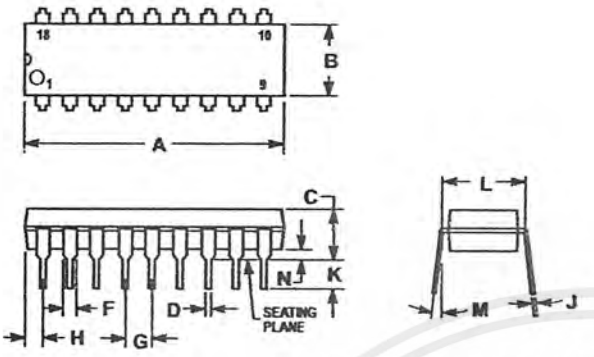
Figure 21. Push–Pull Configuration



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 Ⓜ are 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 Semiconductors H.K. Ltd.; 88 Tai Ping Industrial Park,
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852–26629298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR TM

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°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°C)	40	W
P_C	Collector Dissipation (T_a=25°C)	2	W
T_J	Junction Temperature	150	°C
T_{STG}	Storage Temperature	- 65 ~ 150	°C

Electrical Characteristics T_C=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
V_{CEO}(sus)	* Collector-Emitter Sustaining Voltage				
	: TIP31	I_C = 30mA, I_B = 0	40		V
	: TIP31A		60		V
	: TIP31B		80		V
	: TIP31C		100		V
I_{CEO}	Collector Cut-off Current				
	: TIP31/31A	V_{CE} = 30V, I_B = 0		0.3	mA
	: TIP31B/31C	V_{CE} = 60V, I_B = 0		0.3	mA
I_{CES}	Collector Cut-off Current				
	: TIP31	V_{CE} = 40V, V_{EB} = 0		200	μA
	: TIP31A	V_{CE} = 60V, V_{EB} = 0		200	μA
	: TIP31B	V_{CE} = 80V, V_{EB} = 0		200	μA
	: TIP31C	V_{CE} = 100V, V_{EB} = 0		200	μA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	V_{EB} = 5V, I_C = 0		1	mA
h_{FE}	* DC Current Gain	V_{CE} = 4V, I_C = 1A	25		
		V_{CE} = 4V, I_C = 3A	10	50	
V_{CE}(sat)	* Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C = 3A, I_B = 375mA		1.2	V
V_{BE}(sat)	* Base-Emitter Saturation Voltage	V_{CE} = 4V, I_C = 3A		1.8	V
f_T	Current Gain Bandwidth Product	V_{CE} = 10V, I_C = 500mA	3.0		MHz

* Pulse Test: PW≤300μs, Duty Cycle≤2%

©2000 Fairchild Semiconductor International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics

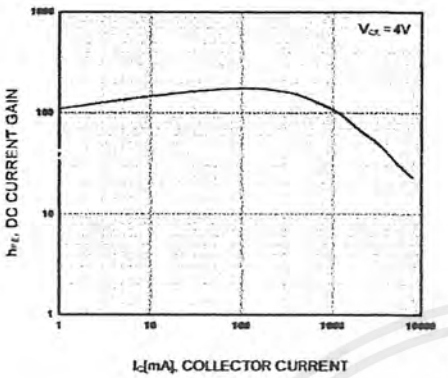


Figure 1. DC current Gain

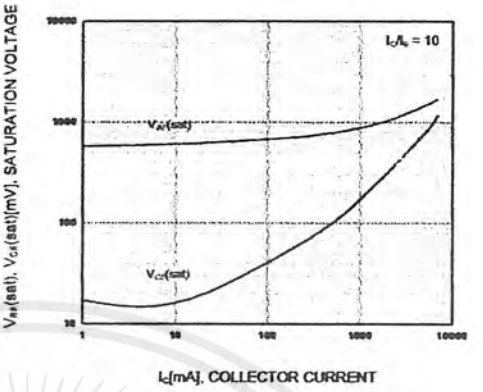


Figure 2. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

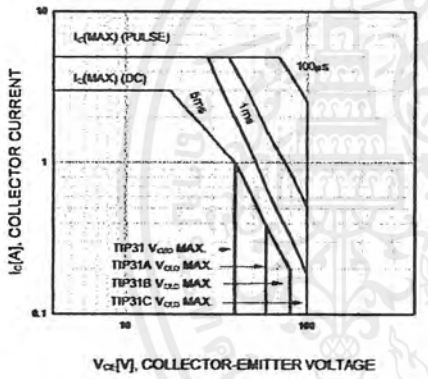


Figure 3. Safe Operating Area

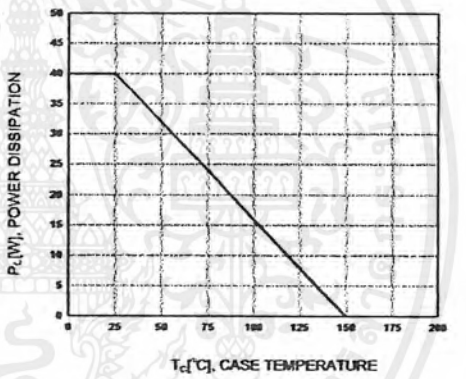


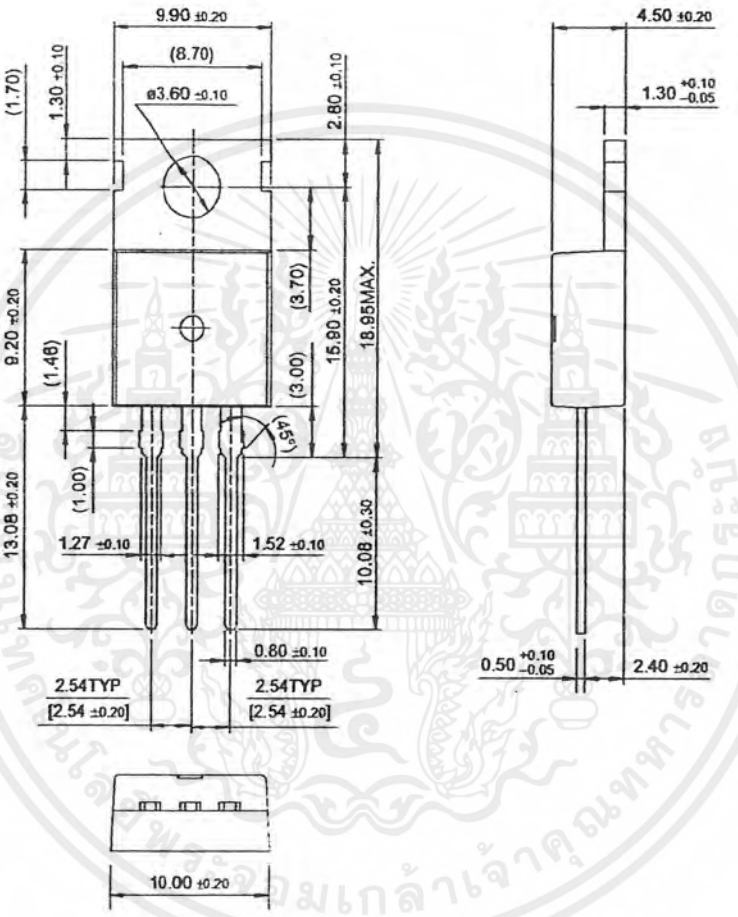
Figure 4. Power Derating

©2000 Fairchild Semiconductor International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Demensions

TO-220



Dimensions in Millimeters

©2000 Fairchild Semiconductor International

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.

ACEx™
Bottomless™
CoolFET™
CROSSVOLT™
E^2CMOS™
FACT™
FACT Quiet Series™
FAST®
FASTr™
GTO™
HiSeC™
ISOPLANAR™
MICROWIRE™
POP™
PowerTrench®
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.

©2000 Fairchild Semiconductor International

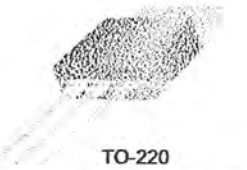
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR

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°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°C)	40	W
P_C	Collector Dissipation (T_a=25°C)	2	W
T_J	Junction Temperature	150	°C
T_{STG}	Storage Temperature	- 65 ~ 150	°C

Electrical Characteristics T_C=25°C unless otherwise noted

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

* Pulse Test: PW≤300µs, Duty Cycle≤2%

©2000 Fairchild Semiconductor International

Rev. A, February 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics

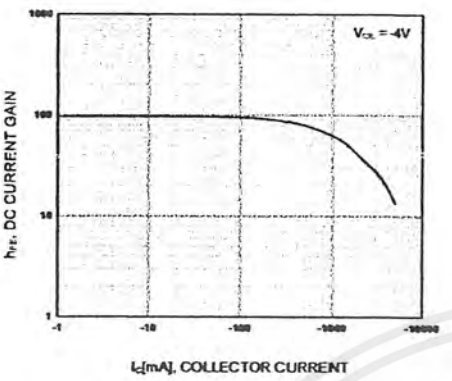


Figure 1. DC current Gain

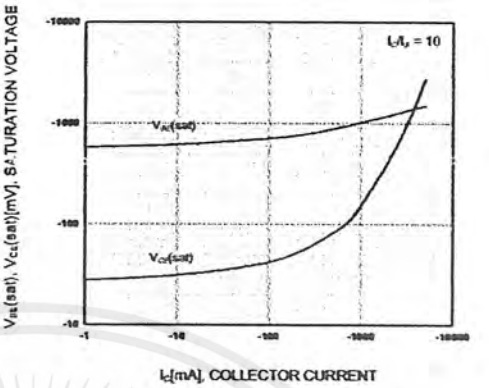


Figure 2. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

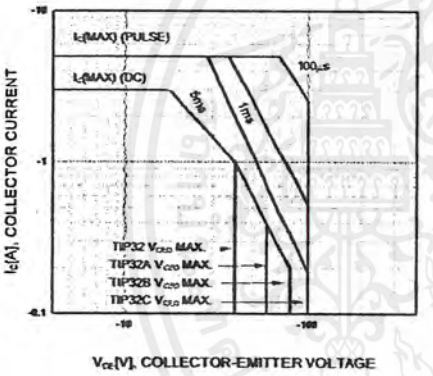


Figure 3. Safe Operating Area

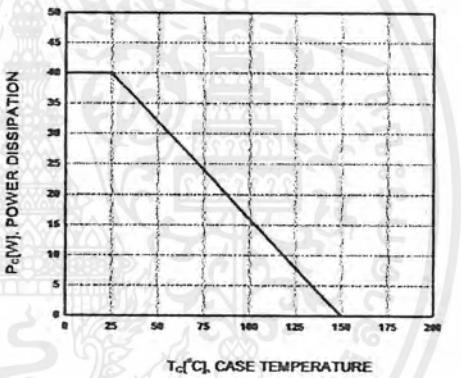


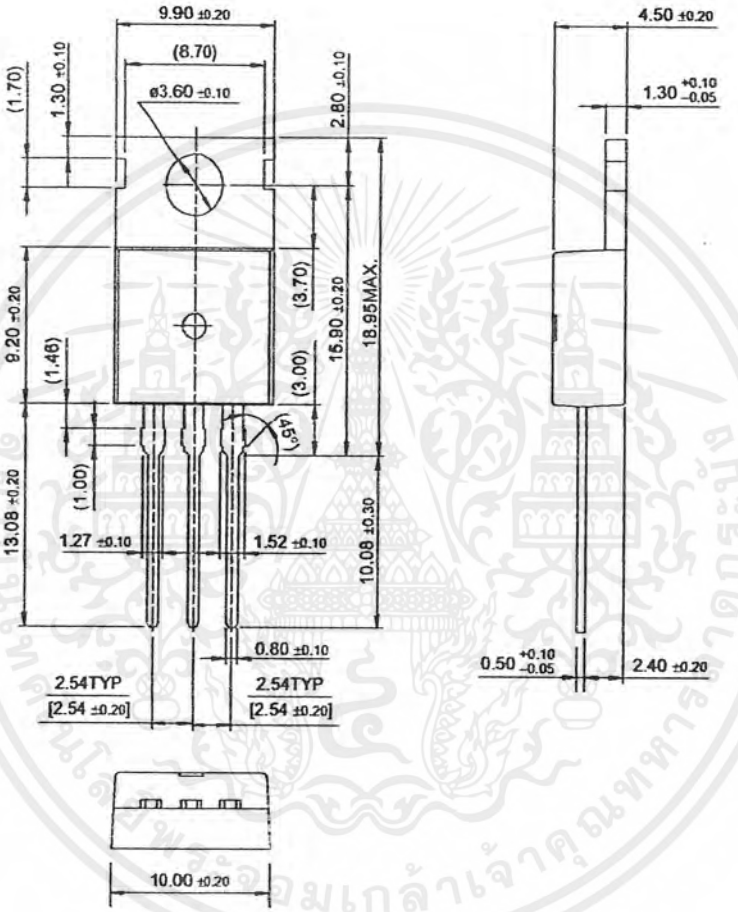
Figure 4. Power Derating

©2000 Fairchild Semiconductor International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Demensions

TO-220



Dimensions in Millimeters

©2000 Fairchild Semiconductor International

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.

ACEx™
Bottomless™
CoolFET™
CROSSVOLT™
E^2CMOS™
FACT™
FACT Quiet Series™
FAST®
FASTr™
GTO™
HiSeC™
ISOPLANAR™
MICROWIRE™
POP™
PowerTrench®
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.

©2000 Fairchild Semiconductor International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MUR3040PT, RURH1540CC, MUR3060PT, RURH1560CC

Data Sheet | January 2000 | File Number 2774.4

15A, 400V - 600V Ultrafast Dual Diodes

MUR3040PT, RURH1540CC, MUR3060PT, and 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.

Formerly developmental type TA09905.

Features

- Ultrafast with Soft Recovery . . . . . <55ns
- Operating Temperature. . . . . 175°C
- Reverse Voltage Up to 600V
- Avalanche Energy Rated
- Planar Construction

Applications

- Switching Power Supply
- Power Switching Circuits
- General Purpose

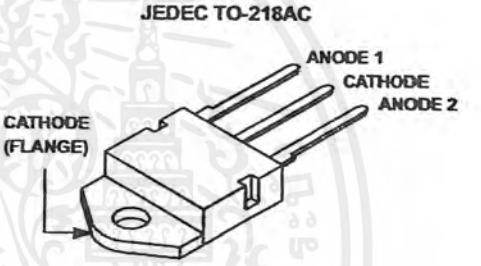
Ordering Information

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

NOTE: When ordering, use the entire part number.

Packaging

JEDEC TO-218AC



Symbol

Absolute Maximum Ratings (Per Leg) T_C = 25°C, Unless Otherwise Specified

		MUR3040PT RURH1540CC	MUR3060PT RURH1560CC	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 (T_C = 145°C)	$I_{F(AV)}$	15	15	A
Repetitive Peak Surge Current (Square Wave 20kHz)	I_{FRM}	42	30	A
Nonrepetitive Peak Surge Current (Halfwave 1 Phase 60Hz)	I_{FSM}	200	200	A
Maximum Power Dissipation	P_D	100	100	W
Avalanche Energy (See Figures 7 and 8)	E_{AVL}	20	20	mJ
Operating and Storage Temperature	T_{STG}, T_J	-55 to 175	-55 to 175	°C

1-888-INTERSIL or 321-724-7143 | Copyright © Intersil Corporation 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Specifications (Per Leg) $T_C = 25^oC$, Unless Otherwise Specified

SYMBOL	TEST CONDITION	MUR3040PT, RURH1540CC			MUR3060PT, RURH1560CC			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_F	$I_F = 15A$	-	-	1.25	-	-	1.5	V
	$I_F = 15A$, $T_C = 150^oC$	-	-	1.12	-	-	1.2	V
I_R	$V_R = 400V$	-	-	100	-	-	-	µA
	$V_R = 600V$	-	-	-	-	-	100	µA
	$V_R = 400V$, $T_C = 150^oC$	-	-	500	-	-	-	µA
	$V_R = 600V$, $T_C = 150^oC$	-	-	-	-	-	500	µA
t_{rr}	$I_F = 1A$, $dI_F/dt = 100A/µs$	-	-	55	-	-	55	ns
	$I_F = 15A$, $dI_F/dt = 100A/µs$	-	-	60	-	-	60	ns
t_a	$I_F = 15A$, $dI_F/dt = 100A/µs$	-	30	-	-	30	-	ns
t_b	$I_F = 15A$, $dI_F/dt = 100A/µs$	-	17	-	-	20	-	ns
$R_{\theta JC}$		-	-	1.5	-	-	1.5	$^oC/W$

DEFINITIONS

V_F = Instantaneous forward voltage (pw = 300µs, D = 2%).

I_R = Instantaneous reverse current.

t_{rr} = Reverse recovery time at $dI_F/dt = 100A/µs$ (See Figure 6), summation of $t_a + t_b$.

t_a = Time to reach peak reverse current at $dI_F/dt = 100A/µs$ (See Figure 6).

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 6).

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

pw = pulse width.

D = duty cycle.

Typical Performance Curves

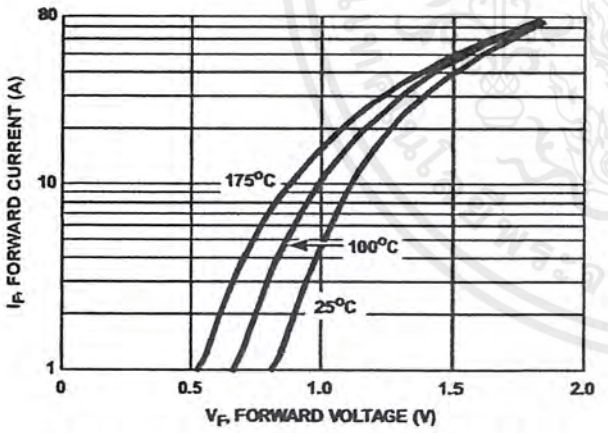


FIGURE 1. FORWARD CURRENT vs FORWARD VOLTAGE

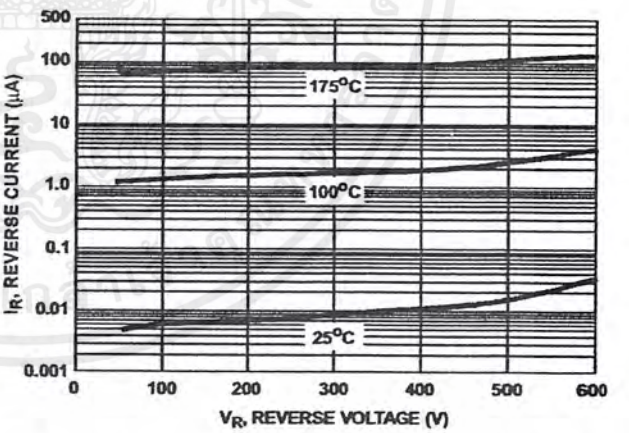


FIGURE 2. REVERSE CURRENT vs REVERSE VOLTAGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Curves

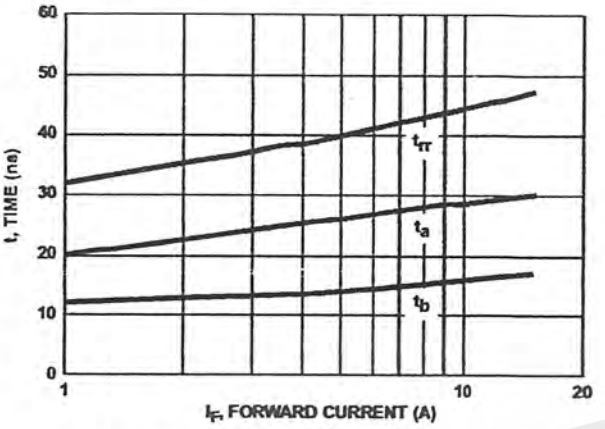


FIGURE 3. t_{rr}, t_a AND t_b CURVES vs FORWARD CURRENT

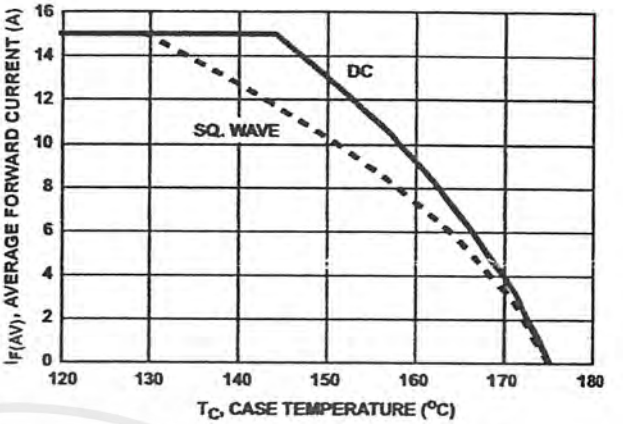


FIGURE 4. CURRENT DERATING CURVE

Test Circuits and Waveforms

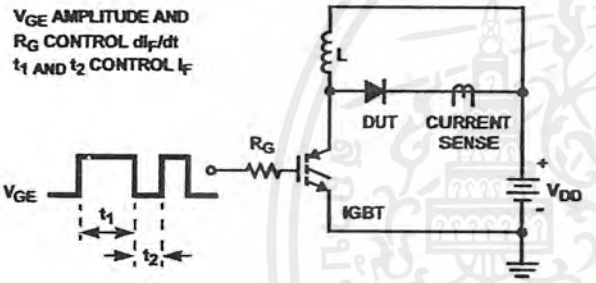


FIGURE 5. t_{rr} TEST CIRCUIT

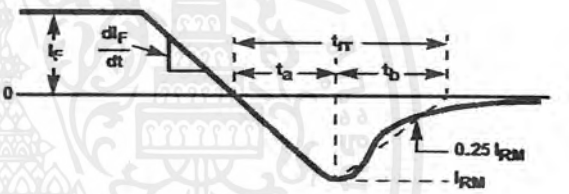


FIGURE 6. t_{rr} WAVEFORMS AND DEFINITIONS

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

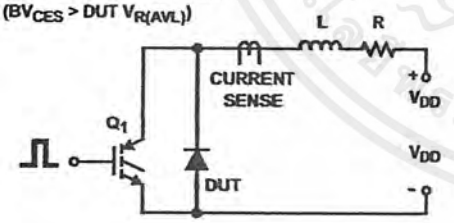


FIGURE 7. AVALANCHE ENERGY TEST CIRCUIT

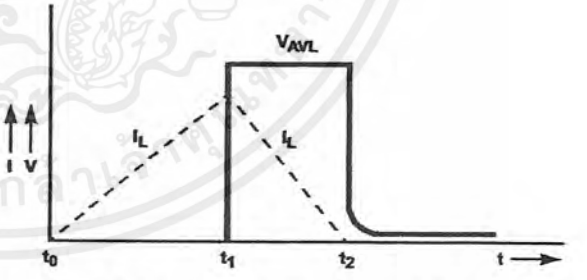


FIGURE 8. AVALANCHE CURRENT AND VOLTAGE WAVEFORMS

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 **www.intersil.com**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20A, 500V, 0.270 Ohm, N-Channel Power MOSFET

This N-Channel enhancement mode silicon gate power field effect transistor is an advanced power MOSFET designed, tested, and guaranteed to withstand a specified level of energy in the breakdown avalanche mode of operation. All of these power MOSFETs are designed for applications such as switching regulators, switching convertors, motor drivers, relay drivers, and drivers for high power bipolar switching transistors requiring high speed and low gate drive power. These types can be operated directly from integrated circuits.

Formerly developmental type TA17465.

Ordering Information

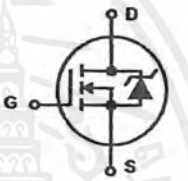
PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
IRFP460	TO-247	IRFP460

NOTE: When ordering, use the entire part number.

Features

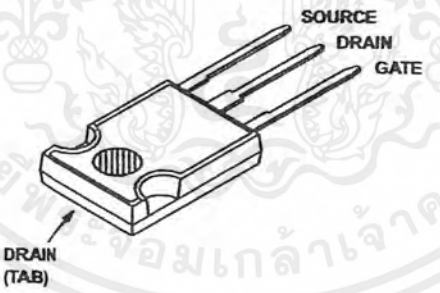
- 20A, 500V
- $r_{DS(ON)} = 0.270\Omega$
- Single Pulse Avalanche Energy Rated
- SOA is Power Dissipation Limited
- Nanosecond Switching Speeds
- Linear Transfer Characteristics
- High Input Impedance
- Related Literature
  - TB334 "Guidelines for Soldering Surface Mount Components to PC Boards"

Symbol



Packaging

JEDEC STYLE TO-247



CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge; follow proper ESD Handling Procedures.
http://www.intersil.com or 407-727-9207 | Copyright © Intersil Corporation 1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^oC$, Unless Otherwise Specified

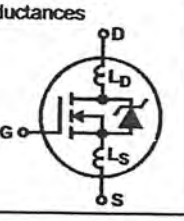
		IRFP460	UNITS
Drain to Source Voltage (Note 1)	V_{DS}	500	V
Drain to Gate Voltage (R_{GS} = 20kΩ) (Note 1)	V_{DGR}	500	V
Continuous Drain Current	I_D	20	A
$T_C = 100^oC$	I_D	12	A
Pulsed Drain Current (Note 3)	I_{DM}	80	A
Gate to Source Voltage	V_{GS}	±20	V
Maximum Power Dissipation	P_D	250	W
Linear Derating Factor		2.0	W/^{o}C
Single Pulse Avalanche Energy Rating (Note 4)	E_{AS}	960	mJ
Operating and Storage Temperature	T_J, T_{STG}	-55 to 150	^{o}C
Maximum Temperature for Soldering			
Leads at 0.063in (1.6mm) from Case for 10s	T_L	300	^{o}C
Package Body for 10s, See Techbrief 334	T_{pkg}	260	^{o}C

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

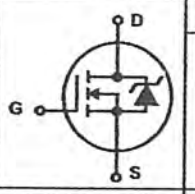
1. $T_J = 25^oC$ to $T_J = 125^oC$.

Electrical Specifications $T_C = 25^oC$, Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage	BV_{DSS}	I_D = 250µA, V_{GS} = 0V (Figure 10)		500	-	-	V
Gate Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}$, I_D = 250µA		2	-	4	V
Zero Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	V_{DS} = Rated BV_{DSS}, V_{GS} = 0V		-	-	25	µA
		V_{DS} = 0.8 x Rated BV_{DSS}, V_{GS} = 0V, $T_J = 125^oC$		-	-	250	µA
On-State Drain Current (Note 2)	$I_{D(ON)}$	$V_{DS} > I_{D(ON)} \times r_{DS(ON)MAX}$, V_{GS} = 10V		20	-	-	A
Gate to Source Leakage Current	I_{GSS}	V_{GS} = ±20V		-	-	±100	nA
Drain to Source On Resistance (Note 2)	$r_{DS(ON)}$	I_D = 11A, V_{GS} = 10V (Figures 8, 9)		-	0.24	0.27	Ω
Forward Transconductance (Note 2)	g_{fs}	$V_{DS} \geq 50V$, $I_{DS} > 11A$ (Figure 12)		13	19	-	S
Turn-On Delay Time	$t_{d(ON)}$	V_{DD} = 250V, I_D = 21A, R_{GS} = 4.3Ω, R_D = 12Ω, V_{GS} = 10V MOSFET Switching Times are Essentially Independent of Operating Temperature		-	23	35	ns
Rise Time	t_r			-	81	120	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{d(OFF)}$			-	85	130	ns
Fall Time	t_f			-	65	98	ns
Total Gate Charge (Gate to Source + Gate-Drain)	$Q_{g(TOT)}$	V_{GS} = 10V, I_D = 21A, V_{DS} = 0.8 x Rated BV_{DSS}, $I_{G(REF)}$ = 1.5mA (Figure 14). Gate Charge is Essentially Independent of Operating Temperature		-	120	190	nC
Gate to Source Charge	Q_{gs}			-	18	-	nC
Gate to Drain "Miller" Charge	Q_{gd}			-	62	-	nC
Input Capacitance	C_{ISS}	V_{DS} = 25V, V_{GS} = 0V, f = 1MHz (Figure 10)		-	4100	-	pF
Output Capacitance	C_{OSS}			-	480	-	pF
Reverse Transfer Capacitance	C_{RSS}			-	84	-	pF
Internal Drain Inductance	L_D	Measured from the Drain Lead, 6mm (0.25in) from Package to Center of Die	Modified MOSFET Symbol Showing the Internal Device Inductances 	-	5.0	-	nH
Internal Source Inductance	L_S	Measured from the Source Lead, 6mm (0.25in) from Header to Source Bonding Pad		-	13	-	nH
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$			-	-	0.50	^{o}C/W
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	Free Air Operation		-	-	30	^{o}C/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source to Drain Diode Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Continuous Source to Drain Current	I_{SD}	Modified MOSFET Symbol Showing the Integral Reverse P-N Junction Rectifier 	-	-	20	A
Pulse Source to Drain Current (Note 3)	I_{SDM}		-	-	80	A
Source to Drain Diode Voltage (Note 2)	V_{SD}	$T_J = 25^oC$, $I_{SD} = 21A$, $V_{GS} = 0V$ (Figure 13)	-	-	1.8	V
Reverse Recovery Time	t_{rr}	$T_J = 25^oC$, $I_{SD} = 21A$, $dI_{SD}/dt = 100A/\mu s$	280	580	1200	ns
Reverse Recovery Charge	Q_{RR}	$T_J = 25^oC$, $I_{SD} = 21A$, $dI_{SD}/dt = 100A/\mu s$	3.8	8.1	18	µC

NOTES:

2. Pulse test: pulse width ≤ 300µs, duty cycle ≤ 2%.
3. Repetitive rating: pulse width limited by Max junction temperature. See Transient Thermal Impedance curve (Figure 3).
4. $V_{DD} = 50V$, starting $T_J = 25^oC$, L = 4.3mH, $R_{GS} = 25\Omega$, Peak $I_{AS} = 20A$.

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified

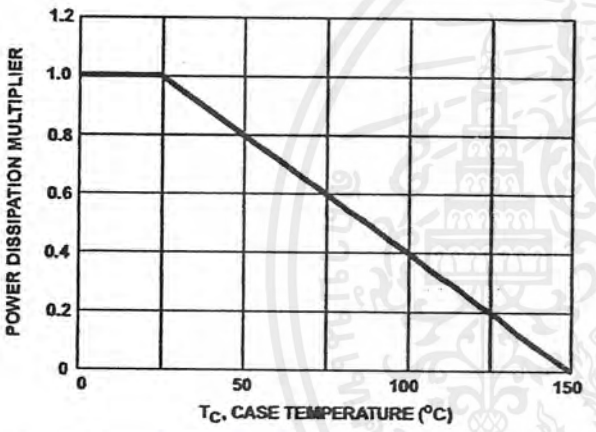


FIGURE 1. NORMALIZED POWER DISSIPATION vs CASE TEMPERATURE

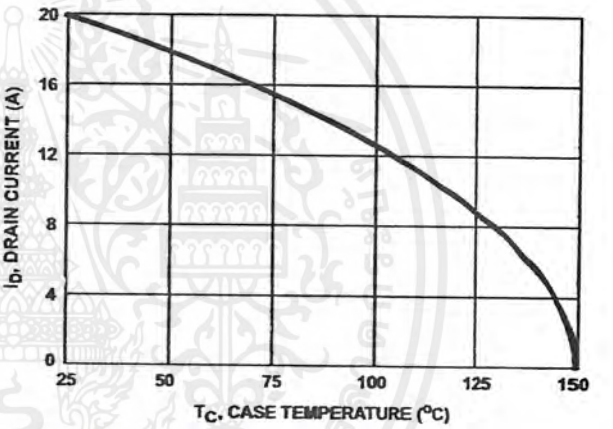


FIGURE 2. MAXIMUM CONTINUOUS DRAIN CURRENT vs CASE TEMPERATURE

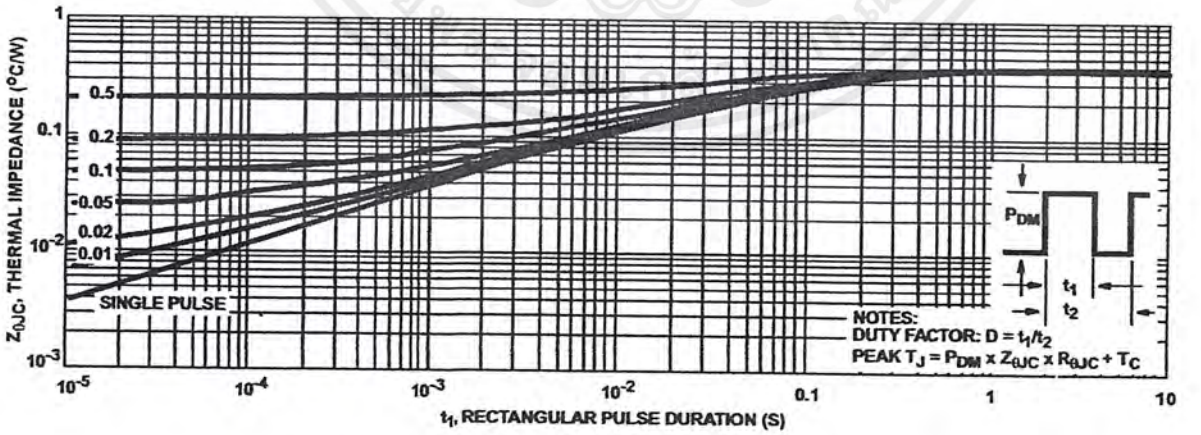


FIGURE 3. MAXIMUM TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

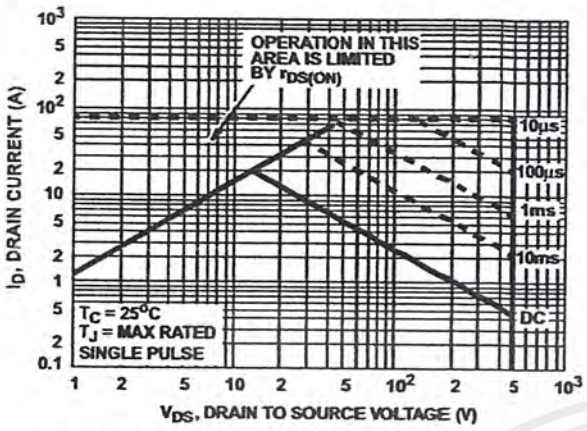


FIGURE 4. FORWARD BIAS SAFE OPERATING AREA

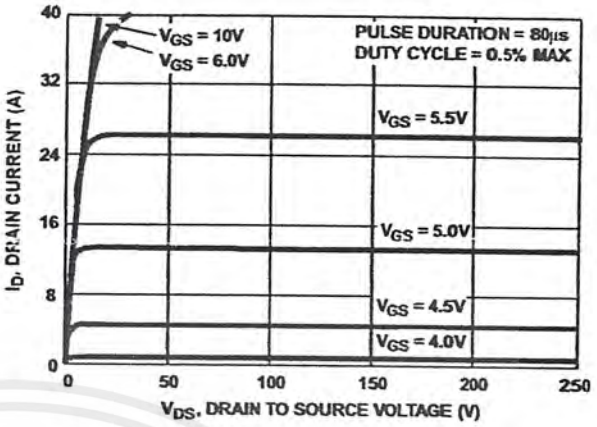


FIGURE 5. OUTPUT CHARACTERISTICS

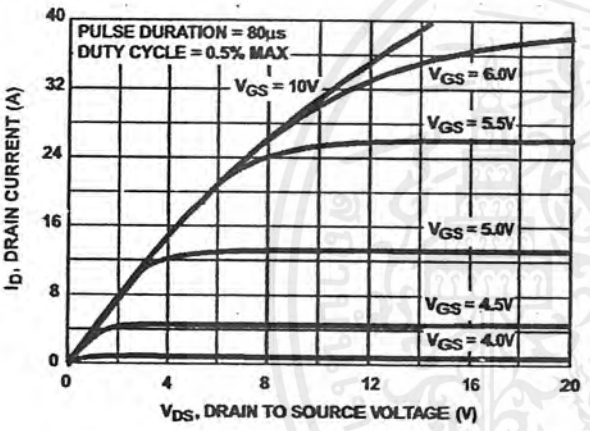


FIGURE 6. SATURATION CHARACTERISTICS

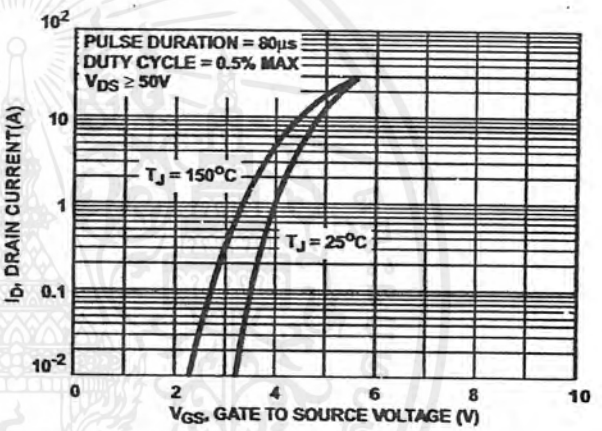


FIGURE 7. TRANSFER CHARACTERISTICS

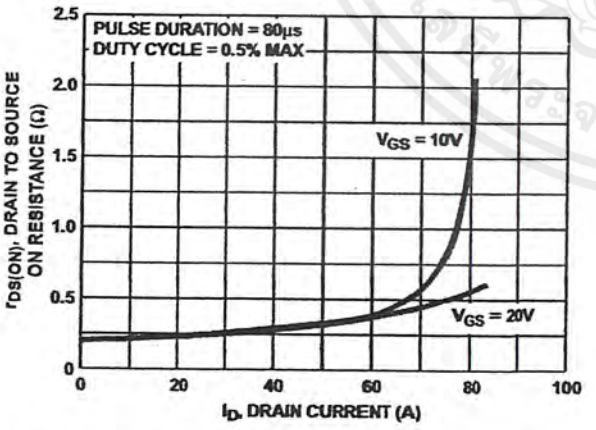


FIGURE 8. DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs GATE VOLTAGE AND DRAIN CURRENT

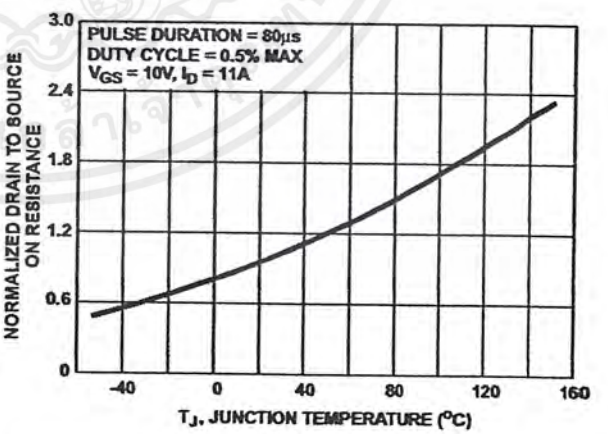


FIGURE 9. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs JUNCTION TEMPERATURE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

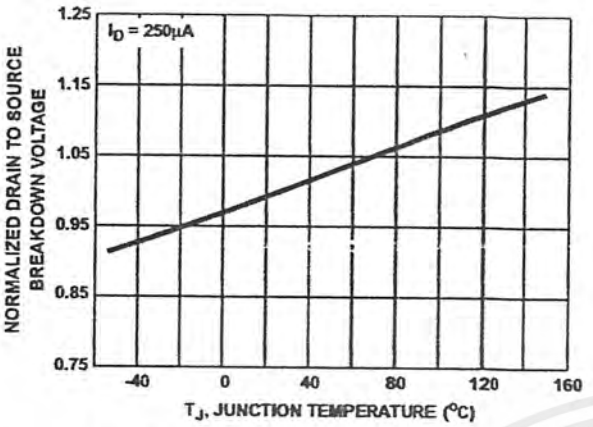


FIGURE 10. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE BREAKDOWN VOLTAGE vs JUNCTION TEMPERATURE

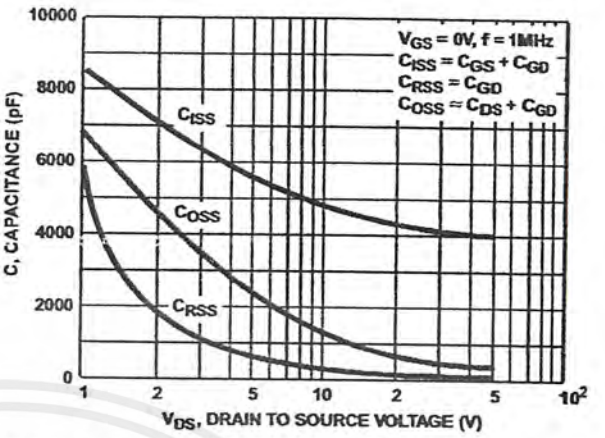


FIGURE 11. CAPACITANCE vs DRAIN TO SOURCE VOLTAGE

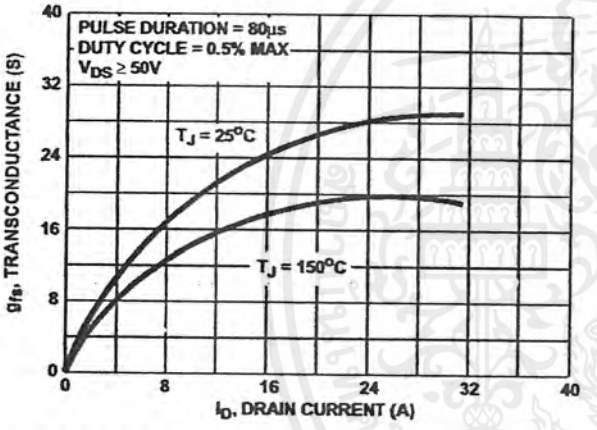


FIGURE 12. TRANSCONDUCTANCE vs DRAIN CURRENT

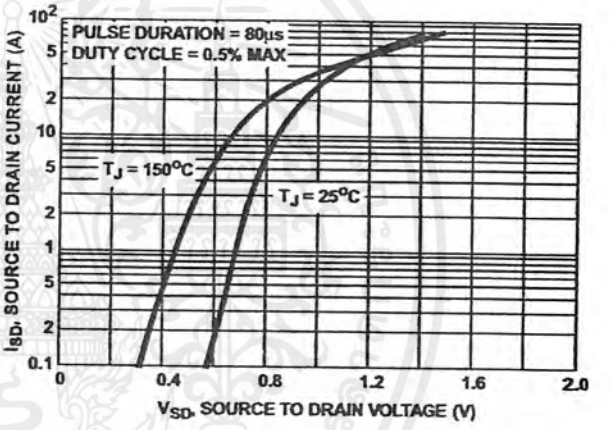


FIGURE 13. SOURCE TO DRAIN DIODE VOLTAGE

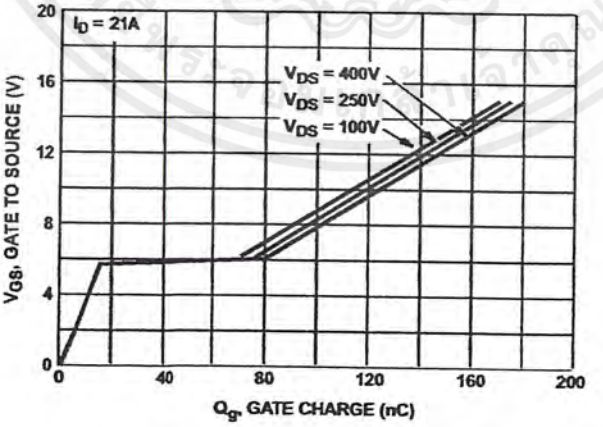


FIGURE 14. GATE TO SOURCE VOLTAGE vs GATE CHARGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits and Waveforms

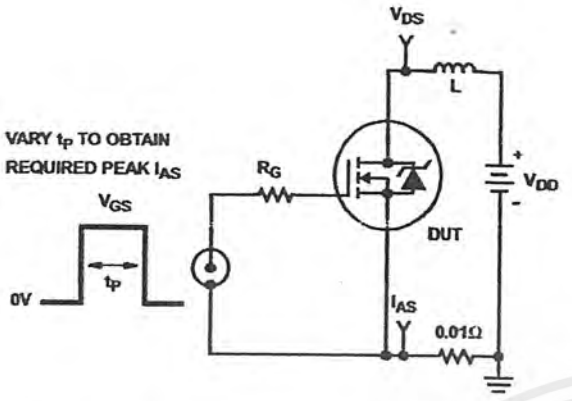


FIGURE 15. UNCLAMPED ENERGY TEST CIRCUIT

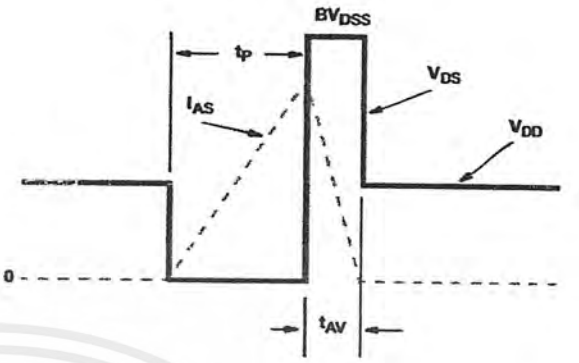


FIGURE 16. UNCLAMPED ENERGY WAVEFORMS

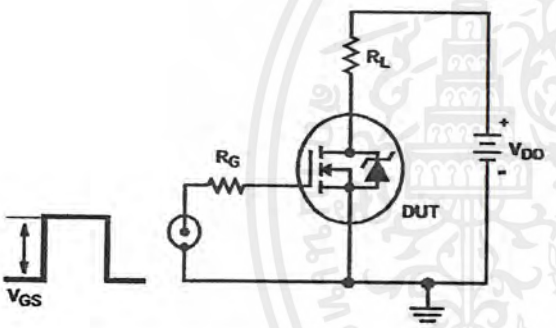


FIGURE 17. SWITCHING TIME TEST CIRCUIT

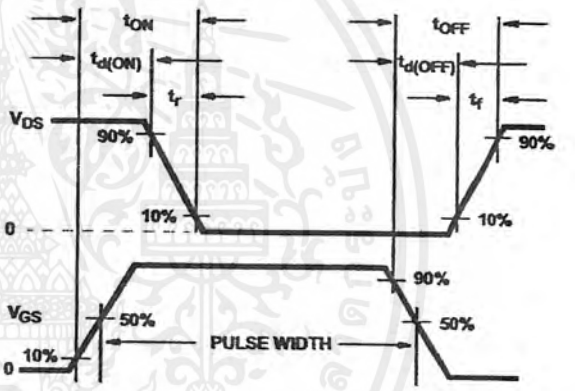


FIGURE 18. RESISTIVE SWITCHING WAVEFORMS

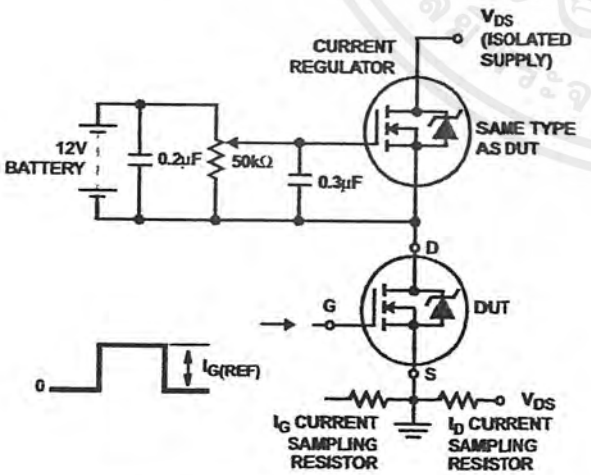


FIGURE 19. GATE CHARGE TEST CIRCUIT

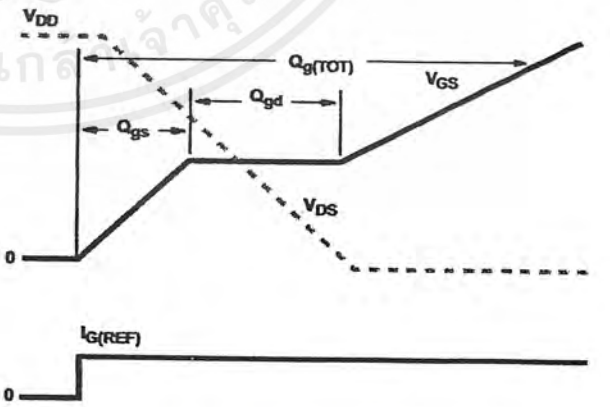


FIGURE 20. GATE CHARGE WAVEFORMS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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**

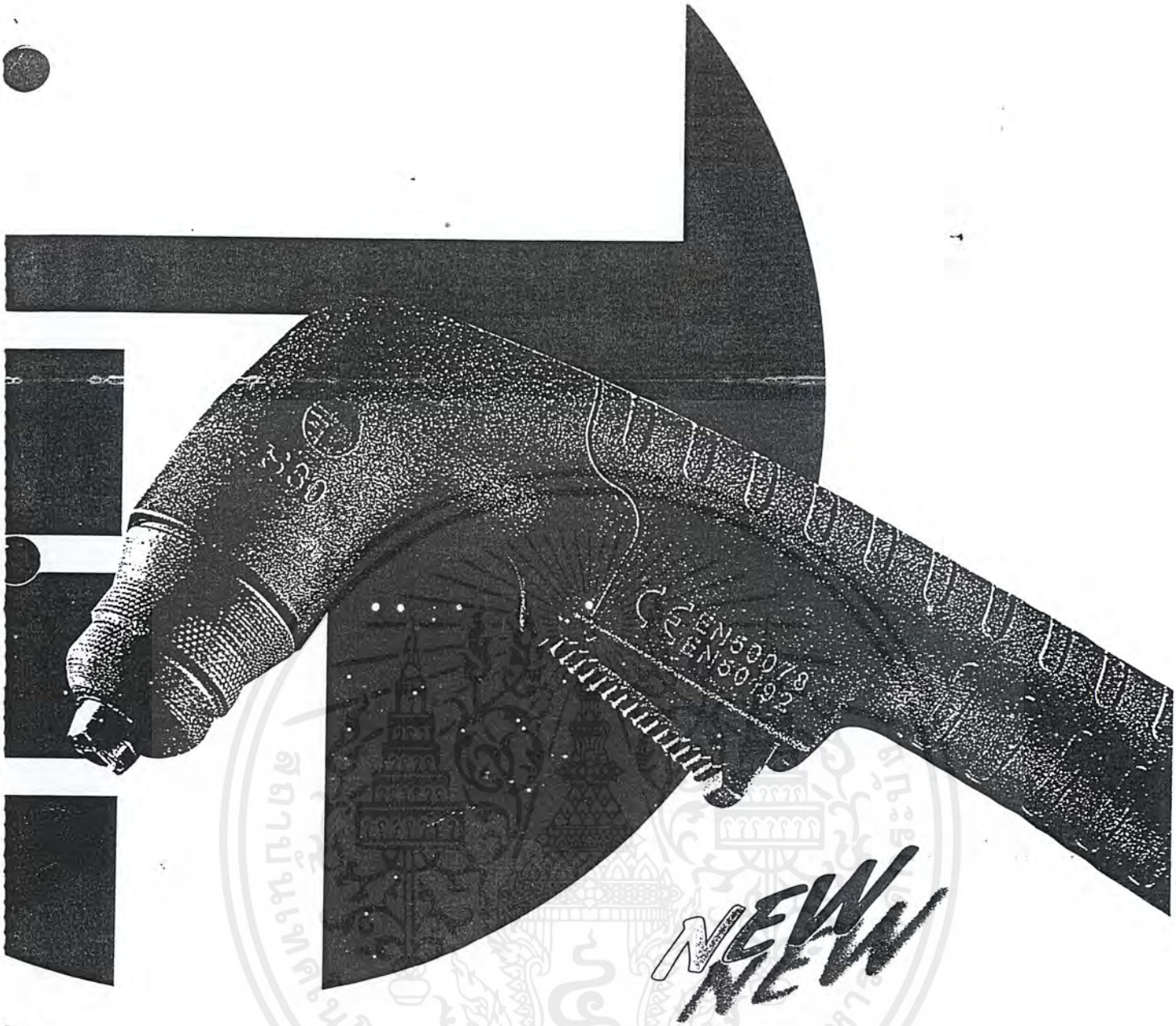
Sales Office Headquarters

NORTH AMERICA
Intersil Corporation
P. O. Box 883, Mail Stop 53-204
Melbourne, FL 32902
TEL: (407) 724-7000
FAX: (407) 724-7240

EUROPE
Intersil SA
Mercure Center
100, Rue de la Fusee
1130 Brussels, Belgium
TEL: (32) 2.724.2111
FAX: (32) 2.724.22.05

ASIA
Intersil (Taiwan) Ltd.
7F-6, No. 101 Fu Hsing North Road
Taipei, Taiwan
Republic of China
TEL: (886) 2 2716 9310
FAX: (886) 2 2715 3029

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



NEW

Torches with pilot arc without HF

Torce con arco pilota senza alta frequenza

Brenner mit Pilotzündung,
keine Hochfrequenz-Zündung

Torches avec arc pilote sans HF

S 30

PLASMA TORCHES

CE

EN 50078
EN 50192

trafimet®

your welding partner

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLASMA ARC STRIKE WITH NO HF

TRAFIMET SPA has been developping a plasma arc strike system with no HF for some years.
The system, which is covered by patent, reduces electromagnetic emissions sensibly thus allowing the use of a plasma torch as if it were equipped with HF.
In this case the arc strike will be caused automatically without the need for other kind of devices.
By comparing the above system with the common high-frequency torches several advantages can be realized:

- The lowest electromagnetic emissions will allow the use of a plasma torch in computer controlled environments.
- Because of low voltage, the insulation value of the torch head is higher therefore increasing the safety factor.
- The whole cut equipment (generator) will be more reliable since the absence of high-frequency will avoid all inconveniences which might occur on the electronic parts of the machine.

INNESCO PLASMA SENZA ALTA FREQUENZA

TRAFIMET da anni ha sviluppato e brevettato un sistema di accensione dell'arco plasma con arco pilota e senza alta frequenza.
Questo sistema riduce al minimo le emissioni elettromagnetiche consentendo di utilizzare la torcia plasma come se fosse dotata con alta frequenza, innescando cioè l'arco pilota fuori dal pezzo da tagliare.
I vantaggi rispetto alle torce con innesco ad alta frequenza sono evidenti:

- Emissioni elettromagnetiche ridotte al minimo e quindi possibilità di utilizzare la torcia plasma in ambienti con sistemi di controllo computerizzati.
- Isolanti nel corpo torcia sottoposti a tensioni basse con evidenti vantaggi per la sicurezza.
- Maggiore affidabilità dell'apparecchiatura di taglio (generatore) in quanto l'assenza dell'alta frequenza evita possibili problemi ai componenti elettronici della macchina.

PLASMABRENNER OHNE HF-ZÜNDUNG

Seit Jahren hat die TRAFIMET SPA das Plasmaschneiden ohne HF entwickelt und erweitert.
Dieses Zündsystem, das durch die TRAFIMET SPA patentiert ist, reduziert die elektromagnetischen Abstrahlungen gegenüber der herkömmlichen HF-Zündung.
Der zündvorgang erfolgt ohne die Verwendung einer HF-Zündvorrichtung.
Im Vergleich zu herkömmlichen HF-Brennern ergeben sich die nachstehenden Vorteile:

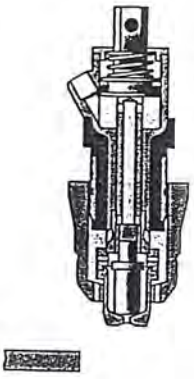
- Durch die reduzierte elektromagnetische Abstrahlung sind die Brenner bestens geeignet für den Einsatz bei EDV-gesteuerten Anlagen.
- Bedingt durch den geringeren Schneidstrom, ist der Isolationswiderstand des Brennerkörpers höher und erhöht die Sicherheit des Brenners.
- Das gesamte Paket (Maschine und Brenner) wird durch diese Zündmethode (ohne HF) zuverlässiger und praktikabler.

AMORÇAGE PLASMA SANS HAUTE FREQUENCE

Depuis desannées TRAFIMET a developpé et breveté un système de declanchement de l'arc plasma avec un arc pilote et sons haute frequence. Ce système reduit au minimum les emissions electromagnetiques permettant d'utiliser la torche plasma comme si elle etdit dotée d'une haute fréquence, donc alumant automatiquement l'arc pilote sans necessité d'autre intervention.
Lees avantages par rapport aux torches a avec haute fréquence sont évidents:

- Emissions electromagnetiques réduites au minimum par conséquent elles peuvent entre utilisées dans domaines utilisant des systèmes de controlle a commandes numeriques ou informatiques.
- Isolants dans le corp de torche soumis a des tension importantes ayant des avantages évidents pour la sécurité.
- Fiabileté accrue de l'appareil de coupe (génerateur) due à l'abscence de haute frequence evitant les problemes possibles sur les composants electroniques de l'appareil.

1



Torches off.

Torcia a riposo.

Brenner aus.

Torche au repos.

VOLTAGE

2

By pushing the trigger the torch will be feeded by the current thus causing a temporary short circuit between electrode and tip.

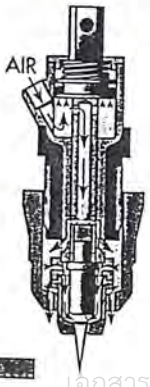
Premendo il pulsante la torcia viene alimentata dalla corrente e si crea un momentaneo corto circuito fra elettrodo e cappa.

Durch Betätigen des Brennertastes entsteht ein kurzfristiger Kurzschluß zwischen der Elektrode und der Schneiddüse und bewirkt das Zünden des Brenners.

En applyant sur la gachette, la torche est alimentée par le courant et crée un court circuit momentané entre l'electrode et la tuyère.

VOLTAGE

3



The little piston will be pushed upwards through air thus creating the distance needed to strike the arc between electrode and tip.

Successivamente l'aria spinge in alto il pistoncino creando la distanza necessaria, fra elettrodo e cappa, per la formazione dell'arco pilota.

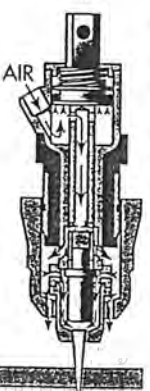
Innerhalb des Brennerkörpers bewegt sich ein Kolben der den Zündvorgang verursacht.

Successivement l'air pousse vers le haut le petit piston creant ainsi la distance necessaire entre l'electrode et la tuyère pour la formation de l'arc pilote.

PILOT ARC

VOLTAGE

4



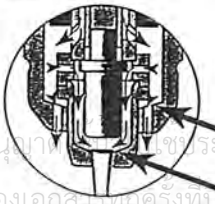
By positioning the torch onto the part to be cut, the plasma arc will strike.

Trasportando la torcia sopra il pezzo da tagliare si crea l'arco plasma.

Zum Zünden des Brenners den Brenner positionieren und die Brennertaste betätigen.

En ploçant la torche au dessus de la pièce à couper l'arc plasma se créer.

PLASMA ARC

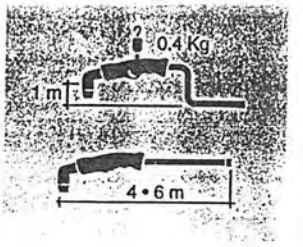


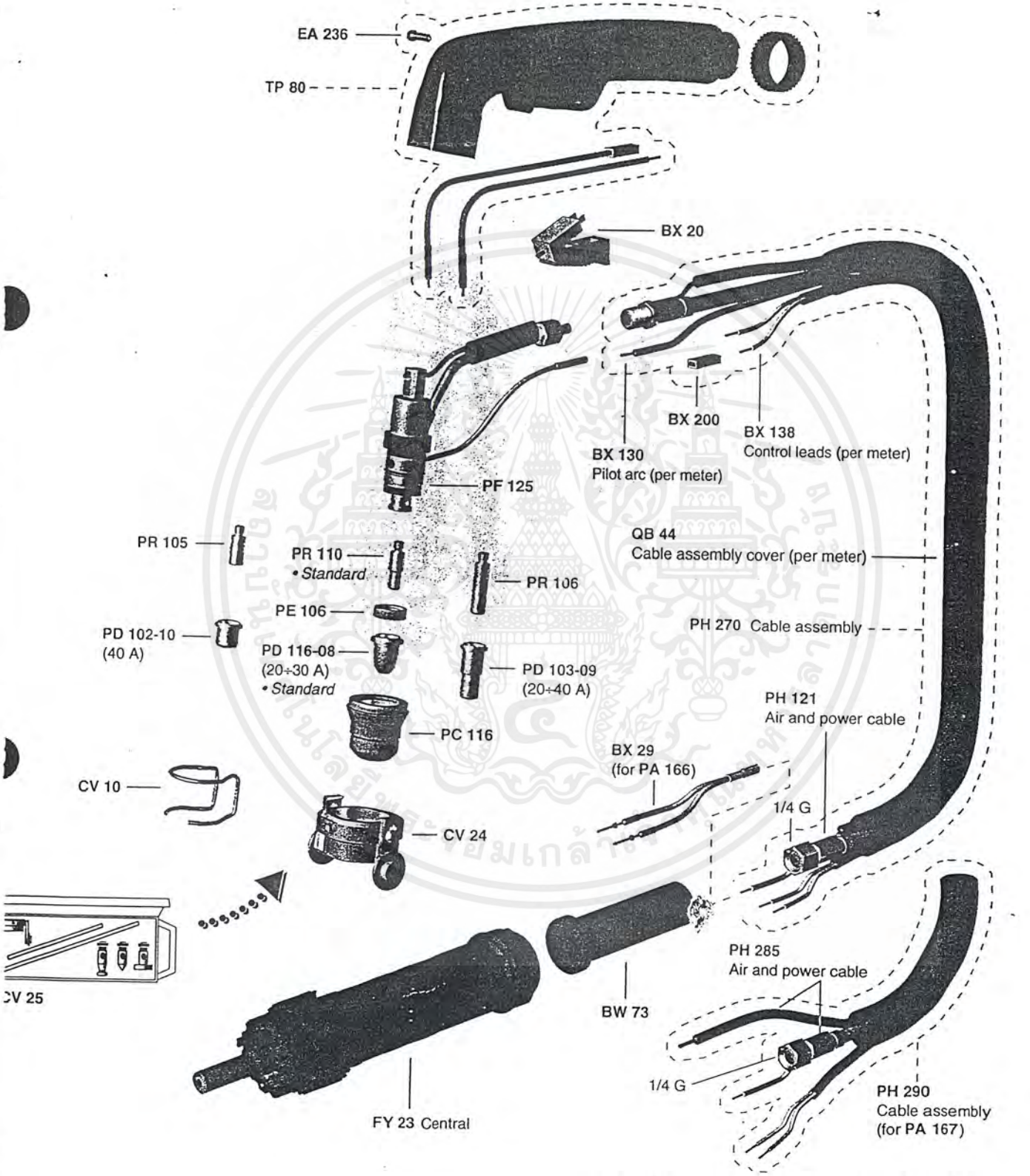
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S 30

Patented by Trafimet

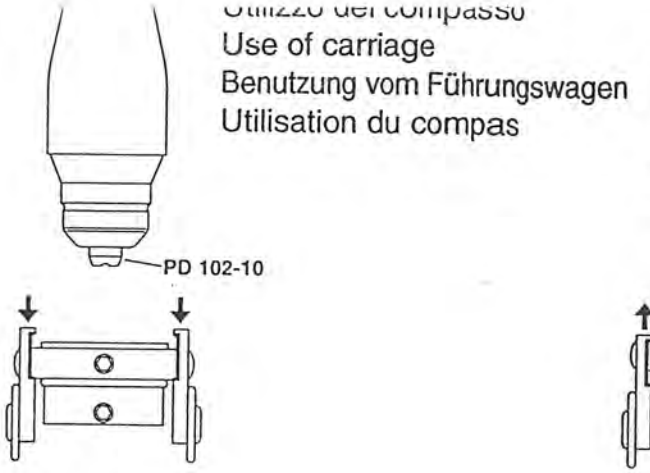
Technical data	S 30
Voltage class	M
Standard length	4 • 6 m
Air consumption	100 l/min
Air pressure	5 bar
Duty cycle 60%	40 A
Air pressure switch	≥ 3.5 bar

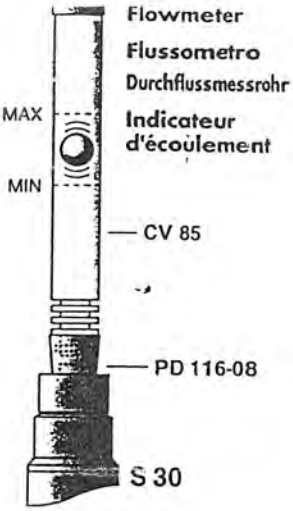




S 30 complete torch	m	Adaptor
PA 165	6	1/4 G
PA 166	6	central
PA 167	4	1/4 G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





Warning
For proper use and maintenance refer to the user's handbook attached to the torch.

Attenzione
Consultare il manuale di uso e manutenzione allegato alla torcia.

Achtung
Bitte unbedingt das beigefügte Bedienungshandbuch beachten.

Attention
Consultez le manuel d'utilisation et de manutention joint à la torche.

Check the state of the swirl ring. Air holes must be open.
If not, the low cooling system will damage the torch head.

Controllare lo stato di efficienza del diffusore aria, che deve sempre presentare i fori di accesso aria liberi da occlusioni.

Überprüfen des Luftverteilers, das die Löcher nicht verstopft sind.

Contrôler le rendement du diffuseur d'air dont les trous d'accès d'air doivent rester libres de toutes occlusions.

Operating instructions
The excessive wear of tip and electrode may cause some damage to the torch head. Replace the electrode before its total consumption as well as the tip when showing an irregular hole or an increased diameter.

Modalità d'uso
L'eccessiva usura di cappa ed elettrodo può creare danni al corpo torcia, sostituire l'elettrodo prima del totale consumo dell'inserto e la cappa quando presenta un foro irregolare o di diametro maggiorato.

Gebrauchsanweisung
Elektrode und Schneiddüsen sollten auf den Verschleiß hin überprüft werden, überhöhte Beanspruchung führt zu verschlechterten Schneidergebnissen und kann zu einer Beschädigung des Brennerkörpers führen.

Modalite d'usage
L'usure excessive de la tuyère et de l'electrode peuvent causer des dommages au col de cygne, remplacer l'electrode avant l'usure totale de l'insert en HF ainsi que la tuyère si celle-ci présente une "usure irrégulière" ou un diamètre majoré.

Warranty will be valid only for genuine TRAFIMET spare parts

La garanzia viene riconosciuta soltanto per ricambi originali TRAFIMET

Garantie wird nur für Original TRAFIMET Teile übernommen

La garantie sera reconnu uniquement avec l'utilisation de pieces d'origines TRAFIMET

© studiozancan@abnet.it • VI

trafimet®
your welding partner

TRAFIMET spa claim that all items on this catalogue are manufactured in conformity with the "low voltage" CE 73/23 directive as per EN 50078 and EN 50192 standards.
The company reserve the right to modify any products without notice.
TRAFIMET spa is the registered owner of all trademarks, patents and models.
Copyright © March 1998 • by TRAFIMET spa (Print 12/98)
EA 0590

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Plasma

(I) MANUALE DI USO E MANUTENZIONE

Attenzione tensione superiore a 113V. Torcia in classe M.

Togliere sempre tensione al generatore prima di qualsiasi manutenzione sulla torcia, dopo averla comunque lasciata raffreddare.

(GB) MAINTENANCE MANUAL

Beware of danger when tension is higher than 113V. Torch in M class.

Before you maintain or replace torch parts, turn the machine off. Never turn the machine off, before the post air-flow cycle has stopped.

(D) WARTUNG - UND GEBRAUCHSHANDBUCH

Vorsicht beim Zünden des Brenners, wenn Spannung höher als 113V ist. Brenner im M Klasse.

Vor Wartung, Inspektion oder dem Auswechseln von Verschleißteilen die Plasmaanlage ausschalten. Niemals die Anlage ausschalten, bevor die Nachströmzeit abgelaufen ist.

(F) MANUEL D'USAGE ET D'ENTRETIEN

Faire attention au danger de la torche en classe de tension M supérieur à 113V.

Arrêter le générateur après que la torche soit refroidie et avant chaque entretien.

(E) MANTENIMIENTO MANUAL

Cuidado peligro antorcha en clase de tensión M. Tensión superior a 113V.

Quitar la tensión al generador antes de cualquier mantenimiento y antes de substituir o verificar los repuestos de la antorcha, de todas formas, después de haber dejado enfriar la antorcha misma.

(S) UNDERHÅLLS MANUAL

Observera faran när brännaren är i spänningsklass M. Spänningen är högre än 113V.

Slå ifrån den elektriska spänningen till strömkällan före nagon inspektion eller underhåll sker på plasmaskärbrännaren eller på strömkällan. Se dessutom till att plasmakarbrännaren har svalnat innan arbetet med underhållet påbörjas.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ALLACCIAMENTI / CONNECTION / ANSCHLÜBE / CONNEXION / CONEXIONES / ANSLUTNING

Attenzione pericolo torcia in classe di tensione M. Tensione superiore 113V.

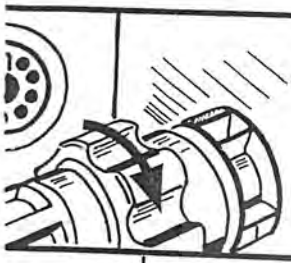
Beware of danger when tension is higher than 113V. Torch in M class

Vorsicht beim Zünden des Brenners, wenn Spannung höher als 113V ist. Brenner im M Klasse.

Faire attention au danger de la torche en classe de tension M. Classe de tension supérieur à 113 V.

Cuidado peligro antorcha en clase de tensión M. Tensión superior a 113V.

Observera faran när brännaren är i spänningsklass M. Spänningen är högre än 113 V.



Attacco centralizzato. Controllare che i collegamenti dell'attacco corrispondano a quelli del generatore Plasma. Chiudere bene la ghiera.

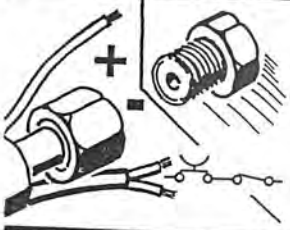
Central adaptor. Make sure that connections of adaptor match with those of plasma generator. Fasten lock nut, hand tight.

Bei Anschluß an einen Plasma Zentralanschluß muß unbedingt auf die richtige Pinbelegung geachtet werden. Eine fehlerhafte Pinbelegung kann zu einer Beschädigung der Anlage führen. Die Anschlußmutter handfest anziehen.

Adaptateur central. Contrôler si les connexions correspondent à celles du générateur Plasma. Bien serrer le raccord.

Conexión central. Verificar que los empalmes de la conexión correspondan a la del generador de plasma. Cerrar bien el anillo de seguridad.

Central adaptor. Kontrollera att anslutningen av adaptorn passar till anslutningen på plasma strömkällan. Fastsättes med låsmuttern.



Attacco a dado con cavetto comando unico. Controllare che le filettature corrispondano e collegare correttamente le polarità.

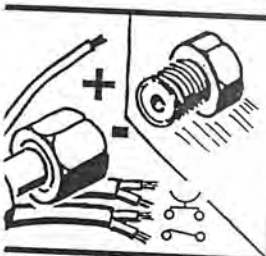
Single connection. Make sure that thread matches and connect polarities correctly.

Bei Einzelanschluß, muß auf die richtige Zuordnung von Stromkabel-HF Leitung Ein-Ausschlater geachtet werden.

Adaptateur à écrou avec un seul câble de commande. Contrôler si les filetages correspondent et connecter les polarités correctement.

Conexión a tuerca con cable a un solo mando. Verificar que las roscas correspondan y conectar correctamente las polaridades.

Mutter anslutning med en manöverledning. Kontrollera att gängorna passar och anslut polaritäten riktikt.



Attacco a dado con doppio cavo, uno per pulsante e uno per sicurezza. Collegare correttamente le polarità.

Nut adaptor with double wire: one for operation of the torch, one for safety. Connect polarities correctly.

Bei Anschluß eines kombinierten Kabels, für die Sicherheitsfunktion, unbedingt auf die richtige Polarität achten.

Adaptateur à écrou avec un double câble: un pour la gâchette et l'autre pour la sécurité. Connecter les polarités correctement.

Conexión a tuerca con doble cable, uno para el botón y uno para seguridad. Conectar correctamente las polaridades.

Låsmutter med dubbel manöverledning. En för brännaren och en för säkerhet. Anslut polaritäten riktigt.

Controllare che la pressione e le portate d'aria corrispondano ai valori richiesti dalla torcia.

Make sure that air pressure and flow rate match with values specified for the torch.

Bitte den richtigen Luftdruck (Fließdruck) sowie auf die richtige Luftmenge achten. Zu geringe Luftmenge führt zum Überhitzen des Brenners.

Contrôler si la pression et si les debits d'air correspondent aux valeurs de la torche.

Verificar que la presión y el caudal de aire correspondan a los valores que necesita la antorcha.

Säkerställ att luftirycket och luftflödet stämmer överens med ventilens specifikation för brännaren.

PRECAUZIONI DI SICUREZZA / SAFETY PRECAUTIONS / VORSICHTSMAßREGELN / PRÉCAUTIONS DE SÉCURITÉ / NORMAS DE SEGURIDAD / SÄKERHET ÅTGÄRDER

Non rivolgere la torcia contro se stessi o contro altre persone.

Turn torch away from yourself and others.

Brenner immer von sich selbst weghalten.

Ne pas tourner la torche contre vous-même ou d'autres personnes.

No dirigir la antorcha hacia si mismo y o hacia otras personas.

Vänd brännaren från dig liksom från andra personer i din omgivning.

Usare una maschera di protezione. L'arco di taglio è pericoloso per gli occhi. Proteggere anche le persone vicine.

Use mask. Cutting arc is dangerous to eyes. Nearby people should were eye protection.

Eine Schutzbrille verwenden da der Pilotlichtbogen und der Schneidlichtbogen für die Augen gefährlich ist. Beistehende Menschen sollten niemals ohne ausreichenden Augenschutz den Schneidvorgang beobachten.

Utiliser un masque de protection. L'arc de coupage est dangereux pour les yeux. Protéger les personnes à côté.

Utilizar una mascara de protección. El arco de corte es peligroso para los ojos. Proteger también las personas cercanas.

Använd svetshjälm. Pilotbågen kan skada ogonen. Människor i närheten skall bära ögonskydd.

Usare guanti e abbigliamento adeguato.

Use gloves and suitable wear.

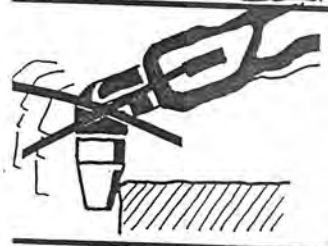
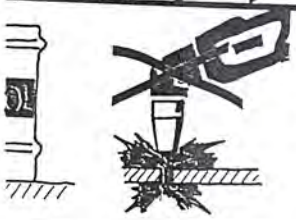
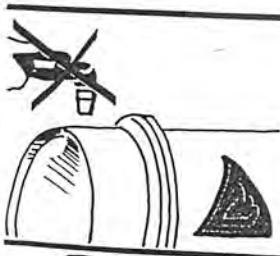
Immer ausreichend geschützte Handschuhe und Arbeitskleidung tragen.

Utiliser des gants et un vêtement approprié.

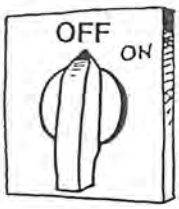
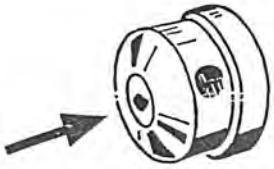
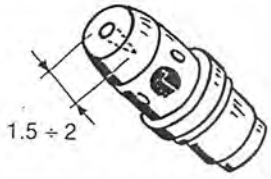
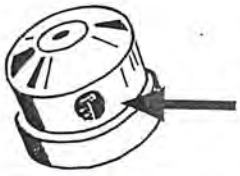
Utilizar guantes y ropa adecuada.

Använd handskar och lämpliga kläder.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(GB) PRECAUZIONI DI SICUREZZA SAFETY PRECAUTIONS	(F) VORSICHTSMAßREGELN PRÉCAUTIONS DE SÉCURITÉ	(S) NORMAS DE SEGURIDAD SÄKERHET ATGÄRDER
Non passare con carrelli sopra il cavo della torcia. *Protect all cables for damages.*	Alle Kabel und Leitungen vor Beschädigungen schützen. *Ne pas passer sur le câble de soudure avec des chariots, fenwick etc.*	No pisar con carretillas el cable de la antorcha. *Skydda slangar och kablar från att bli överkörda av fordon e.dyl.*
Non chiudere in morsa la torcia. *Do not fasten torch with a tools.*	Den Brenner niemals in einen Schraubstock einspannen. Dies kann zu einem Riß der Isolation führen. *Ne pas bloquer la torche dans un étau.*	No prensar la antorcha en una prensa. *Sätt inte fast plasmaskärbrännaren med tving, tånd e.dyl.*
		
Non battere l'estremità della torcia. Si possono danneggiare gli isolanti. *Never use a rise or rise-grips to exchange parts, could damage the torch.*	Den Plasmabrenner nicht als zweckenfremdetes Werkzeug benutzen. *Ne pas taper l'extrémité de la torche car les isolants peuvent être endommagés.*	No golpear la punta de la antorcha. Se puede dañar los aislantes. *Slå inte med plasmaskärbrännaren eftersom isolationen kan skadas.*
I fumi sono dannosi alla salute. Usare degli aspiratori o operare in ambienti ventilati. *Fumes are hazardous for your health. Operate under a hood or in ventilated areas only.*	Plasmaschneiden sollte nur in gut ventilierten Räumen bzw. mit einer ausreichend dimensionierten Absauganlage vorgenommen werden. Der entstehende Plasmastaub ist gesundheitschädigend. *Les fumées sont nuisibles pour la santé. Utiliser des aspirateurs ou travailler dans un environnement aéré.*	Los humos son dañinos a la salud. Utilizar extractores u operar en ambientes ventilados. *Rökutvecklingen är skadlig för hälsan. Använd därför rökutsugningsutrustning eller arbeta i väl ventilerade lokaler/områden.*
Evitare di appoggiarsi o di tenere con le mani il pezzo da tagliare. *Do not touch or hold piece being cut, only with proper insulated tools.*	Das Werkstück niemals mit den Händen berühren, nur mit ausreichend isoliertem Werkzeug. *Ne pas s'appuyer ni tenir dans les mains la pièce de coupage.*	Evitar de apoyarse o sostener con las manos la pieza a cortar. *Rör eller ta inte på nyligen skurna delar.*
		
Tagliare lontano da liquidi o materiali infiammabili. *Never use a torch in close range to flammable material.*	Niemals in der Nähe von entflammbaren Material arbeiten. *Souder loin des liquids inflammables.*	Cortar lejos de liquidos o materiales inflamables. *Plasmaskärningen får inte ske i närheten av brännbar vätska eller annant brännbart material.*
		
Non tagliare su serbatoi contenenti materiale infiammabile anche se vuoti. *Do not use a torch to dismantle empty containers, due to danger of explosion.*	Niemals alte Fäßer oder Behälter als Arbeitsunterlage benutzen, da Explosionsgefahr besteht. *Ne pas souder près de reservoirs qui contiennent des liquides inflammables même vides.*	No cortar sobre tanques que contengan materiales inflamables aunque estén vacios. *Plasmaskär inte i närheten av kärl som innehåller eller har innehållit brännbar vätska.*
Non tagliare su ambienti umidi o bagnati. *Do not cut in humid or wet surroundings.*	Nicht in naßen oder feuchten Räumen mit Plasma schneiden. *Ne pas souder dans un environnement humide.*	No cortar en ambientes húmedos o mojados. *Plasmaskär inte i fuktiga eller våta utrymmen.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GB	I	F	S
MAINTENANCE	**MANUTENZIONI**	**ENTRETIEN**	**UNDERHÅLL**
	Togliere tensione al generatore prima di qualsiasi manutenzione o prima di sostituire o controllare i ricambi della torcia, dopo averla comunque lasciata raffreddare. *Before you maintain or replace torch parts, turn the machine off. Never turn the machine off, before the post air-flow cycle has stopped.*	Vor Wartung, Inspektion oder dem Auswechseln von Verschleißteilen die Plasmaanlage ausschalten. Niemals die Anlage ausschalten, bevor die Nachströmzeit abgelaufen ist. *Arrêter le générateur après que la torche soit refroidie et avant chaque entretien et avant remplacer ou contrôler les pièces d'usure.*	Quitar la tensión al generador antes de cualquier mantenimiento y antes de substituir o verificar los repuestos de la antorcha, de todas formas, después de haber dejado enfriar la antorcha misma. *Slå ifrån den elektriska spänningen till strömkällan före någon inspektion eller underhåll sker på plasmaskärbrännaren eller på strömkällan. Se dessutom till att plasmakärbrännaren har svalnat innan arbetet med underhållet påbörjas.*
	Sostituire la cappa quando presenta il foro allargato o deformato. *Replace tip if hole is enlarged or deformed. Always make sure to use the correct diameter for the Amp.*	Die Düse wechseln, wenn die Auswaschung zu groß geworden ist und die Schneidqualität nachläßt. Generell darauf achten, daß für die richtige Amp.-Leistung immer der richtige Düsen Durchmesser verwendet wird. *Si le diamètre interne de la tuyère est élargie ou déformé, la remplacer.*	Substituir la tobera cuando presenta un hueco agrandado y deformado. *Byt ut munstycket om hålet är förstora: eller deformerat.*
	Sostituire l'elettrodo quando presenta un cratere superiore a 1,5÷2 mm. *Replace electrode if it shows a hole bigger than 1,5÷2,0 mm.*	Die Elektrode wechseln sobald der Hafniumkern um 1,5÷2.0 mm. ausgebrannt ist. *Si le diamètre interne de l'electrode est supérieur à 1,5÷2,0 mm, le remplacer.*	Substituir la tobera cuando presenta un hueco superior a 1,5÷2 mm. *Byt ut elektroden om den har ett hål större än 1.5÷2.0 mm.*
	Avvitare a fondo l'ugello esterno della torcia. *Fasten outside nozzle, hand tight only.*	Auf den richtigen Sitz der äußeren Schutzdüse achten, die Schutzdüse handfest anziehen. *Fermer la buse de protection externe.*	Atornillar a fondo el portatobera. *Sätt fast brännarens munstycke. Gör inga temporära reparationer.*
	Controllare il buon stato del cavo. Non eseguire riparazioni di fortuna. *Check condition of cable. Do not make temporary repairs. Repairs should only be made by qualified personal.*	Kabel und Zuleitung vor Beschädigungen schützen und kontrollieren. *Contrôler le bon état du câble. Ne pas effectuer des réparations de fortune.*	Verificar el buen estado del cable. No hacer reparaciones provisionales. *Kontrollera kablar och slangarnas beskaffenhet och kondition.*
	Usare sempre ed esclusivamente ricambi originali. *Use always original Trafimet parts. The use of Trafimet aftermarket parts could result in a lower part life and in a unsatisfied cutting result. Any kind of warranty claims would be waived.*	Immer nur Original Trafimet Teile verwenden, der Einsatz von Trafimet Nachbauteilen, kann zu verminderten Schneidleistungen und zu geringeren Standzeiten führen. Evtl. entstehende Brennerschäden durch Verwendung von Nachbauteilen, werden von Trafimet nicht übernommen. *Utiliser toujours des pièces d'usure originales.*	Utilizar siempre y exclusivamente refacciones originales. *Använd alltid original reservdelar.*
	Le riparazioni vanno eseguite da personale esperto. *Repairs must be done only by skilled and qualified personal.*	Reparaturen nur von qualifizierten Fachkräften vornehmen lassen. *Toutes les réparations doivent être faites par un personnel qualifié.*	Las reparaciones tendrán que ser realizadas por personal técnico especializado. *Reparationer och underhåll skall ske av utbildad personal.*
	Non disperdere nell'ambiente i ricambi usati. *Used parts should be recycled in a proper way, meeting the local requirements.*	Benutzte Teile immer ordungsgemäß entsorgen. *Ne pas laisser les pièces d'usure dans l'environnement.*	No botar en el ambiente las refacciones usadas. *Kontrollera att vattenflödet och kylningen av plasmaskärbrännaren fungerar tillfredsställande.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้