

๑๐๗๖๘

เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา PLASMA ARC CUTTING MACHINE



๑๐๗๖๘
พ.ร.๘๘๙
๕๕๕๕

เลขที่.....
เลขทะเบียน..... **46244**
วัน, เดือน, ปี **2.1 ส.ค. 2546**

ปฏิญานិพนธ์สำหรับปฏิญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

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


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา

ผู้จัดทำ

นายไพรัตน์ กลอนเมืองปัก รหัส 42015188

นายพรชัย สุวรรณปักษ์ รหัส 42015185

() อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.สมศักดิ์ เชียร์ศิริกุล)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา

Plasma Arc Cutting Machine

นายไพรัตน์ กลอนเมืองปึก รหัส 42015188

นายพรชัย สุวรรณปักษ์ รหัส 42015185

โครงการนี้ได้รับการตรวจแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา
PLASMA ARC CUTTING MACHINE

นายไพรัตน์ กลอนเมืองปัก
นายพรชัย สุวรรณปักษ์
รศ.สมศักดิ์ เชียร์ศิริกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอส่วนประกอบของเครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา (ในส่วนของเกี่ยวข้องกับไฟฟ้า) การทำงานและผลการทดสอบในส่วนของแหล่งจ่ายกำลังที่เป็นแบบสวิทชิง อิเล็กทรอนิกส์ โดยมีการทำงานคือขั้นแรกจะทำการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 311 โวลต์ โดยวงจรเรียงกระแสและกรองกระแส ต่อมานำไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้มาเปลี่ยนเป็นพัลส์ความถี่ประมาณ 20 กิโลเฮิร์ต โดยมีมอสเฟตกำลังของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ และมีไอซี SG3526 ทำการควบคุมความถี่และคาบเวลาในการนำกระแสของมอสเฟตกำลังตามข้อมูลที่ป้อนกลับจากเอาต์พุทของสวิทชิงกำลัง ด้วยแรงดันไฟตรงที่เอาต์พุทของสวิทชิงกำลังในสภาวะที่ไม่มีโหลดจะมีค่าอยู่ที่ 250 โวลต์ ที่ให้กำลังวัตต์สูงสุดประมาณ 2.5 กิโลวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLASMA ARC CUTTING MACHINE

Phairat Klonmuangpax

Pornchai Suwannapax

Somsak Cheersirikul Advisor

2001

ABSTRACT

This paper presented the components of Plasma are cutting machine and test report in the path of power switching. Initially the rectifier and filter circuit transform the alternating current 220 Volts 50 Hz to direct current 311 Volts. Subsequently the direct current will be changed to high frequency pulses (20kHz) by the MOSFET 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). That about power 2.5 kW.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VII

บทที่ 1 เครื่องเชื่อมและตัดโลหะด้วยล้าพลาสมาไฟฟ้า	1
1.1 พลาสมาคืออะไร	1
1.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าพลาสมา	1
1.2.1 ความได้เปรียบของเครื่องเชื่อมพลาสมาไฟฟ้า	2
1.2.2 แก๊สพลาสมา	2
1.2.3 แก๊สเชื้อเพลิงพลาสมา	3
1.2.4 แก๊สปกคลุมพลาสมา	3
1.2.5 เครื่องประกอบของเครื่องตัดพลาสมา	3
1.2.6 เครื่องจ่ายกำลังของเครื่องเชื่อมพลาสมา	4
1.2.7 การต่อแหล่งจ่ายกำลังขนาดเล็ก	4
1.2.8 ค่าเข้าที่พู่ที่ใช้งานของเครื่องเชื่อมพลาสมา	4
1.2.9 หัวเชื่อมพลาสมา	4
1.2.10 เทคนิคการเชื่อมด้วยพลาสมา	5
1.2.11 เทคนิคการหลอมละลาย	5
1.2.12 เทคนิคการเจาะทะลุเป็นรูปกุญแจ	5
1.2.13 ตารางค่าตัวแปรต่างๆ ของเครื่องเชื่อมพลาสมา	6
1.3 เครื่องตัดพลาสมา	6
1.3.1 ทำไมจึงใช้พลาสมาในการตัด	6
1.3.2 ความเร็วในการตัด	7
1.3.3 องค์ประกอบของเครื่องตัดพลาสมา	7
1.3.4 หัวตัดพลาสมา	7
1.3.5 ควบคุมเครื่องตัดพลาสมา	8
1.3.6 แหล่งจ่ายกำลังของเครื่องตัดพลาสมา	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
1.3.7 การทำงานของเครื่องอาร์คพลาสมา	8
1.3.8 การปรับแต่งเครื่องตัดพลาสมา	9
1.3.9 พลาสมาคู่	9
1.3.10 เครื่องตัดพลาสมาที่ใช้น้ำปกคลุม	9
1.3.11 เครื่องตัดพลาสมาที่มีน้ำอัดฉีด	10
1.3.12 แก๊สเชื้อเพลิงพลาสมา	10
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของสวิทชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	11
2.1 วงจรเรียงกระแสและกรองกระแส	11
2.1.1 ไดโอดเรียงกระแส	11
2.1.2 ตัวเก็บประจุกรองกระแส	12
2.2 วงจรคอนเวอร์เตอร์	14
2.2.1 ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์	14
2.2.2 ฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์	15
2.2.3 พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์	16
2.2.4 ฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์	17
2.2.5 พูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์	18
2.3 วงจรควบคุม	18
2.3.1 วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดัน	19
2.3.2 วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส	20
2.4 วงจรขับ	22
2.4.1 วงจรขับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์	22
2.4.2 วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต	24
2.5 วงจรสแน็บเบอร์	27
2.5.1 วงจรสแน็บเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส	28
2.5.2 วงจรสแน็บเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน	30
2.6 อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	31
2.6.1 ฟาสต์-รีคัพเวอร์และอูลตราฟาสต์-รีคัพเวอร์ไดโอด	32
2.6.2 ซอตตี้ไดโอด	32
2.6.3 เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์	32
2.6.4 เพาเวอร์มอสเฟต	34

	หน้า
บทที่ 3 หลักการทำงาน	35
3.1 ส่วนวงจรควบคุม	35
3.2 ส่วนเพาเวอร์สวิทชิง	40
3.3 วงจรเรียงกระแสและวงจรกรองกระแสทางด้านอินพุต	41
3.4 ส่วนของอินเวอร์เตอร์	41
3.5 ส่วนที่เป็นวงจรสับเบอร์	41
3.6 การออกแบบหม้อแปลงความถี่สูง	44
3.7 วงจรแรงดันสูง	45
3.8 วงจรควบคุมการจุด / ดับพลาสมา	46
บทที่ 4 การทดสอบการทำงาน	47
4.1 การตรวจวัดรูปสัญญาณที่จุดต่างๆ ในวงจร	47
4.2 การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติต่างๆ ของเครื่องสวิทชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	50
4.3 ผลการทดลองของเครื่องตัดโลหะพลาสมาไฟฟ้า	51
บทที่ 5 สรุป	53
ภาคผนวกที่ 1 ตารางแสดงค่าตัวแปรต่างๆ ของเครื่องเชื่อมและตัดพลาสมาไฟฟ้า	
ภาคผนวกที่ 2 แสดงรายละเอียดของวงจรเครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงวงจรกรองกระแส	13
รูปที่ 2.2 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์	14
รูปที่ 2.3 แสดงวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์	15
รูปที่ 2.4 แสดงวงจรพุก-พุก คอนเวอร์เตอร์	16
รูปที่ 2.5 แสดงวงจรฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์	17
รูปที่ 2.6 แสดงวงจรฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์	18
รูปที่ 2.7 แสดงวงจรพื้นฐานในโหมดควบคุมแรงดัน	19
รูปที่ 2.8 แสดงรูปสัญญาณที่จุดต่างๆ ในวงจรควบคุม	20
รูปที่ 2.9 แสดงวงจรพื้นฐานของวงจรควบคุมในโหมดควบคุมกระแส	21
รูปที่ 2.10 แสดงวงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสคงที่แบบเบเกอร์แคลมป์	23
รูปที่ 2.11 แสดงวงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสเป็นสัดส่วนกับกระแสคอลเล็กเตอร์	24
รูปที่ 2.12 แสดงการขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยไอซี TTL แบบต่างๆ	25
รูปที่ 2.13 แสดงการขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยไอซี CMOS	26
รูปที่ 2.14 แสดงวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยหม้อแปลง	27
รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะกระแสและแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์	28
รูปที่ 2.16 แสดงวงจรสับเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส	28
รูปที่ 2.17 แสดงวงจรสับเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน	30
รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์	33
รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟต	34
รูปที่ 3.1 แสดง BLOCK DIAGRAM ของเครื่อง SWITCHING POWER SUPPLY	35
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรควบคุม	36
รูปที่ 3.3 แสดง BLOCK DIAGRAM ของภาคควบคุม PWM	37
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรขับสัญญาณให้กับขา GATE ของ POWER MOSFET	39
รูปที่ 3.5 แสดง BLOCK DIAGRAM ของวงจรส่วน CONVERTOR	40
รูปที่ 3.6 วงจร INVERTOR ที่มีส่วนของ RCD สับเบอร์	42
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรภาคเพาเวอร์	43
รูปที่ 4.1 รูปแสดงสัญญาณพื้นฐานซึ่งเป็นฐานเวลาในการสร้างพัลส์	47
รูปที่ 4.2 รูปแสดงสัญญาณพัลส์ที่เอาต์พุต A และ B ของไอซี SG3526	48
รูปที่ 4.3 สัญญาณพัลส์ที่ขดปฐมภูมิของ COUPLING TRANSFORMER	49

เอกสารที่ 4.4 รูปแสดงสัญญาณพัลส์ที่ขาเกตของเพาเวอร์มอสเฟตนั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ 49 การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 ความเร็วในการตัดเหล็กผสมคาร์บอน โดยใช้เครื่องตัด โลหะพลาสมาไฟฟ้า

หน้า

51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

เครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา

1.1 พลาสมาคืออะไร

การเกิดพลาสมานั้นเป็นเรื่องราวเกี่ยวกับการแตกตัวของอะตอมแก๊สที่ไหลผ่านกระบวนการอาร์คไฟฟ้า แต่ถ้าเราทำการทดลองสร้างพลาสมาในสุญญากาศแล้วจะปรากฏผลเกิดพลาสมาที่ไม่มีแก๊สปะปนอยู่แต่พลาสมาจะเกิดจากอิเล็กตรอนแทนที่เราเรียกว่า แก๊สอิเล็กตรอน

1.2 เครื่องอาร์คไฟฟ้าพลาสมา (Plasma Arc Welding : PAW)

เครื่องอาร์คไฟฟ้าพลาสมานั้นมีคุณสมบัติทางความร้อนและความรุนแรงสูงกว่าเครื่องอาร์คที่ใช้แก๊สธรรมดาทั่วไป เช่น เครื่องอาร์คแก๊สทังสเตน (Tungsten Inert-Gas : TIG) เครื่องอาร์คแก๊สโลหะ (Metal Inert-Gas : MIG) ซึ่งโดยปกติแล้วอุณหภูมิของพลาสมานั้นจะอยู่ที่ $21,000^{\circ}\text{f}$ ($11,650^{\circ}\text{c}$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นความร้อนที่สูงมากทีเดียว

การต่อใช้งานของเครื่องพลาสมานั้นจะต่อได้ 2 ลักษณะ คือ แบบส่งผ่าน (Transferred arc) และแบบไม่ส่งผ่าน (Nontransferred arc) ก่อนจะกล่าวถึงการต่อใช้งานทั้ง 2 แบบนั้นเราจะเริ่มต้นการจุดระเบิดพลาสมาก่อน คือ เมื่อเริ่มปล่อยแก๊สที่ลำเลียงจากถังมาสู่หัวตัดแล้วจากนั้นทำการตั้งค่ากระแสที่เครื่องแหล่งจ่ายกำลังค่าหนึ่งลำดับต่อไปให้ทำการจุดพลาสมาด้วยการอาร์คด้วยแรงดันความถี่สูง (High Frequency Arc Starting) ซึ่งลำดับขั้นตอนจะเหมือนกับการจุดของเครื่องแก๊สทังสเตน

การใช้เครื่องตัดพลาสมานั้นสามารถต่อใช้งานได้ 2 รูปแบบ คือ แบบส่งผ่านและไม่ส่งผ่าน แบบส่งผ่านนั้นหมายความว่ากระแสจากแหล่งจ่ายกำลังนั้นไหลผ่านจากแท่งอิเล็กโทรดที่อยู่ภายในหัวตัดมายังปากท่อของหัวตัด และส่งต่อไปให้กับชิ้นงานและไหลกลับเข้าสู่แหล่งจ่ายกำลังอีกครั้งหนึ่งครบวงจร ส่วนในแบบไม่ส่งผ่านนั้นจะหมายถึงกระแสจากแหล่งจ่ายกำลังไหลจากแท่งอิเล็กโทรดภายในหัวตัดและไหลผ่านปากท่อของน็อนเชิลล์และกลับเข้าสู่แหล่งจ่ายกำลังครบวงจร เห็นได้ว่าทั้งสองแบบนี้แตกต่างกันตรงที่กระแสไหลผ่านสู่ชิ้นงานหรือไม่เท่านั้นและเรานิยมเรียกการต่อแบบส่งผ่านว่าแบบ “พลาสมาอาร์ค” และในแบบไม่ส่งผ่านนั้นเรียกว่า “พลาสมา เจ็ท” ในแบบส่งผ่านนั้นจะเป็นที่นิยมใช้งานตัด โลหะมากกว่าแบบไม่ส่งผ่าน

ในส่วนของการปรับเปลวพลาสมาให้มีลักษณะกรวยบางนั้นสามารถปรับแต่งอัตราไหลของแก๊สที่ป้อนบริเวณส่วนบนของหัวตัดซึ่งการปรับนั้นเราควรที่จะปรับแต่งให้เปลวที่ออกมามีลักษณะเป็นเส้นตรงหรือทรงกระบอกและส่วนปลายเป็นกรวยและนี่ก็เป็นเหตุผลหนึ่งที่หัวตัดของพลาสมามีลักษณะเป็นน็อนเชิลล์เซรามิกที่ปากท่อบีบแคบ เพราะมันจะช่วยให้เกิดพลาสมาเป็นลำและมีความร้อนสูงได้ดี และเมื่อเราได้ทำการเพิ่มจำนวนของกระแสและแรงดันจากแหล่งจ่ายกำลังจะทำให้พลาสมานั้นมีความแรงสูงขึ้นอีก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.1 ความได้เปรียบของเครื่องตัดพลาสมา

ความได้เปรียบกว่าเครื่องตัดธรรมดาที่มีอยู่หลายประการอันจะแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1. การปรับปรุงถึงเรื่องของการควบคุมความร้อนที่ให้กับชิ้นงานได้โดยตรง โดยที่ปราศจากความเลอะเทอะในบริเวณรอบข้าง
2. การรักษาระยะการตัด ได้คงที่และสามารถยืนห่างจากชิ้นงาน ได้มากกว่าเนื่องจากผู้ตัดส่วนใหญ่ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการรักษาระดับทิศทางตำแหน่ง และระยะของการตัดซึ่งในแบบเก่านั้นต้องยืนทำงานเป็นระยะใกล้มาก
3. พลาสมานั้นจะมีความไวต่ำของการเปลี่ยนขนาดบ่อเชื่อมต่อการเปลี่ยนระยะการเชื่อมซึ่งมักจะเกิดขึ้นเมื่อเราเคลื่อนมือในการเชื่อมหรือตัดจึงอาจกล่าวได้ว่ามีความราบเรียบในการตัดสูงก็ได้
4. จากข้อได้เปรียบของระยะห่างในการทำงานที่มากกว่านั้นทำให้ลดอันตรายที่เกิดจากการกระเด็นของเศษโลหะที่เราทำการเชื่อมหรือตัด โดยเฉพาะเมื่อเรามีชิ้นงานเป็นสเตนเลส , อะลูมิเนียม และไททานเนียม หรือในสถานที่ที่มีความเสี่ยงสูง เช่น ในโรงพลังนิวเคลียร์ , ท่อในโรงงานเคมี หรือในอวกาศยาน
5. จากเหตุผลที่ว่าพลาสมามีความร้อนที่สูงมากทำให้ความเร็วในการตัดหรือเชื่อมนั้นเร็วมาก จึงส่งผลให้การกระจายความร้อนใน โลหะมีจำกัดในวงแคบๆ
6. โอกาสในการกระเด็นของอิเล็กทรอดที่หลอมละลายนั้นมีต่ำเพราะแท่งอิเล็กทรอดของหัวตัดพลาสมานั้นจะบรรจุอยู่ในน็อนเซิลันเซรามิค ซึ่งแตกต่างกับหัวตัดทั้งสแตนที่มีแท่งอิเล็กทรอดไหลออกมาจากปากท่อ
7. สามารถบังคับเหล็กที่หลอมละลายหรือการเจาะ โดยวิธีซีโฮลได้
8. สามารถเชื่อมหรือตัดได้ทั้งแนวราบและเหนือศีรษะ

แต่ในความได้เปรียบหลายประการของพลาสมานั้นก็ยังมีข้อด้อยที่สำคัญประการหนึ่ง คือ เรื่องของราคาต้นทุนที่สูงและปัญหาอายุการใช้งานที่สั้นของเซรามิคน็อนเซิลันอันเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงของพลาสมานั้นเอง และแก๊สที่ใช้มีราคาสูงซึ่งสิ่งทั้งสองนั้นเป็นสิ่งจำเป็นของกระบวนการอันไม่อาจจะขาดสิ่งใดสิ่งหนึ่งไปได้

1.2.2 แก๊สพลาสมา

เราสามารถใส่แก๊ส 2 ชนิดที่อยู่ในแต่ละถังในการใช้งานได้พร้อมกัน ซึ่งแก๊สอันหนึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในการกำเนิดพลาสมาและอีกอันหนึ่งใช้ปกคลุมผิวชิ้นงานจากบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.3 แก๊สเชื้อเพลิงพลาสติก

ในกระบวนการพลาสติกนั้นประกอบด้วยอิเล็กทรอนิกส์จากแหล่งจ่ายกำลังและไอออนของแก๊ส ซึ่งทั้งสองนั้นจะทำปฏิกิริยาทางเคมีป้องกันการเกิดออกไซด์อันเป็นสาเหตุของการเกิดสนิมในที่นี้สมมุติว่าใช้อาร์กอนเป็นแก๊สเชื้อเพลิง ในการใช้งานจริงนั้นเราจะเลือกอาร์กอนมาใช้งานแทนที่ฮีเลียม เพราะราคาถูกกว่าและฮีเลียมมีปัญหาในการจุดพลาสติกได้ลำบาก

ในการตัดนั้นความเร็วในการตัดจะขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสจากแหล่งจ่ายกำลังและอัตราการไหลของแก๊ส กล่าวคือ อัตราการไหลของแก๊สถ้าไหลช้าการเจาะโลหะจะทำให้ยากและต้องใช้เวลาาน เพราะปริมาณการเกิดพลาสติกต่อวินาทีมีน้อยนั้น หมายถึงความร้อนต่ำด้วยเพราะฉะนั้นเราควรพิจารณาความหนาของชิ้นงานและธาตุที่มีอยู่ในชิ้นงานเป็นหลักยกตัวอย่างเช่น ในกรณีเรามาชิ้นงานที่เป็นโลหะบางๆ เราควรใช้อัตราแก๊สที่ต่ำเพื่อลดความเสี่ยงเปลืองหรือชิ้นงานเป็นโลหะประเภทอะลูมิเนียม หรือ ทองแดงซึ่งโลหะทั้งสองนี้เป็นชนิดที่มีการนำความร้อนสูง เราควรที่จะใช้แก๊สในอัตราที่สูงเพื่อจะได้ตัดอย่างรวดเร็ว เพื่อความสะดวกอาจตั้งค่าตัวแปรในกระบวนการตามตารางที่ให้ประกอบมาก็ได้

1.2.4 แก๊สปกคลุมพลาสติก

ในขณะที่ทำการตัดด้วยพลาสติกนั้น ถ้าพลาสติกจะไหลพุ่งออกจากอิเล็กทรอนิกส์และในขณะที่เดียวกันก็จะมีแก๊สปกคลุมไหลออกมารอบๆ อิเล็กทรอนิกส์ปกคลุมชิ้นงานไว้และในระยะเวลาอันสั้นเพียงเสี้ยววินาทีแก๊สปกคลุมจะเกิดไอออไนซ์โดยความร้อนจากพลาสติก ส่วนที่เหลือจึงกลายเป็นแก๊สธรรมดาปกคลุมชิ้นงานป้องกันการเกิดออกไซด์ แก๊สปกคลุมที่ใช้ในกระบวนการเชื่อมธรรมดาที่สามารถที่จะนำมาใช้ในกระบวนการพลาสติกได้ ตัวอย่างเช่น อาร์กอน , ฮีเลียม หรือเป็นการผสมของแก๊สทั้งสองก็ได้

1.2.5 เครื่องประกอบของเครื่องตัดพลาสติก

นอกเหนือจากนี้อินเซอร์ที่ต่างกันและแก๊สที่ใช้มี 2 ชนิดแล้วนั้น ที่เหลือจะมีองค์ประกอบที่เหมือนกับเครื่องเชื่อมทั้งสแตนทั้งหมด

เครื่องเชื่อมหรือตัดพลาสติกนั้นมีอุปกรณ์สำคัญอยู่อย่างหนึ่งที่ขาดไม่ได้นั่นคือ กล้องควบคุมปริมาณและกระแสของเครื่องจ่ายกำลังโดยจะมีลักษณะเป็นกล่องแยกกับตัวเครื่องจ่ายกำลัง กล้องนี้จะมีหน้าปัดแสดงถึงค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับงานในขณะนั้น ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่มีประโยชน์มาก เพราะเราสามารถที่จะตั้งค่าของอัตราของแก๊สที่จะใช้และปริมาณน้ำหล่อเย็นด้วย

หัวเชื่อมพลาสติกทั้งหลายในปัจจุบันนี้จะมีสายไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายกำลังและมีท่อส่งแก๊สที่ต่อกับถังแก๊สทั้งแก๊สเชื้อเพลิงและแก๊สปกคลุมต่ออยู่บริเวณปลายทางหางของหัวเชื่อม และในส่วนบนของหัวเชื่อมจะมีปุ่มควบคุมทั้งปริมาณของการไหลของแก๊สและมีปุ่มการจุดพลาสติกด้วยทำให้มีความสะดวกในระหว่างการทำงาน

1.2.6 เครื่องจ่ายกำลังของเครื่องเชื่อมพลาสมา

โดยส่วนมากแล้วแหล่งจ่ายกำลังจะเป็นลักษณะของไฟฟ้ากระแสตรง สาเหตุนี้เป็นเพราะการบำรุงรักษาง่ายกว่าการใช้กระแสสลับและสาเหตุที่สำคัญอีกอย่างนั้นเพราะไฟฟ้ากระแสสลับมีรูปคลื่นเป็นแบบไซเคิลทุกๆ 1 ไซเคิลจะมีจุดที่กระแสมีค่าเป็นศูนย์ทำให้มีกระแสทางเข้าที่พู่ไม่คงที่ จุดที่แตกต่างกันของแหล่งจ่ายกำลังของพลาสมาและทั้งสแตนด์บายคือค่าโวลต์เตทางเข้าที่พู่ของพลาสมาในขณะที่เปิดวงจรนั้นมีค่าสูงประมาณ 200-400 โวลต์ และแรงดันที่ตกคร่อมจิ้งจางในขณะที่เชื่อมมีค่าประมาณ 80 โวลต์

1.2.7 การต่อแหล่งจ่ายกำลังขนาดเล็ก

ในหัวข้อนี้เราจะพิจารณาถึงการต่อแหล่งจ่ายกำลังขนาดเล็กที่มีกำลังงานทางเข้าที่พู่ต่ำให้สามารถทำงานกับกระบวนการของพลาสมาที่ต้องการกำลังงานทางเข้าที่พู่สูง ในกรณีที่เรามีแหล่งจ่ายกำลังขนาดเล็กจำนวนที่มากกว่าหนึ่งตัวนั้น เราสามารถที่จะเพิ่มกำลังงานทางเข้าที่พู่โดยนำเอาเข้าที่พู่ของแหล่งจ่ายแต่ละตัวมาต่อร่วมกันและจะแยกพิจารณา 2 กรณี คือ กรณีแรกเป็นการเพิ่มค่าแรงดันจะทำได้โดยการต่อเข้าที่พู่ของแหล่งจ่ายกำลังในแบบอนุกรมกัน ซึ่งแรงดันรวมของเข้าที่พู่ (ที่รวมกันแล้ว) จะเท่ากับผลรวมของค่าแรงดันแต่ละตัวรวมกัน ส่วนในกรณีของการเพิ่มกระแสที่เราทำได้โดยการต่อเข้าที่พู่ของแหล่งจ่ายแต่ละตัวในลักษณะขนานรวมของเข้าที่พู่ (ที่รวมกันแล้ว) จะเท่ากับผลรวมค่ากระแสของแหล่งจ่ายกระแสรวม

การต่อเข้าที่พู่แหล่งจ่ายแบบผสมกันทั้งอนุกรมและขนานกันก็สามารถทำได้ และสิ่งที่ผู้ใช้งานจะลืมไม่ได้ อย่างหนึ่ง คือ เมื่อเราได้ทำการเพิ่มกระแสและแรงดันทางเข้าที่พู่แล้วนั้น จะส่งผลทำให้เกิดปัญหาสายไฟที่เราใช้เชื่อมต่อระหว่างแหล่งจ่ายกับหัวเชื่อมร้อนและละลายได้ซึ่งเป็นอันตรายอย่างยิ่งไม่ควรมองข้ามสิ่งนี้ไป

1.2.8 ค่าเข้าที่พู่ที่ใช้งานของเครื่องเชื่อมพลาสมา

โดยมากแล้วแหล่งจ่ายกำลังของเครื่องเชื่อมพลาสมานั้น จะมีค่าเข้าที่พู่เป็นกิโลวัตต์ เช่น 250 แอมแปร์ 200 โวลต์ มีกำลังงานเท่ากับ 50 กิโลวัตต์ เป็นต้น แต่ก็มีเครื่องบางเครื่องที่แสดงค่าเข้าที่พู่แยกเป็นจำนวนกระแส และจำนวนแรงดัน แต่เราก็สามารถที่จะหาค่าของกำลังงานทางเข้าที่พู่ได้โดยนำค่ากระแสและแรงดันทางเข้าที่พู่มาทำการคูณกับผลคูณจะเป็นค่ากำลังงานทางเข้าที่พู่นั่นเอง

1.2.9 หัวเชื่อมพลาสมา

นีออนเซิลินเป็นส่วนสำคัญที่สุดของหัวเชื่อมพลาสมาเพราะเส้นผ่านศูนย์กลางของปากนีออนเซิลินนั้นเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของลำพลาสมาอาร์คซึ่งอยู่ภายในนีออนเซิลินทำให้เกิดการรวมตัวกันของพลังงานเพื่อปลดปล่อยลำพลาสมาออกมาใช้งานโดยจะมีลักษณะที่ตีบ อย่างไรก็ตามคุณสมบัติที่สูงของพลาสมาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าก็จะส่งผลกระทบต่อนีออนเซิลินโดยตรง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลเหล่านี้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวเชื่อมพลาสติกมีการใช้งานทั้งแบบส่งผ่าน (การอาร์คเกิดขึ้นระหว่างอิเล็กโทรดและชิ้นงาน) และไม่ส่งผ่าน (การอาร์คเกิดขึ้นระหว่างอิเล็กโทรดและนิออนเซิลัน) ในแบบไม่ส่งผ่านน้ำลำพลาสติกจะออกมาในลักษณะกรวยที่พุ่งออกมาและมีความร้อนต่ำเพราะการเกิดพลาสติกในแบบไม่ส่งผ่านนั้นมีลักษณะเหมือนการพ่นละอองแก๊สเผาไหม้ออกมาทำให้ความหนาแน่นของพลังงานและความร้อนต่ำจึงเหมาะที่จะใช้งานกับแผ่นโลหะที่มีความหนาไม่มาก ในแบบส่งผ่านนั้นเป็นการใช้งานที่มีความร้อนออกมามากเพราะลำพลาสติกพุ่งออกมาเป็นลักษณะทรงกระบอกลำเล็กๆ และอิเล็กตรอนที่อยู่ภายในชิ้นงานสามารถกระโดดเข้าหาแก๊สอิเล็กโทรดของหัวเชื่อมได้สะดวกจึงเกิดพลังงานที่บริเวณชิ้นงานสูง

1.2.10 เทคนิคการเชื่อมด้วยพลาสติก

เทคนิคการเชื่อมนี้จะใช้กับการเชื่อมด้วยมือเท่านั้นและไม่ยุ่งยากเพราะระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับผู้เชื่อมนั้นมีมากพอสมควรจึงหลีกเลี่ยงอันตรายที่มีต่อผู้เชื่อมและอิเล็กโทรดของหัวเชื่อมที่บางครั้งอาจไปกระแทกกับชิ้นงานที่กำลังละลายอยู่ได้

1.2.11 เทคนิคการหลอมละลาย

วิธีนี้เป็นการเชื่อมโดยที่ทำให้โลหะที่จะนำมาเชื่อมหลอมละลายและค่อยๆ ที่มลวดประสานหรือฟลักลงไปในเหล็กที่ละลายอยู่

1.2.12 เทคนิคการเจาะทะลุเป็นรูกุญแจ

เป็นอีกวิธีหนึ่งในการเชื่อมหรือตัดชิ้นงานด้วยเครื่องพลาสติก วิธีนี้เหมาะกับชิ้นงานที่มีความหนาไม่มากหรือแผ่นโลหะบางๆ และในวิธีนี้เราจะไม่ใช่ลวดประสานหรือฟลักใดๆ เพราะเราจะต้องแช่หัวเชื่อมหรือหัวตัดไว้จนโลหะละลายและทะลุในที่สุด รุจะมีลักษณะเหมือนกับกุญแจจึงเรียกว่าเทคนิคเจาะทะลุแบบรูกุญแจเมื่อเกิดรูขึ้นเราจะนำลำพลาสติกที่อยู่ภายในรูลากตรงไปตามแนวเชื่อมโลหะที่หลอมละลายจะไหลอยู่รอบๆ รูกุญแจและจะเกิดเป็นแนวเชื่อมขึ้นแต่ควรระวังในการเคลื่อนหัวเชื่อมอย่างเคลื่อนไปเร็วเกินไปเพราะจะทำให้เกิดแนวเชื่อมที่เล็กเกินไปและสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือหัวเชื่อมควรวางในแนวตั้งฉากกับชิ้นงานเสมอเพื่อป้องกันนิออนเซิลันแตกร้าวส่วนในเรื่องของแก๊สที่ใช้ในการเชื่อมนั้นจะต้องมีอัตราไหลสูงกว่าวิธีหลอมละลายเพราะการที่จะให้เกิดรูกุญแจนั้นจำเป็นต้องใช้ความร้อนสูงมาก ขนาดของโลหะที่จะนำมาใช้นั้นควรหนาประมาณ 6 มม. หรือบางกว่านั้น แต่ถ้ากรณีที่ชิ้นงานมีความหนามากกว่า 6 มม. แล้วเราก็ยังสามารถใช้วิธีนี้ได้แต่ต้องปรับค่ากระแสจากแหล่งจ่ายกำลังให้มีค่ามากขึ้นกว่าเดิมตามความเหมาะสม

1.2.13 ตารางค่าตัวแปรต่างๆ ของเครื่องเชื่อมพลาสมา

สมาคมการเชื่อมอเมริกัน ได้จัดทำสิ่งตีพิมพ์ขึ้น โดยมีรายละเอียดที่สำคัญ คือ “แนะนำวิธีปฏิบัติเมื่อใช้เครื่องเชื่อมพลาสมา” ในสิ่งที่พิมพ์ดังกล่าวจะพูดถึงสิ่งที่ควรรู้เบื้องต้นในการใช้พลาสมาเช่น ขนาดสายถ่านไฟฉายที่ต้องใช้ถ่านไฟฉายกระแสหรือแก๊ส , ค่าของกระแส, ขนาดชิ้นงานที่จะใช้ , อัตราการไหลของแก๊ส เป็นต้น

ก่อนที่จะเราจะใช้ตารางเพื่อตั้งค่าองค์ประกอบให้เหมาะสมนั้นเราควรที่จะต้องรู้ก่อนว่าระบบเครื่องเชื่อมนั้นเป็นแบบอัตโนมัติหรือใช้มือ ภายในตารางจะมีข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้งานดังต่อไปนี้ ค่ากระแส , ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของนิออนเซิลัน (ปากท่อ) , อัตราการไหลของแก๊สพลาสมา แก๊สเชื้อเพลิงนั้นเป็นอาร์กอนเสมอส่วนแก๊สปกคลุมนั้นอาจจะเป็นอาร์กอน, อาร์กอน-ฮีเลียม หรือเป็นอาร์กอนผสมไฮโดรเจน แต่ต้องไม่ใช่ฮีเลียมบริสุทธิ์เพราะการจุดพลาสมาที่ลำบากและรักษาระดับการเชื่อมได้ไม่คงที่ การเลือกชนิดของแก๊สปกคลุมนั้นจะขึ้นอยู่กับกระแสที่ให้กับโหลดและความหนาของชิ้นงานและก่อนใช้งานจริงควรทดลองสักเล็กน้อยก่อนทำงานจริงจะป้องกันความผิดพลาดได้

1.3 เครื่องตัดพลาสมา (Plasma Arc Cutting : PAC)

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

1.3.1 ทำไมจึงใช้พลาสมาในการตัด

พลาสมาสามารถตัดชิ้นงานเป็นจำนวนมากได้ในเวลารวดเร็ว ทำมุมในการตัดและเจาะได้ดี ในการใช้งานความร้อนที่ใช้ชิ้นงานนั้นมีน้อยกว่าเครื่องตัดออกซิเจนต่างๆ ที่พลาสมานั้นร้อนกว่านั้นเป็นเพราะพลาสมาตัดด้วยความเร็วที่สูงกว่าจึงมีความร้อนสะสมน้อยกว่าบนชิ้นงานแต่อีกอย่างหนึ่งคือพลาสมามีปัญหาเรื่องไอที่ลอยออกมาจากคลองเลื่อยซึ่งเป็นสาเหตุที่สร้างความเย็นในการตัดได้ แต่อย่างไรก็ตามพลาสมายังได้รับความนิยมใช้ในอุตสาหกรรมที่มีการตัดแบบอัตโนมัติที่ชิ้นงานจำนวนมากและที่มีความเร็วโค้งหรือรูปร่างต่างๆ

อย่างไรก็ตามในส่วนน้อยเท่านั้นที่ใช้งานแบบมือเพราะเสียงที่เกิดจากพลาสมาเจ็สนั้นดังมากและในขณะที่ตัดนั้นจะเกิดควันมากมายซึ่งนับว่าเป็นปัญหาสำคัญในการควบคุมแต่ปัญหาดังกล่าวนั้นไม่มีต่อการตัดแบบอัตโนมัติ วิธีที่แก้ปัญหความร้อนเสียงรบกวนและควันนั้นยังมีคือ ทำการตัดบน โต๊ะที่มีน้ำขังอยู่ น้ำบนโต๊ะจะสัมผัสกับผิวด้านล่างของชิ้นงานซึ่งเป็นที่พักของควันและจีโโลหะ ส่วนเสียงรบกวนที่เกิดจากลำพลาสมาได้คลองเลื่อยนั้นจะถูกน้ำดูดซับเสียงไปแต่ก็ยังไม่หมดทางที่คิดควรสวมเครื่องป้องกันไว้ด้วย

1.3.2 ความเร็วในการตัด

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

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

1.3.3 องค์ประกอบของเครื่องตัดพลาสติก

เครื่องตัดพลาสติกมีความต้องการหัวตัด , แหล่งจ่ายกำลัง , ระบบน้ำหล่อเย็นที่สะอาดเป็นสิ่งสำคัญ

1.3.4 หัวตัดพลาสติก

หัวตัดพลาสติกนั้นประกอบด้วย แกนจับอิเล็กทรอนิกส์ , แหล่งอิเล็กทรอนิกส์ ที่บรรจุภายในนอนเซิลัน , ระบบน้ำหล่อเย็นที่ระบายความร้อนให้อิเล็กทรอนิกส์ และนอนเซิลัน และแก๊สพลาสติกที่ไหลพุ่งรอบๆ อิเล็กทรอนิกส์ใช้ผลิตลำพลาสติกออกจากปากนอนเซิลัน นอนเซิลันนั้นจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหลายขนาดแล้วแต่ว่าจะนำมาประกอบกับหัวตัดรุ่นใด เส้นผ่านศูนย์กลางของปากนอนเซิลัน จะขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสที่ใช้ตัด เช่นเมื่อใช้กระแสในการตัดสูงก็ควรใช้เส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่ เป็นต้น

ในการเลือกใช้นอนเซิลันแบบชั้นเดียว (Single - port) หรือหลายชั้น (Multiple-port) ในการทำงานนั้นสามารถใช้ได้ทั้งคู่แต่มีความแตกต่างกันคือแบบหลายชั้นนั้นจะสนับสนุนการไหลของแก๊สปกคลุมรอบๆ แก๊สพลาสติกที่ใช้เป็นหลักอยู่ และแก๊สทั้งสองจะไหลพุ่งผ่านปากท่อหลัก (ท่อแกนกลางในสุด) ด้วยอัตราการไหลของแก๊สที่เร็วมากเมื่อเทียบกับหน่วยพื้นที่หรืออาจกล่าวอีกอย่างว่าอัตราไหลเร็วเท่ากับซูเปอร์โซนิค (เร็วกว่าเสียง) ด้วยเหตุผลนี้จึงไม่แปลกที่พลาสติกนั้นมีเสียงรบกวนที่สูงมาก จึงเป็นข้อเสียของหัวหลายชั้นแต่ข้อดีก็คือที่ความเร็วในการตัดเท่ากันนั้นคุณภาพการตัดจะดีกว่าการใช้หัวชั้นเดียว

1.3.5 ควบคุมเครื่องตัดพลาสติก

กล่องควบคุมเครื่องตัดพลาสติกนั้นจะประกอบด้วย วาล์วโซลินอยด์ที่ใช้ในการเปิดปิดแก๊สและน้ำหล่อเย็น ที่ตัวกล่องนี้จะมีหน้าปัดบอกปริมาณเพื่อความสะดวกในการปรับแต่งค่าอัตราการไหลของแก๊สและน้ำหล่อเย็นเพื่อใช้งานที่หลากหลาย และมีสวิทช์เพื่อเปิดและปิดการทำงานของเครื่องและในแบบกล่องควบคุมที่มีโปรแกรมควบคุมอัตโนมัติจะมีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อเราใช้งานที่กระแสสูงนั้นกล่องควบคุมจะคอยตรวจสอบว่าอัตราไหลของน้ำหล่อเย็นนั้นไหลต่ำกว่าระดับความปลอดภัยที่กำหนดหรือไม่ ถ้าต่ำกว่ากล่องควบคุมจะทำการเพิ่มอัตราไหลน้ำหล่อเย็นให้เร็วขึ้นโดยอัตโนมัติ และในทางกลับกันก็จะปรับให้ต่ำลงอัตโนมัติเมื่อใช้กระแสต่ำในการตัด

1.3.6 แหล่งจ่ายกำลังของเครื่องตัดพลาสติก

แหล่งจ่ายกำลังที่จะนำมาใช้งานกับเครื่องตัดพลาสติกนั้นจะต้องออกแบบพิเศษ โดยที่จะต้องให้เอาท์พุทเปิดวงจรอยู่ในช่วง 120-400 โวลท์ (แตกต่างกับแหล่งจ่ายกำลังของเครื่องเชื่อมพลาสติกอยู่ประมาณ 70-85 โวลท์) หลักสำคัญที่จะมากำหนดขนาดของแหล่งจ่าย คือ ชนิด และความหนาของโลหะที่จะนำมาตัด ความเร็วที่ต้องการในการตัด กระแสคงที่และค่าแรงดันที่ตกคร่อมในขณะที่ตัดชิ้นงาน

เครื่องตัดพลาสติกที่ใช้ในโหมด DCSP อิเล็กทรอดต่อขั้วลบของแหล่งจ่ายกำลังต่อใช้งานแบบส่งผ่าน ในงานที่ต่อลักษณะนี้นั้นเมื่อนำไปใช้กับงานหนักๆ แล้วระบบต้องการแรงดันเปิดวงจรถึง 400 โวลท์ เพื่อใช้เจาะโลหะที่หนาประมาณ 2 นิ้ว (51 มม.) ที่เครื่องตัดที่ใช้มือตัดและที่กระแสต่ำ ระบบต้องการแรงดันเมื่อเปิดวงจรประมาณ 120-200 โวลท์ ในกรณีที่เป็นเครื่องเซาะร่องด้วยแล้วนั้นแรงดันจะจ่ายให้ชิ้นงานในขณะที่ทำงานควรปรับได้ด้วยเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นให้รับกับชิ้นงานหลากหลายชนิด ผู้ผลิตเครื่องเชื่อมทั้งหลายนั้นส่วนใหญ่แล้วจะไม่ผลิตแหล่งจ่ายกำลังที่ใช้กับการเชื่อมมือเพราะเกิดปัญหาเรื่องความปลอดภัยมากจึงไม่คุ้มที่จะสร้างส่วนใหญ่จะสร้างแบบที่ใช้กับเครื่องอัตโนมัติ

กระแสเอาท์พุทจากแหล่งจ่ายกำลังเครื่องตัดพลาสติกนั้นจะมีค่าประมาณที่ 70-100 แอมแปร์ ขึ้นอยู่กับชิ้นงานที่นำมาตัดว่าหนาแค่ไหน และต้องการความเร็วในการตัดแค่ไหน ถ้าชิ้นงานที่นำมาตัดหนาและเราต้องการความเร็วในการตัดเราจะต้องใช้กระแสที่สูงจากแหล่งจ่ายกำลังในการตัดเป็นต้น ในแหล่งจ่ายกำลังทั่วๆ ไปนั้นจะมีวงจรความถี่สูง (High Frequency Circuit) ที่ใช้ในการจุดพลาสติกมารวมอยู่ด้วย

1.3.7 การทำงานของเครื่องอาร์คพลาสติก

ในการต่อใช้งานแบบส่งผ่านการอาร์คนั้นจะเกิดเมื่อมีการชนกันของแท่งอิเล็กทรอดกับชิ้นงาน โดยจะมีการกระเด็นจากวงจรความถี่สูงเป็นตัวจุดพลาสติก จะปรากฏลำพลาสติกพุ่งออกมาจากน็อนเชิลล์ แหล่งจ่ายกำลังได้ถูกออกแบบเพื่อรักษาระดับกระแสต่ำให้คงที่ การแตกตัวของอะตอมแก๊สจากลำพลาสติกที่พุ่งผ่านออกมาจากน็อนเชิลล์

เนื่องจากน็อนเซิลันที่ใช้เป็นตัวยุติที่ปลดปล่อยอุณหภูมิที่สูงมาก (ประมาณ 18,000-25,000 °F หรือ 9,980-13,870 °C) ทำให้วัสดุที่นำมาใช้ทำนั้นสำคัญมากทำจากทองแดงชุบแข็ง น็อนเซิลันที่นำมาใช้ควรมีสัญลักษณ์ที่บ่งบอกขอบรอยต่อภายในน็อนเซิลันอย่างชัดเจนระหว่างแก๊สและพลาสมา อีกอย่างหนึ่งคือ อุณหภูมิที่สูงมากนั้นจะส่งผลให้เกิดการหลอมละลายหรือไอความร้อนขึ้นที่น็อนเซิลันแทนที่จะส่งความร้อนทั้งหมดไปให้กับชิ้นงานทำให้อายุการใช้งานของน็อนเซิลันสั้นลง

1.3.8 การปรับแต่งเครื่องตัดพลาสมา

หลายครั้งที่การปรับแต่งค่าตัวแปรต่างๆ ในระบบจะช่วยให้คุณภาพการตัดดีขึ้นอย่างเช่น เราต้องการตัดโลหะที่มีความหนา 3-38 มม. นั้นการใช้แก๊สปกคลุมและน้ำผสมกับลำพลาสมาจะทำให้คุณภาพการตัดดีขึ้น

1.3.9 พลาสมาคู่ (Dual-flow Plasma cutting)

พลาสมาคู่นี้เกิดจากการใช้หัวตัดที่มีช่องแก๊สสองชั้นนั่นเอง โดยจะประกอบด้วยช่องที่พลาสมาพุ่งออกมาและจะมีช่องแก๊สปกคลุมชั้นที่สองไหลปกคลุมรอบๆ ลำพลาสมาอีกทีหนึ่งซึ่งเป็นพลาสมาที่ใช้แก๊สในโตรเจนเป็นเชื้อเพลิงและแก๊สปกคลุมสามารถเลือกตามแต่นิคมของชิ้นงานที่นำมาใช้ตัด สำหรับโลหะที่มีความละเอียดนั้นอาจใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หรืออากาศก็ได้ผลที่ได้คือ จะทำความเร็วในการตัดได้สูงแต่คุณภาพในการตัดไม่ดีเท่าที่ควร สำหรับงานบางอย่าง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ นิยมใช้เป็นแก๊สปกคลุมเมื่อใช้ตัดสเตนเลสอาร์กอน-ไฮโตรเจน เป็นแก๊สผสมที่ใช้ในการตัดอะลูมิเนียม

1.3.10 เครื่องตัดพลาสมาที่ใช้น้ำปกคลุม

เทคนิคนี้จะคล้ายกับพลาสมาคู่เพียงแต่ใช้น้ำแทนที่แก๊สปกคลุมชั้นที่สองเท่านั้น แต่ปรากฏว่าอายุการใช้งานของน็อนเซิลันนั้นสูงขึ้นแต่การตัดนั้นงานที่ได้อาจไม่เป็นเหลี่ยมที่สวยงามและความเร็วต่ำลงกว่าพลาสมาที่มีการใช้แก๊สปกคลุมเล็กน้อย

1.3.11 เครื่องตัดพลาสมาที่มีน้ำอัดฉีด

การใช้เทคนิคนี้เราใช้หัวตัดที่มีช่องสมมาตรบริเวณปากท่อของน็อนเซิลันฉีดน้ำออกมาใส่ลำพลาสมาโดยน้ำจะปกคลุมลำพลาสมาที่มีการเผาไหม้รุนแรงอันเกิดจากบรรยากาศโดยรอบ ชั้นนอกสุดของน็อนเซิลันนั้นทำจากเซรามิกเพื่อป้องกันการอาร์คซ้อน (Double arcing) การอาร์คซ้อนนั้นเกิดขึ้นได้จากการที่อาร์คจากอิเล็กโทรดกระโดดไปที่น็อนเซิลันแล้วจึงไปที่ชิ้นงาน ซึ่งการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวนี้เป็นสาเหตุทำให้น็อนเซิลันเสียหายได้

การใช้น้ำร่วมกับพลาสติกนั้นเสมือนเป็นการจำกัดพลาสติก ทำให้งานที่ได้มีความคมของรอยตัดสูงและความเร็วที่ได้ก็ดีกว่าเครื่องตัดพลาสติกธรรมดาทั่วไป เพราะน้ำที่ฉีดออกมาเป็นลักษณะของละอองที่มีความเย็นอยู่ทำให้คลองเลื่อยนั้นมีความคมของเหล็กมูมากกว่าปกติ เมื่อน้ำและแก๊สที่ไหลอยู่ในหัวตัดสัมผัสกันแก๊สภายในห้องเซ็ลจะเกิดหมนวนออกมาจากปากท่อ และผสมกับละอองน้ำที่พุ่งออกมาจะทำให้การตัดเกิดเหลี่ยมจากบริเวณรอยต่อคลองเลื่อยได้ดี กระบวนการลักษณะนี้จึงเหมาะกับงานที่ต้องการความคมสูง แต่สิ่งที่ควรคำนึงถึงอีกอย่างคือการตัดนั้นหรือระดับของหัวตัดควรต้องทำมุมจากกับชิ้นงานเสมอ

1.3.12 แก๊สเชื้อเพลิงพลาสติก

การเลือกใช้แก๊สเชื้อเพลิงนั้นมีพื้นฐานอยู่ว่า เราโลหะที่นำมาตัดเป็นชนิดใด ความต้องการ คุณภาพ ความเรียบของผิวชิ้นงานที่ตัดแล้วมากแค่ไหน โดยทั่วไปโลหะที่ไม่มีเหล็กผสมอยู่แก๊สเชื้อเพลิงจะใช้ไนโตรเจนหรือไนโตรเจน-ไฮโดรเจนหรืออาร์กอน-ไฮโดรเจนผสมกัน ในส่วนของการตัดไททานเนียมหรือเซอร์โคเนียมนั้นจะใช้อาร์กอนบริสุทธิ์เป็นแก๊สเชื้อเพลิงเพราะโลหะเหล่านั้นมีความไวอย่างมากต่อปฏิกิริยาแตกตัวของแก๊สโดยเฉพาะอย่างยิ่งแล้วเมื่อใช้ไฮโดรเจนเป็นแก๊สเชื้อเพลิง

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

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน ของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

2.1 วงจรเรียงกระแสและกรองกระแส

วงจรเรียงกระแสและกรองกระแส นับว่าเป็นส่วนสำคัญของวงจรในวงจรในส่วนอินพุตและเป็นตัวกำหนดค่าอัตราทดกระแสของฟิวส์และวงจรกรองสัญญาณรบกวนความถี่วิทยุจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์สำคัญ 2 ตัวคือ ตัวเก็บประจุกรองกระแสและไดโอดเรียงกระแส ซึ่งมีหน้าที่หลักในการแปลงแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรงเพื่อเป็นแรงดันอินพุตให้กับวงจรคอนเวอร์เตอร์ต่อไป

2.1.1. ไดโอดเรียงกระแส

การเลือกใช้ไดโอดเรียงกระแสให้เหมาะกับการใช้งานควรมีข้อควรพิจารณาดังนี้

2.1.1.1. ค่ากระแสกระชาก ; I_{fsm}

กระแสกระชากสูงสุดที่ไหลผ่านไดโอดเรียงกระแสจะเกิดขึ้นในขณะที่เปิดเครื่องเมื่อตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ยังไม่มีประจุสะสมอยู่ ค่ากระแสกระชากสูงสุดคำนวณได้จาก

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

เมื่อ V_p คือ แรงดันยอดสูงสุดของไฟสลับอินพุต

ERS คือ ค่าความต้านทานแฝง ในตัวเก็บประจุค่าต่ำสุด

R_s คือ ค่าของตัวต้านทานจำกัดกระแส

โดยทั่วไปแล้วไดโอดเรียงกระแสจะมีค่าอัตราทดกระแสกระชาก I_{fsm} ประมาณ 20 ถึง 30 เท่า ของอัตราทดกระแสเฉลี่ยขณะถูกไบแอสตรงของมัน โดยไดโอดที่ใช้จะต้องมีอัตราทดกระแสกระชากมากกว่าค่ากระแสที่คำนวณได้จากสมการ ค่ากระแสกระชากอาจลดลงได้โดยการเพิ่มค่าของ R_s แต่จะทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพลดลงเนื่องจากเกิดกำลังสูญเสียในตัวต้านทาน

2.1.1.2. ค่ากระแสสูงสุดเมื่อถูกไบแอสตรง ; I_{frm}

ค่ากระแสสูงสุดที่เกิดขึ้นในวงจรเรียงกระแส จะเกิดขึ้นในจังหวะที่ตัวเก็บประจุของกระแสมีการเก็บประจุอีกครั้งหลังจากคายประจุออกไปให้ไหลด ค่ากระแสสูงสุดเมื่อถูกไบแอสตรงของไดโอดเรียงกระแส สามารถหาได้จากค่ากระแสสูงสุดของตัวเก็บประจุกรองกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3. ค่ากระแสเฉลี่ยเมื่อถูกไบแอสตรง ; $I(fm)$

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

2.1.1.4. อัตราทนแรงดันไบแอสกลับสูงสุด ; $V(m)$

โดยปกติวงจรเรียงกระแสต้องต่อเข้ากับแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ ดังนั้นอัตราทนแรงดันไบแอสกลับของไดโอด ควรต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าค่าแรงดันขอดสูงสุดของแรงดันไฟสลับ แต่ควรเผื่อค่าแรงดันไบแอสกลับ ให้มีค่ามากกว่าแรงดันขอดสูงสุดของแรงดันไฟสลับเอาไว้ด้วย สำหรับกรณีที่เกิดทรานเซียนต์ขึ้นในสายไฟสลับ

2.1.2. ตัวเก็บประจุกรองกระแส

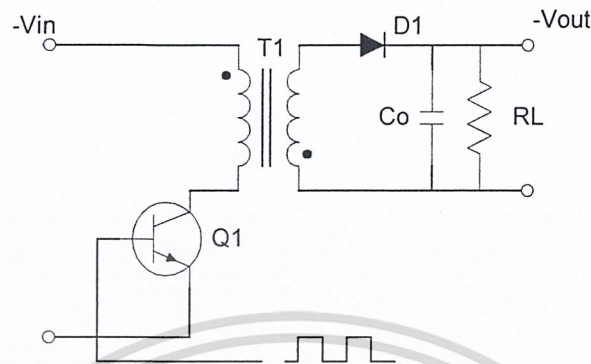
ตัวเก็บประจุหน้าที่ในการกรองแรงดันไฟตรงที่ได้จากเรียงกระแสของไดโอดให้มีค่าเรียบมากขึ้น และช่วยให้กระแสที่ได้มีค่าเพียงพอตามที่วงจรคอนเวอร์เตอร์ต้องการ ตัวเก็บประจุที่ใช้นี้จะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 1.5 ไมโครฟารัดต่อวัตต์ แต่ในการใช้งานจริงควรพิจารณาเลือกตัวเก็บประจุที่มีปัจจัยดังต่อไปนี้

2.1.2.1. อัตราทนกระแสระลอก (RMS Ripple Current Rating)

กระแสระลอกในตัวเก็บประจุกรองกระแสเกิดจากการชาร์จประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุ ซึ่งค่ากระแสนี้จะเป็นผลให้ตัวเก็บประจุร้อนและอายุการใช้งานลดลง การเลือกใช้งานตัวเก็บประจุกรองกระแสจะต้องให้มีค่าอัตราทนกระแสระลอกมากกว่าค่ากระแสระลอกที่คำนวณได้เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนกับตัวเก็บประจุขณะที่ทำงาน ในกรณีที่กระแสระลอกมีค่าสูงการใช้ตัวเก็บประจุขนาดกันหลายตัวจะช่วยเพิ่มอัตราทนกระแสระลอกให้ตัวเก็บประจุได้

2.1.2.2. แรงดันกระเพื่อมที่เอาท์พุทของวงจรเรียงกระแส (Ripple Voltage)

การกระเพื่อมที่แรงดันเอาท์พุทของวงจรเรียงกระแสจะมีผลโดยตรงต่อการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ การกระเพื่อมที่แรงดันเอาท์พุททำให้แรงดันที่อินพุทของคอนเวอร์เตอร์มีค่าไม่คงที่ หากยอมให้แรงดันกระเพื่อมนี้มีค่ามากก็จะลดความสามารถในการคงค่าแรงดันที่เอาท์พุทของคอนเวอร์เตอร์ลงไป ปกติการออกแบบวงจรกระแสจะยอมให้มีค่าแรงดันกระเพื่อมไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงดันเอาท์พุท



รูปที่ 2.1 แสดงวงจรกรองกระแส

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

ค่าของตัวเก็บประจุกรองกระแส C สามารถคำนวณได้จาก
 เมื่อ I_e คือ ค่ากระแสประสิทธิผลของวงจรเรียงกระแส
 Δt คือ ช่วงเวลาที่ตัวเก็บประจุใช้ในการคายประจุ
 ΔV_{ripple} คือ ค่ายอดถึงยอดของแรงดันกระแสเพื่อ

2.1.2.3. ช่วงเวลาโฮลด์อัป (Holdup Time)

ช่วงเวลาโฮลด์อัป เป็นช่วงเวลาที่วงจรสวิตช์ซึ่งยังสามารถคงค่าแรงดันเอาต์พุตได้ตามปกติที่โหลดสูงสุด เมื่อมีการหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับหรือค่าแรงดันไฟสลับมีค่าต่ำกว่ากำหนดและเพื่อให้วงจรสวิตช์ซึ่งมีค่าเวลาโฮลด์อัป ตัวเก็บประจุที่ใช้จะต้องมีค่ามากพอที่จะจ่ายกระแสให้กับคอนเวอร์เตอร์เมื่อมีการหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับ

2.1.2.4. อัตราทนแรงดัน (Voltage Rating)

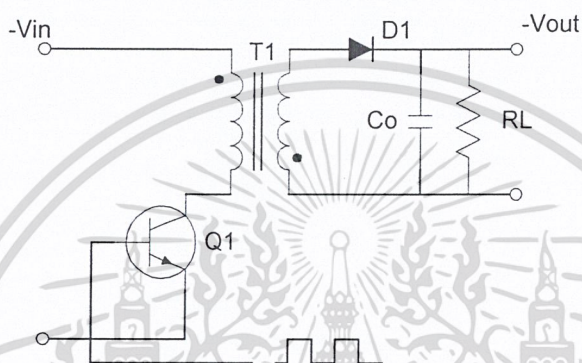
ตัวเก็บประจุกรองกระแสต้องทนแรงดันได้อย่างต่ำที่ค่าแรงดันไฟตรงเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส แต่เพื่อความปลอดภัยควรเผื่อค่าอัตราทนแรงดันไว้อย่างน้อยที่ค่าแรงดันไฟตรงสูงสุดที่เป็นไปได้ของคอนเวอร์เตอร์ เช่น ถ้าแรงดันไฟสลับอินพุตมีค่าอยู่ในช่วง 187 ถึง 264 โวลต์ควรมีค่าอัตราทนแรงดันอย่างต่ำที่ 400 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วงจรคอนเวอร์เตอร์

วงจรคอนเวอร์เตอร์นับว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุด มีหน้าที่ลดทอนแรงดัน ไฟกระแสตรงค่าสูงลงมาเป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำและสามารถคงค่าแรงดันได้ คอนเวอร์เตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวงจรภายใน โดยคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบก็จะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไปดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.1. ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

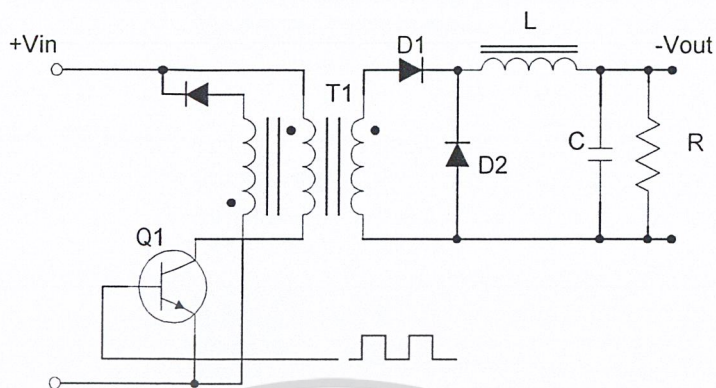


รูปที่ 2.2 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 2.2 เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 ในฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์จะทำงานในลักษณะเป็นสวิตช์ และจะนำกระแสตามคำสั่งของพัลส์ที่เปลี่ยนที่ป้อนให้กับขาเบส เนื่องจากหม้อแปลง T1 จะกำหนดขดไฟรมารี่และเซคันดารีให้มีลักษณะกลับเฟสกันอยู่ ดังนั้นเมื่อ Q1 นำกระแสไดโอด D1 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส ทำให้มีการสะสมพลังงานที่ขดไฟรมารี่ของหม้อแปลง T1 แทน เมื่อ Q1 หยุดนำกระแส สนามแม่เหล็ก T1 ยุบตัวทำให้เกิดการกลับขั้วแรงดันที่ขดไฟรมารี่และเซคันดารี D1 ก็จะถูกไบแอสตรง พลังงานที่สะสมในขดไฟรมารี่ของหม้อแปลงก็จะถูกถ่ายเทออกไปยังขดเซคันดารี และมีกระแสไหลผ่านไดโอด D1 ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต Q1 ช่วงเวลานำกระแสของ Q1 อัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลงและค่าของแรงดันที่อินพุต

ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่ให้กำลังงานได้ไม่สูงนัก โดยอยู่ในช่วงไม่เกิน 150 วัตต์ และให้ค่าสัญญาณรบกวน RFI/EMI ค่อนข้างสูง แต่ใช้อุปกรณ์จำนวนน้อยและมีราคาถูก

2.2.2. ฟอ์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

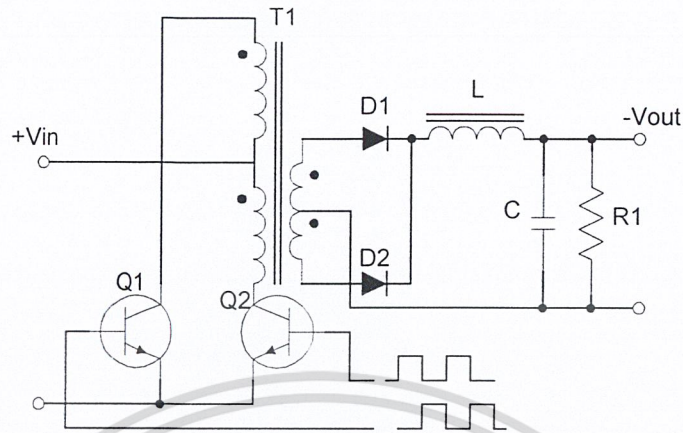


รูปที่ 2.3 แสดงวงจรฟอ์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

ในรูป 2.3 จะเห็นได้ว่าฟอ์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์มีลักษณะใกล้เคียงกับฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ แต่หม้อแปลง T1 ในฟอ์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์จะกำหนดไฟรารีและขดเซคันดารีให้มีเฟสตรงกัน ดังนั้นเมื่อ Q1 นำกระแส ไดโอด D1 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง แต่ D2 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส กระแสจึงไหลผ่านไดโอด D1 และตัวเหนี่ยวนำ L_0 ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต C_0 และโหลดได้ขณะที่มีกระแสไหลผ่าน L_0 จะมีการสะสมพลังงานไว้ในตัวมันด้วยเมื่อ Q1 หยุดนำกระแสไดโอด D1 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับ ทำให้ไม่มีกระแสไหลจากขดเซคันดารี สนามแม่เหล็กใน L_0 จะยุบตัวทำให้มีการกลับขั้วแรงดันที่ตกคร่อมตัวมันอยู่ ไดโอด D2 ออกไปยังโหลดได้ จะเห็นได้ว่าจะมีกระแสไหลผ่านโหลดได้อย่างต่อเนื่องทั้งในช่วงที่ Q1 นำกระแสและหยุดนำกระแส ทำให้มีการกระเพื่อมของแรงดันที่เอาต์พุตต่ำกว่าฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

ฟอ์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ให้กำลังงานได้ในช่วงเดียวกันกับฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์แต่กระแสที่ได้จะมีการกระเพื่อมต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม ตัวอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามาจะทำให้ฟอ์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์นั้นมีราคาสูงกว่า

2.2.3. พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์

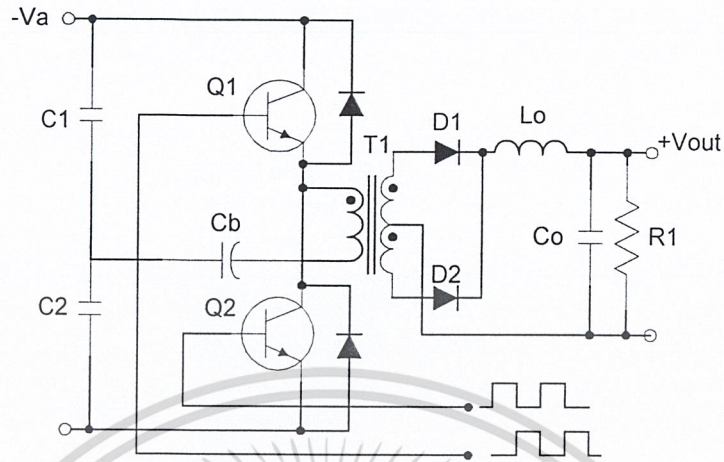


รูปที่ 2.4 แสดงวงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์

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

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

2.2.4. ฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์

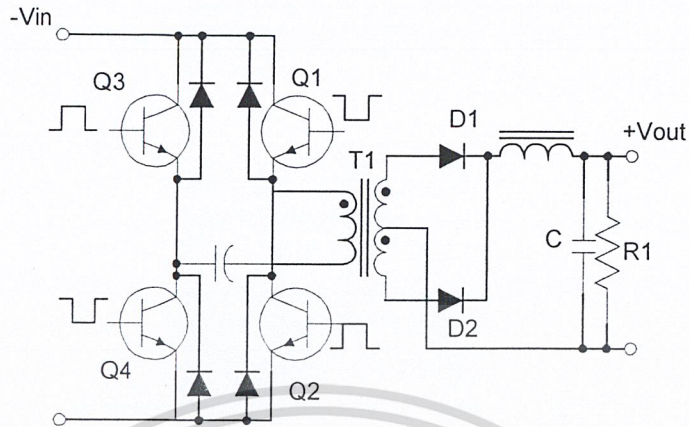


รูปที่ 2.5 แสดงวงจรฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์

ฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์จัดเป็นคอนเวอร์เตอร์ในตระกูลเดียวกับพูล-พูลคอนเวอร์เตอร์ และให้กำลังงานได้ค่อนข้างสูง ข้อดีของฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ ก็คือ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรมีค่าแรงดันตกคร่อมขณะไม่นำกระแสต่ำกว่าคอนเวอร์เตอร์ทั้ง 3 แบบที่ได้กล่าวมาแล้ว และลดการเกิดไม่สมมาตรฟลักซ์ได้

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าหากเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งนำกระแส ค่าแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ตัวที่เหลือจะมีค่าเพียงแรงดันอินพุทเท่านั้น เมื่อ Q1 และ Q2 สลับกันนำกระแส ผลที่ได้จะมีลักษณะเดียวกับการทำงานของพูล-พูลคอนเวอร์เตอร์ ยกเว้นค่าแรงดันตกคร่อมขณะทำงานของขดไพรมารีจะมีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของแรงดันที่อินพุท เนื่องจากผลของการต่อตัวเก็บประจุ C1 และ C2 เพื่อแบ่งครึ่งแรงดัน กระแสที่ไหลผ่านขดไพรมารีจึงมีค่าสูง ซึ่งเป็นการจำกัดกำลังงานสูงสุดของคอนเวอร์เตอร์ โดยกำลังสูงสุดที่ฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์สามารถทำได้จะอยู่ในช่วงไม่เกิน 500 วัตต์

2.2.5. ฟลูต-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.6 แสดงวงจรฟลูต-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์

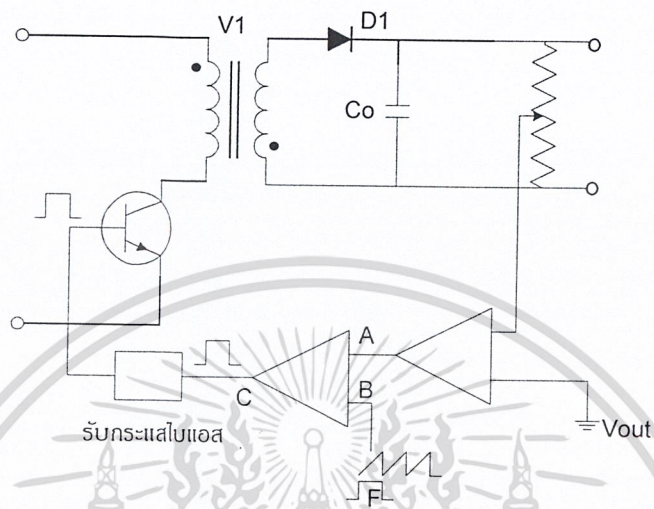
จากรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่ามีเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรทั้งหมดถึง 4 ตัว แต่จะทำงานสลับกันเป็นคู่ ๆ โดย Q1 จะนำกระแสพร้อมกับ Q4 และ Q2 จะนำกระแสพร้อมกับ Q3 กระแสที่ไหลผ่านขดไฟของหม้อแปลงจะมีลักษณะเช่นเดียวกับฮัลไฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ แต่ข้อได้เปรียบของฟลูต-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ก็คือ ขณะทำงานที่ขดไฟจะมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับค่าแรงดันอินพุทกระแสที่ไหลผ่านขดไฟจะมีค่าต่ำกว่า ฟลูต-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ ทำให้สามารถจ่ายกำลังงานได้สูงกว่า ดังนั้นวงจรสวิตชิ่งที่ต้องการกำลังงานสูงๆ ตั้งแต่ 500 วัตต์ ถึง 1000 วัตต์ ทำให้มักนิยมใช้คอนเวอร์เตอร์แบบฟลูต-บริดจ์เป็นหลัก

2.3 วงจรควบคุม (Controlled Switching Circuit)

วงจรคอนเวอร์เตอร์ทุกแบบ จะคงค่าแรงดันเอาต์พุตได้ โดยการควบคุมช่วงเวลาการนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ดังนั้นวงจรควบคุมจะใช้เทคนิคพัลส์วิดท์มอดูเลชันเป็นหลักการใช้เทคนิคพัลส์วิดท์มอดูเลชันเพื่อควบคุมช่วงเวลาในการนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์สามารถทำได้ 2 ลักษณะการทำงานของวงจรควบคุม คือ โหมดควบคุมจากแรงดันและโหมดควบคุมจากกระแส

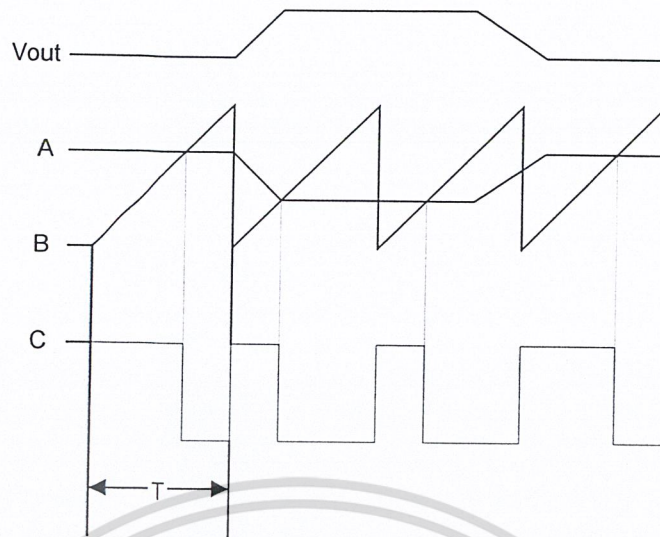
2.3.1. วงจรควบคุมในโหมคควบคุมจากแรงดัน

การทำงานของวงจรควบคุมในโหมคนี้ จะอาศัยการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่เอาท์พุทมาทำการควบคุมช่วงเวลาในการนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เพื่อการคงค่าแรงดันเอาท์พุทเป็นหลักวงจรพื้นฐานของวงจรควบคุมในโหมคควบคุมจากแรงดันแสดงดังรูป



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรพื้นฐานในโหมคควบคุมแรงดัน

จากรูปที่ 2.7 วงจรควบคุมอาศัยการป้อนกลับของค่าแรงดันเอาท์พุทนำมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงของวงจรเพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาท์พุท ค่าความแตกต่างที่ได้จะถูกขยายโดยวงจรขยายความแตกต่าง (E/A) ก่อนที่จะส่งต่อไปยังวงจรพัลส์วิดท์มอดดูเลชั่น โดยค่าแรงดันที่ได้จากวงจรขยายความแตกต่างจะถูกเปรียบเทียบกับแรงดันรูปฟันเลื่อย เอาท์พุทที่ได้จากวงจรพัลส์วิดท์มอดดูเลชั่นจะมีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม ซึ่งมีคาบเวลาคงที่เท่ากับคาบเวลาของแรงดันรูปฟันเลื่อยและมีความกว้างของพัลส์แปรเปลี่ยนไปตามผลของการมอดดูเลชั่น ค่าความกว้างของพัลส์นี้เองจะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาในการนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

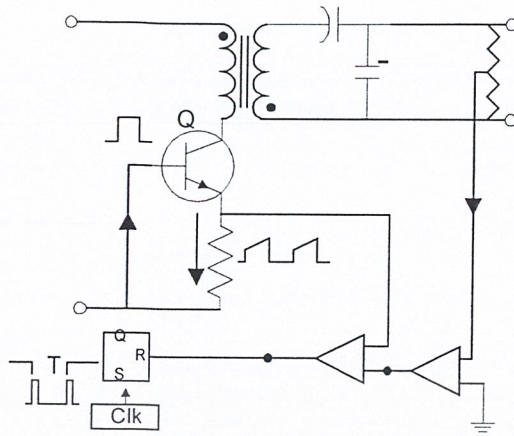


รูปที่ 2.8 แสดงรูปสัญญาณที่จุดต่างๆ ในวงจรควบคุม

เนื่องจากค่าแรงดันป้อนกลับจะถูกส่งมายังวงจรมหาความแตกต่างที่ขาอินเวอร์ต ผลแตกต่างของแรงดันเอาต์พุตและแรงดันอ้างอิงที่จุด A จึงมีลักษณะกลับเฟสอยู่ 180 องศา กล่าวคือ เมื่อแรงดันเอาต์พุตมีค่ามากขึ้นแรงดันที่จุด A จะมีค่าลดลง ความกว้างของพัลส์ที่เอาต์พุตของวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลชันจึงมีค่าลดลงด้วย และทำให้ช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีค่าลดลงเช่นกัน ถ้าแรงดันเอาต์พุตมีค่าลดลง แรงดันที่จุด A ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น ความกว้างของพัลส์ที่เอาต์พุตของวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลชันจึงมีค่าเพิ่มขึ้นช่วงเวลาการนำกระแสก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นผลให้คอนเวอร์เตอร์สามารถคงค่าแรงดันเอาต์พุตไว้ได้

2.3.2. วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส

การคงค่าแรงดันเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ด้วยวงจรมหาความแตกต่างในโหมดควบคุมกระแสมีข้อดีมากกว่าโหมดควบคุมแรงดัน แต่ยังคงใช้เทคนิคพัลส์วิดท์มอดูเลชันเช่นเดียวกัน ดังแสดงวงจรพื้นฐานในรูปข้างล่างนี้



รูปที่ 2.9 แสดงวงจรพื้นฐานของวงจรควบคุมในโหมดควบคุมกระแส

เริ่มแรกพิจารณาว่า เอาต์พุตของวงจรขยายความแตกต่างมีค่าเป็น V_{er} มีค่าคงที่เมื่อวงจรทำงาน วงจรกำเนิดสัญญาณพิกาสรางสัญญาณพิกาสที่มีคาบเวลาคงที่ไปกระตุ้นที่ขา S ของวงจรแลทซ์ ขา Q จึงมีสถานะเป็น “1” เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 ก็จะเริ่มนำกระแสทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิและ R_s ทำให้เกิดแรงดัน V_s ต่อกะธรม R_s V_s ที่เกิดขึ้นจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับ V_{er} โดยวงจรเปรียบเทียบ เมื่อค่าของ V_s มีค่าเพิ่ม มากกว่า V_{er} เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบจะมีสถานะ “1” และไปกระตุ้นขา R ของวงจรแลทซ์ ทำให้ขา Q มีสถานะเป็น “0” และทำให้ Q1 หยุดนำกระแส จนกว่าที่ขา S ของวงจรแลทซ์จะได้รับการกระตุ้นจากสัญญาณพิกาสอีกครั้ง

จะเห็นได้ว่าความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ที่ขา Q ของวงจรแลทซ์จะถูกควบคุมโดย V_s นั้นเอง ถ้าค่าแรงดันอินพุตของวงจรคอนเวอร์เตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น แรงดัน V_s จะมีค่าเพิ่มมากกว่า V_{er} ทำให้ความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ลดลง ทรานซิสเตอร์นำกระแสน้อยลง ในทางกลับกันถ้าแรงดันเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์มีค่าลดลง V_s จะเพิ่มขึ้นได้ซ้ำ ความกว้างของเอาต์พุตพัลส์เพิ่มขึ้น Q1 ก็นำกระแสเพิ่มมากขึ้นจะเห็นได้ว่าเมื่อโหลดคงที่ คอนเวอร์เตอร์สามารถคงค่าแรงดันเอาต์พุตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุตได้ โดยไม่ต้องอาศัยการป้อนกลับจากแรงดันเอาต์พุตเลยทำให้คอนเวอร์เตอร์สามารถตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุตได้อย่างรวดเร็ว เมื่อดูจากวงจรรวม คือมีส่วนของวงจรขยายความแตกต่าง เมื่อแรงดันเอาต์พุตมีค่าลดลง เอาต์พุตของวงจรขยายความแตกต่าง จะมีค่ามากขึ้น ทรานซิสเตอร์ก็จะนำกระแสมากขึ้นเพื่อให้ V_s มากกว่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรขยายความแตกต่าง ในทางกลับกัน เมื่อแรงดันเอาต์พุตของวงจรคอนเวอร์เตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น เอาต์พุตของวงจรขยายความแตกต่างก็จะมีค่าลดลง Q1 จึงนำกระแสน้อยลง ดังนั้นคอนเวอร์เตอร์จะสามารถคงค่าแรงดันที่เอาต์พุตไว้ได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด

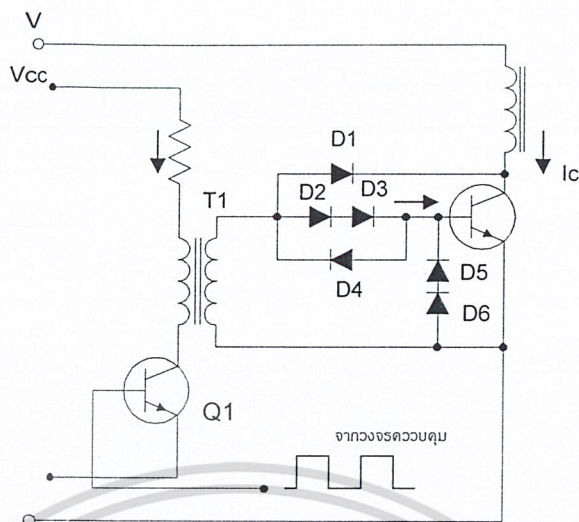
2.4 วงจรขับ

2.4.1. วงจรขับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

ไบโพลาร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ต้องกระตุ้นการทำงานโดยการให้กระแสไบแอสที่ขาเบส เพื่อนำกระแสและหยุดนำกระแสได้ และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าการลดประจุสะสมที่เกิดขึ้นในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะนำกระแส จะขึ้นอยู่กับลักษณะของกระแสไบแอสที่ให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ดังนั้นการจัดวงจรขับกระแสไบแอสที่ถูกต้องจะช่วยลดกำลังงานสูญเสียให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้เช่นกัน

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

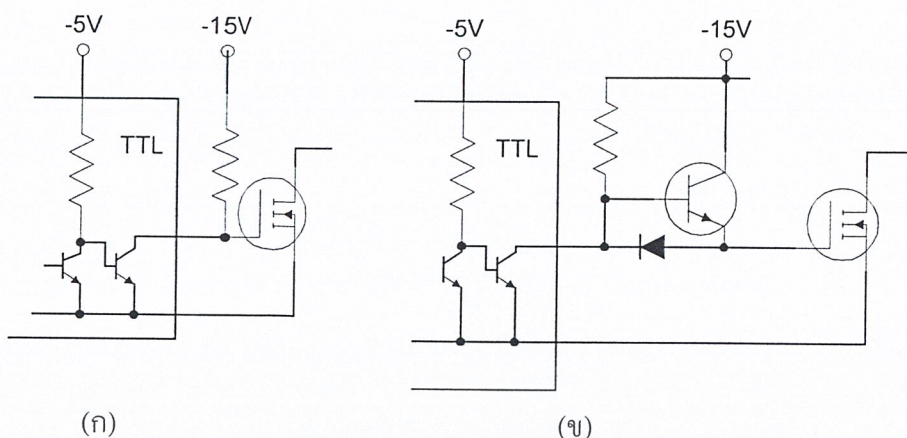
2.4.1.1. วงจรขับกระแสไบแอสโดยใช้หม้อแปลงและเบเกอร์เคลมบีเบเกอร์เคลมบี เป็นวงจรขับกระแสไบแอสด้วยกระแสคงที่และจัดให้ไดโอดทำงานร่วมกับทรานซิสเตอร์เพื่อป้องกันการเกิดประจุสะสม เมื่อประจุสะสมเกิดขึ้นน้อยเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จึงหยุดนำกระแสได้อย่างรวดเร็ว การใช้หม้อแปลงในการขับกระแส หม้อแปลงจะเป็นแหล่งจ่ายกระแสสูงให้กับวงจรได้ และเนื่องจากเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต้องการแรงดันตกคร่อมที่ขาเบสและอิมิตเตอร์ประมาณ 1 ถึง 1.8 โวลต์ ดังนั้นหม้อแปลงที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบ 10:1 ถ้ามีแรงดันที่ขดไพรมารีค่า 10 ถึง 18 โวลต์ และกระแสเพียง 300 มิลลิแอมป์ หม้อแปลงจะให้กระแสได้ถึง 3 แอมป์ ดังแสดงวงจรในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงวงจรขั้วกระแสไบแอสด้วยกระแสที่ แบบเบเกอร์เคลมปี

2.4.1.2. วงจรขั้วกระแสไบแอสด้วยกระแสเป็นสัดส่วนกับกระแสคอลเล็กเตอร์

เป็นวงจรขั้วกระแสไบแอสที่นิยมใช้ในคอนเวอร์เตอร์ที่จ่ายกำลังงานสูงๆ วงจรขั้วกระแสแบบนี้จะลดช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแส ด้วยการให้กระแสไบแอสเป็นสัดส่วนกับกระแสที่ไหลผ่านคอลเล็กเตอร์เพื่อเป็นการลดประจุสะสมให้น้อยที่สุด ขณะที่มีความดันตกคร่อมตัวมันต่ำที่สุดขณะนำกระแส จากนั้นจึงให้กระแสไบแอสกลับค่าสูงๆ เพื่อหยุดการนำกระแสอย่างรวดเร็วต่างจากการใช้เบเกอร์เคลมปีที่ป้องกันไม่ให้เกิดประจุสะสมเกิดขึ้นภายในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้ แต่มีค่าแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงขณะนำกระแส ดังแสดงวงจรในรูปที่ 2.11



(ก)

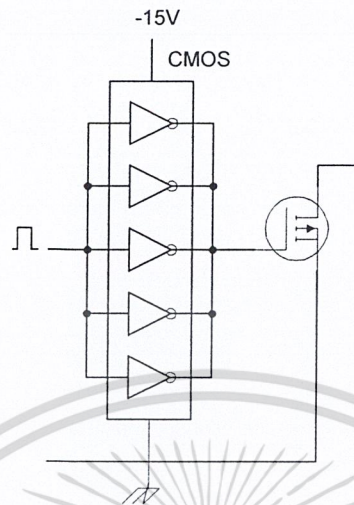
(ข)

รูปที่ 2.12 แสดงการขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยไอซี TTL แบบต่างๆ

รูปที่ 2.12 (ก) แสดงวงจรขับด้วยไอซี TTL ที่มีเอาต์พุตเป็นแบบคอลเล็กเตอร์เปิด การต่อพูลออัพรีซิสเตอร์เข้าช่วย เพื่อให้มีแรงดันสูงพอที่จะขับเพาเวอร์มอสเฟตให้ทำงานและการหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟตเป็นไปได้เร็วขึ้น แต่ความเร็วขณะเริ่มนำกระแสยังมีค่าจำกัดอยู่เนื่องจากกระแสวิ่งถูกจำกัดด้วยพูลออัพรีซิสเตอร์

รูปที่ 2.12 (ข) ทรานซิสเตอร์จะช่วยในการจ่ายกระแสได้มากขึ้นทำให้ความเร็วในการนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟตดีขึ้น และลดกำลังสูญเสียในตัว ไอซี TTL ด้วย และวงจรขับจะเพิ่มทรานซิสเตอร์เข้ามาอีกหนึ่งตัวเพื่อให้การคายประจุที่ขาเกตเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและทำให้ความเร็วขณะเริ่มหยุดนำกระแสเป็นไปได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น

2.4.2.2. วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยไอซี CMOS

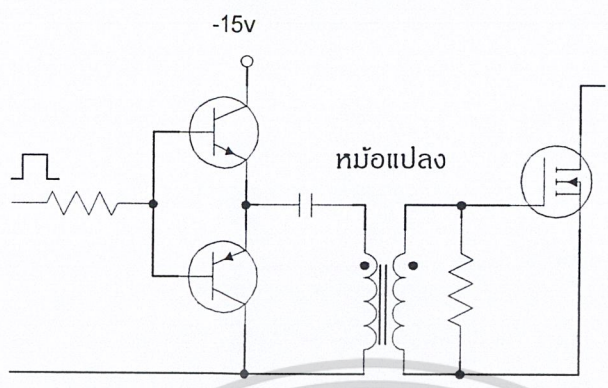


รูปที่ 2.13 แสดงการขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยไอซี CMOS

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

สำหรับการขับเพาเวอร์มอสเฟตที่ต้องนำกระแสสูงๆ การต่อ CMOS ในลักษณะขนานกันจะสามารถเพิ่มกระแสที่ขาด และทำให้ความเร็วในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์มอสเฟตเป็นไปอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

2.4.2.3. วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยหม้อแปลง



รูปที่ 2.14 แสดงวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยหม้อแปลง

ในกรณีของคอนเวอร์เตอร์แบบฮาล์ฟบริดจ์และฟูลบริดจ์ วงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตตัวบนและตัวล่างจะต้องมีการแยกกราวด์ออกจากกัน จึงจำเป็นต้องใช้หม้อแปลงหรือในกรณีที่ต้องการขับเพาเวอร์มอสเฟตมากกว่า 1 ตัว พร้อมกันก็อาจต้องใช้หม้อแปลงช่วย

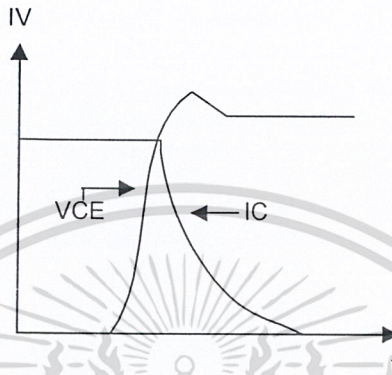
การต่อหม้อแปลงฟลักซ์เข้ากับขาเกตและวงจรควบคุมโดยตรงอาจเกิดปัญหาการเลื่อนระดับของแรงดันเอาท์พุทที่หม้อแปลง และอาจมีปัญหาในการทำงานของเพาเวอร์มอสเฟตได้ การต่อวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วยหม้อแปลงจึงควรทำในลักษณะดังรูปที่ 2.14

2.5 วงจรสแนบเบอร์ (Snubber Network)

วงจรสแนบเบอร์ เป็นส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาในวงจรคอนเวอร์เตอร์ เพื่อลดการเกิดกำลังสูญเสียและป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรขณะที่ทำงานปกติ วงจรสแนบเบอร์นี้อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ วงจรสแนบเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส และสแนบเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน วงจรสแนบเบอร์ทั่วไปจะประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ไดโอดเรียกว่าวงจร RCD สแนบเบอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

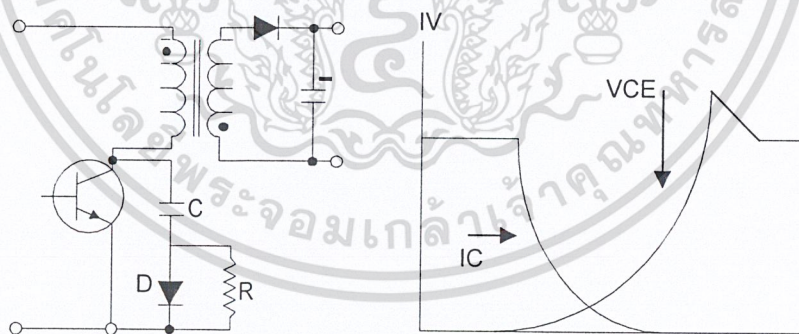
2.5.1. วงจรสับเบอร์ดั้งหวัดนำกระแส

ในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะทำให้เกิดการสูญเสียกำลังงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะเริ่มหยุดนำกระแส ก่อนที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะหยุดนำกระแส นั้น กระแสจะลดลงอย่างช้าๆ ในขณะที่แรงดันเพิ่มขึ้นสู่ค่าแรงดันอินพุตอย่างรวดเร็ว ดังรูป 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะกระแสและแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์

เพื่อลดการสูญเสียในช่วงนี้สามารถทำได้โดยต่อวงจรสับเบอร์ดั้งหวัดนำกระแสเข้ากับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เพื่อควบคุมแรงดันตกคร่อมที่คอลเล็กเตอร์และอิมิตเตอร์ให้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งกระแสที่ไหลผ่านตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ลดลงได้ทันกัน ซึ่งจะทำการกักเก็บพลังงานที่เก็บไว้ที่ค่าต่ำ ลักษณะการต่อวงจรสับเบอร์ดั้งหวัดนำกระแสทำได้ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรสับเบอร์ดั้งหวัดนำกระแส

การทำงานของวงจรสับเบอร์ดั้งหวัดนำกระแสจะเป็นไปได้ดังนี้คือ เมื่อเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 เริ่มหยุดนำกระแส แรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้กระแสบางส่วนไหล

ผ่านตัวเก็บประจุ C_1 และ ไดโอด D_1 ของวงจรสับเบียร์ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม C_1 ด้วย แรงดันที่ตกคร่อม C_1 จะทำให้แรงดันที่คอลเล็กเตอร์ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ดังนั้นถ้าให้ C_1 มีค่ามากพอ การเพิ่มขึ้นของแรงดันที่คอลเล็กเตอร์ก็จะถูกหน่วงออกไปเพื่อให้กระแสที่ไหลผ่านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ลดลงจนมีค่าน้อยๆ ไล่ทันกัน และจะลดการเกิดกำลังสูญเสียในตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้

ขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มนำกระแสอีกครั้ง C_1 จะคายประจุผ่านตัวต้านทาน R_1 ทิ้งไป แรงดันตกคร่อม C_1 ก็จะลดลงต่ำได้อีกครั้งและสามารถทำงานได้ในช่วงต่อไป ค่าของ C_1 และ R_1 ที่เหมาะสมหาได้จาก

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

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

- เมื่อ I_p คือ ค่ากระแสสูงสุดขณะเริ่มหยุดนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์
 V_{in} คือ ค่าแรงดันอินพุตของวงจรคอนเวอร์เตอร์
 t_{on} คือ ช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์
 t_{off} คือ ช่วงเวลาหยุดนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

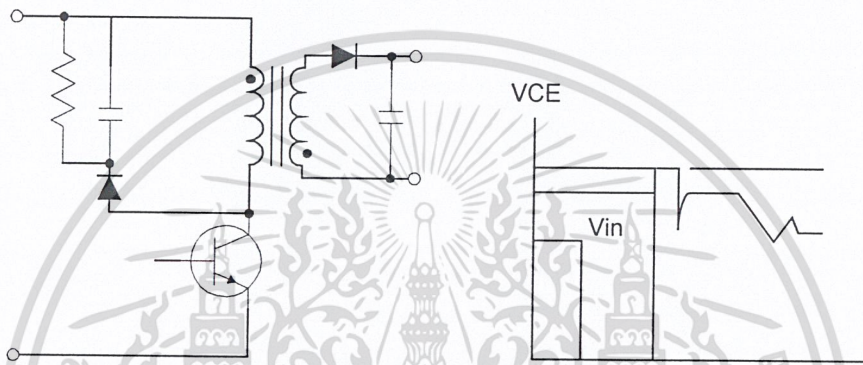
การคายประจุของ C_1 ทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียในตัว R_1 สูง ดังนั้นตัวต้านทาน R_1 จะต้องทนกำลังได้สูง โดยกำลังสูญเสียใน R_1 หาได้จาก

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

เมื่อ T คือ คาบเวลาการทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

2.5.2. วงจรสับเบอ์ป้องกันแรงดันเกิน

ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มักมีสาเหตุที่เกิดมาจากการทำงานเกินพิกัด ปลอดภัย RBSOA แรงดันสไปค์ขณะหยุดนำกระแส โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฟลายแบคและฟอร์เวิร์คคอนเวอร์เตอร์ มักทำให้ค่าของแรงดันที่ตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะเริ่มหยุดนำกระแสมีค่าสูงเกินค่าแรงดันสูงสุดที่มันจะทนได้ และเกิดการเสียหายขึ้น วงจรสับเบอ์ป้องกันแรงดันเกินจึงมีหน้าที่ป้องกันค่าแรงดันสไปค์ที่เกิดขึ้นไม่ให้เกินค่าความปลอดภัยของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ การต่อวงจรสับเบอ์สามารถต่อได้ดังรูป 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงวงจรสับเบอ์ป้องกันแรงดันเกิน

การทำงานของวงจรสับเบอ์ป้องกันแรงดันเกินเป็นดังนี้คือ ในขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มหยุดนำกระแส ตัวเก็บประจุ C จะถูกชาร์จประจุผ่านไดโอด D จากค่าแรงดันสไปค์ค่าของ R1 จะทำให้แรงดันตกคร่อม C มีค่าต่ำกว่าแรงดันสไปค์ และมีค่าคงที่ตลอดช่วงของการเกิดแรงดันสไปค์ ค่าแรงดันสูงสุดที่คอลเล็กเตอร์จะเกิดสไปค์จึงถูกกั้นไว้ด้วยแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ C และเนื่องจากแรงดันสไปค์จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ ดังนั้นขณะที่แรงดันสไปค์มีค่าต่ำลง C จะคายประจุออกมาผ่านตัวต้านทาน R แรงดันตกคร่อมที่คอลเล็กเตอร์จะกลับสู่ค่าแรงดันตามการทำงานปกติ

วงจรสับเบอ์นี้ทำงานโดยการถ่ายเทพลังงานสะสมในตัวเหนี่ยวนำแรงแงอเป็นตัวทำให้เกิดแรงดันสไปค์ ไปไว้ที่ตัวเก็บประจุ C แทน นั่นคือ

$$\frac{1}{2}CV_c^2 = \frac{1}{2}L_pI_p^2$$

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

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

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

ค่าของตัวต้านทาน R หาได้จาก

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

ค่ากำลังสูญเสียใน R สามารถหาได้จาก

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

- เมื่อ T คือ คาบเวลาการทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์
 t_{off} คือ ช่วงเวลาหยุดนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

2.6 อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

เนื่องจากวงจรคอนเวอร์เตอร์มีการทำงานในช่วงความถี่ตั้งแต่ 20 กิโลเฮิรตซ์ขึ้นไป และมีการสูญเสียกำลังงานทั้งในขณะนำกระแสและในขณะที่เปลี่ยนสถานะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องทำงานอยู่ในย่านแรงดันสูง ยิ่งทำให้เกิดการสูญเสียมากขึ้น เพราะฉะนั้นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ใช้อยู่ในวงจรคอนเวอร์เตอร์ควรจะต้องมีทั่วไปคือ มีค่าแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสต่ำ มีช่วงเวลาคือตัวสั้น และสามารถทนกำลังได้สูง ซึ่งรายละเอียดของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ใช้ในวงจรคอนเวอร์เตอร์มีดังนี้

2.6.1. ฟาสต์-รีคัพเวอร์และอูลตราฟาสต์-รีคัพเวอร์ไดโอด

ฟาสต์-รีคัพเวอร์ไดโอดมีช่วงเวลาดำเนินตัวประมาณ 200 ถึง 750 นาโนวินาที ซึ่งสั้นกว่าซิลิกอนไดโอดมากและฟาสต์-รีคัพเวอร์ไดโอดมีอัตราทนแรงดันไบแอสกลับได้สูงถึง 1000 โวลต์ ส่วนอูลตราฟาสต์-รีคัพเวอร์ไดโอดจะมีช่วงเวลาดำเนินตัวประมาณ 25 ถึง 100 นาโนวินาที และมีอัตราทนแรงดันไบแอสกลับได้สูงถึง 1000 โวลต์เช่นเดียวกัน แรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสของไดโอดทั้งสองชนิดมีค่าอยู่ใกล้เคียงกันคือ ประมาณ 0.6 ถึง 1.5 โวลต์

2.6.2. ซอตตีไคไดโอด

ซอตตีไคไดโอดมีค่าแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสค่อนข้างต่ำ ประมาณ 0.5 โวลต์ จึงเหมาะสมกับคอนเวอร์เตอร์ที่มีค่าแรงดันเอาต์พุตต่ำๆ และกระแสสูง เนื่องจากลักษณะโครงสร้างภายในที่แตกต่างจากฟาสต์-รีคัพเวอร์และอูลตราฟาสต์-รีคัพเวอร์ไดโอด ซอตตีไคไดโอดจะไม่เกิดประจุสะสมภายในตัวมันขณะนำกระแส ช่วงเวลาดำเนินตัวของซอตตีไคไดโอดจึงมีค่าสั้นมาก โดยมีค่าน้อยกว่า 10 นาโนวินาที และอาจถือได้ว่าซอตตีไคไดโอดไม่มีกำลังสูญเสียในช่วงนี้เลยก็ได้

ซอตตีไคไดโอดมีข้อเสียอยู่ 2 ประการคือ ซอตตีไคไดโอดมีอัตราทนแรงดันไบแอสกลับสูงสุดมีค่าน้อย และมีกระแสรั่วไหลสูง ยังมีปัญหาเมื่อนำมาใช้งานจะให้ทรานซิสเตอร์ขณะเริ่มนำกระแสสูง

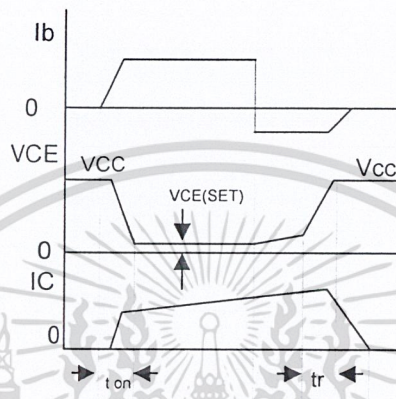
2.6.3. เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในวงจรคอนเวอร์เตอร์จะการทำงานในลักษณะสวิตช์และมีโพลเป็นตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งผลที่ได้จะแตกต่างจากโพลที่มีลักษณะเป็นตัวต้านทาน เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งในการเปลี่ยนสถานะของตัวมันเมื่อจะเริ่มนำกระแสและเมื่อจะหยุดนำกระแส รวมทั้งเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ยังมีแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสอีกด้วย การเปลี่ยนสถานะและแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสทำให้เกิดกำลังสูญเสียในรูปของความร้อน (Power Dissipation) ขึ้นที่ตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ แต่ก็ยังมีข้อเสียคือ มีอัตราทนแรงดันตกคร่อมสูงและราคาสูงกว่า ทั้งยังมีการพัฒนาให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ทำงานเร็วขึ้นเพื่อให้สามารถใช้งานในย่านความถี่สูงๆ และลดกำลังงานสูญเสีย

กำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นมี 2 ลักษณะคือ ขณะเปลี่ยนสถานะ และในขณะที่นำกระแสอยู่ในช่วงอิมพัลส์ สำหรับการสูญเสียในการเปลี่ยนสถานะจะเกิดกำลังงานสูญเสียมากที่สุดขณะที่เริ่มหยุดนำกระแสเป็นส่วนใหญ่

เมื่อเริ่มให้กระแส ไบแอสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ กระแสคอลเล็กเตอร์ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่แรงดันตกคร่อมคอลเล็กเตอร์และอีมีเตอร์ (V_{ce}) จะยังคงมีค่าเท่ากับ V_{cc} และจะใช้เวลาช่วงหนึ่งคือ t_{on} เพื่อลดค่าแรงดันลงมาเป็น $V_{ce(sat)}$ ดังรูปข้างล่าง กำลังสูญเสียจะเกิดขึ้นในช่วงเวลา t_{on} นี้เนื่องจากเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงขณะมีกระแสไหล อย่างไรก็ตาม ช่วงเวลา t_{on} นี้ค่อนข้างสั้นและกระแสเริ่มต้นที่ไหลผ่านมักมีค่าต่ำ กำลังงานที่ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูญเสียขณะเริ่มนำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในช่วงนี้จึงมีค่าต่ำ เมื่อหยุดให้กระแสไบแอสและป้อนกระแสไบแอสค่าลบให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เพื่อหยุดการนำกระแสเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะยังคงนำกระแสต่อไปอีกเป็นเวลา t_s ซึ่งเป็นผลจากการเกิดประจุสะสมขึ้นในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ขณะนำกระแส ช่วงเวลา t_s นี้ เรียกว่าช่วงเวลาสะสม (Storage Time) และขณะช่วงเวลา t_s นี้ แรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะเริ่มเพิ่มขึ้นและเกิดกำลังงานสูญเสียมากกว่าเมื่อมันนำกระแสขณะมีกระแสไบแอสอยู่



รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

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

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

เมื่อ $P_{d(sw)}$ คือ กำลังงานสูญเสียขณะเริ่มหยุดนำกระแส

V_{cc} คือ แรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์และหยุดนำกระแส

I_{pk} คือ ค่ากระแสสูงสุดเมื่อเริ่มหยุดนำกระแส

t_c คือ ช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแส

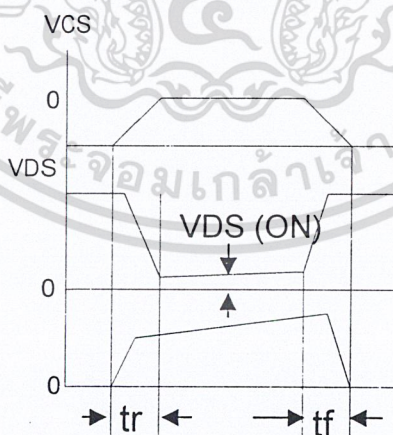
T คือ คาบเวลาการทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

การทำให้กำลังสูญเสียขณะเริ่มหยุดนำกระแส มีค่าน้อยที่สุดจะทำให้การใช้งานเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุด และลดความร้อนที่เกิดกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะทำงาน

2.6.4. เพาเวอร์มอสเฟต

เพาเวอร์มอสเฟต สามารถทำงานได้ดีที่ความถี่สูงตั้งแต่ 50 กิโลเฮิร์ต ไปจนถึงประมาณ 400 กิโลเฮิร์ต เนื่องจากมันใช้เวลาในการเปลี่ยนสถานะค่อนข้างสั้น ซึ่งจะเป็นผลดีในการลดขนาดของคอลลีคัลเลกเตอร์ ในส่วนวงจรขับของเพาเวอร์มอสเฟตนั้นสามารถทำได้ง่าย โดยอาจขับเพาเวอร์มอสเฟตให้ทำงานได้จากไอซีควบคุมแบบพัลส์วิดมอดดูเลชัน โครงสร้างของเพาเวอร์มอสเฟตที่จะใช้ในวงจรคอลลีคัลเลกเตอร์มีทั้งแบบ N-ch และแบบ P-ch ทำงานในลักษณะพช-พูล หรือทำงานเพียงตัวเดียว ซึ่งโดยส่วนมากจะใช้ N-ch เพราะสามารถทำงานได้ที่ความถี่สูงกว่าแบบ P-ch

กำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นกับเพาเวอร์มอสเฟตขณะทำงาน จะเป็นไปได้ทั้งในขณะที่เปลี่ยนสถานะและกำลังสูญเสียขณะนำกระแสแต่เพาเวอร์มอสเฟตจะมีช่วงเวลาดำเนินการนำกระแส และช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแสที่สั้นกว่าเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มาก เพราะเพาเวอร์มอสเฟตจะไม่มีประจุสะสมเกิดขึ้น แต่เพาเวอร์มอสเฟตจะมีค่าความต้านทานขณะนำกระแสสูงมาก จึงมีการสูญเสียสูงกว่า เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มาก รูปคลื่นแสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟตขณะนำกระแสแสดงดังรูป 2.19



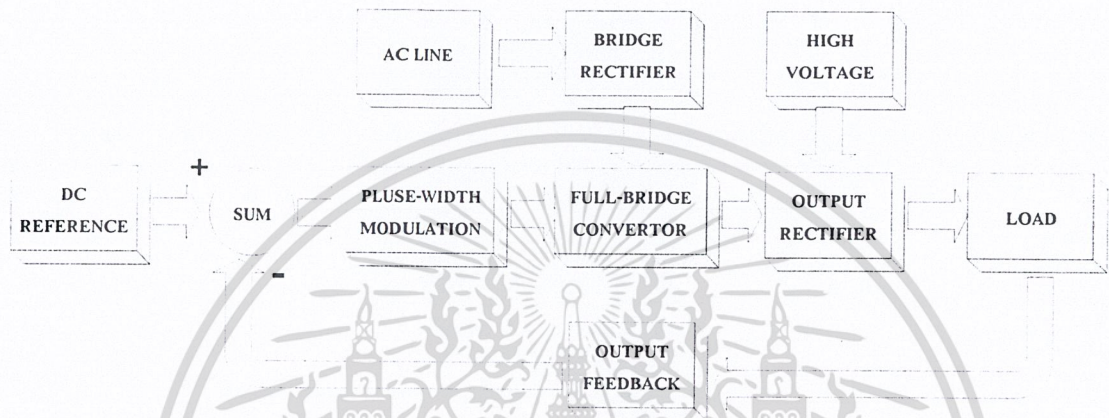
รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการทํางาน

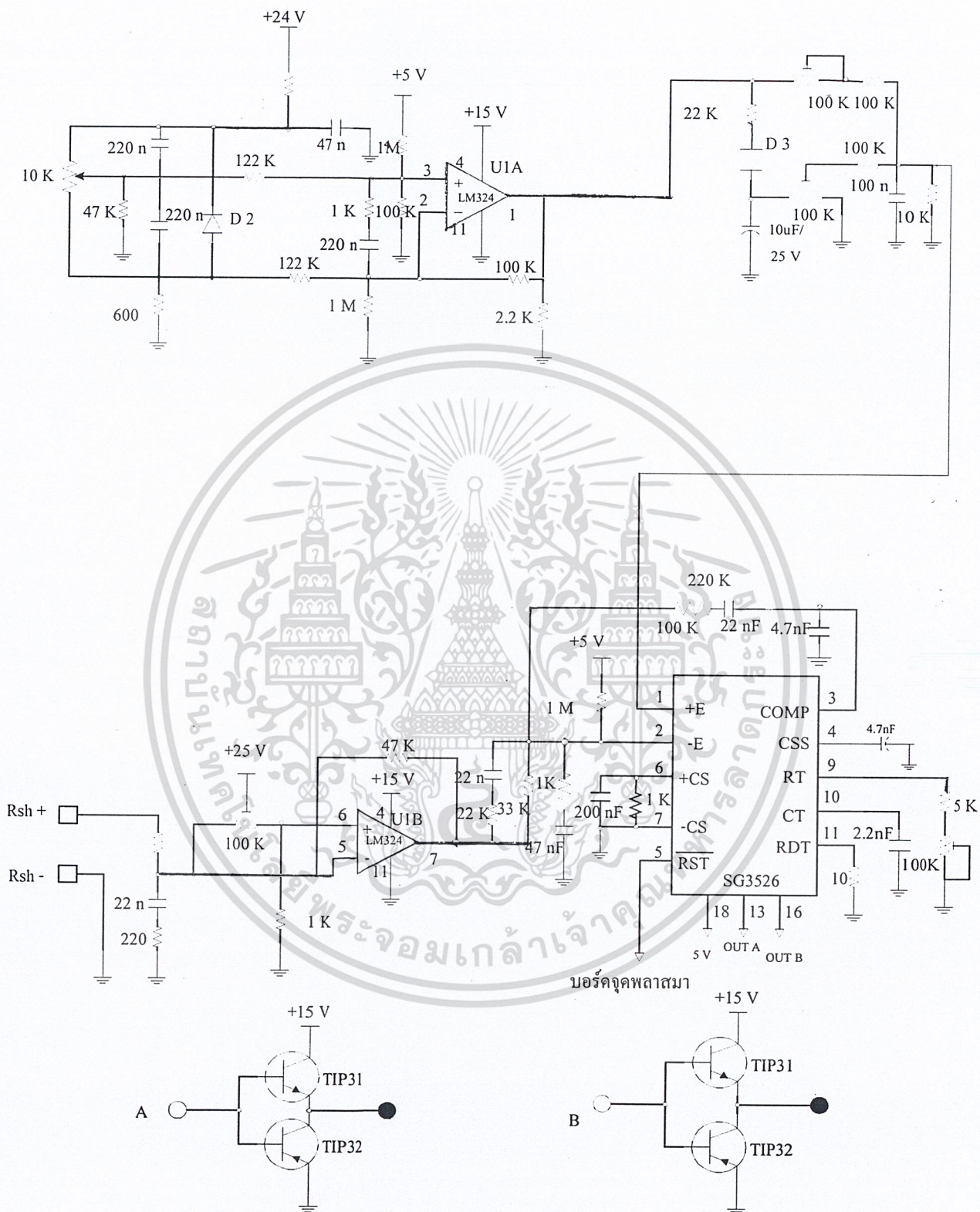
ส่วนประกอบของภาคสวิตซิ่งกำลังในเครื่อง Plasma Arc Cutting มีอยู่ 3 ส่วนหลักคือ ส่วนที่เป็น Pulsewidth modulation , Converter และ high voltage



รูปที่ 3.1 แสดง BLOCK DIAGRAM ของเครื่อง SWITCHING POWER SUPPLY

3.1 ส่วนวงจรควบคุม

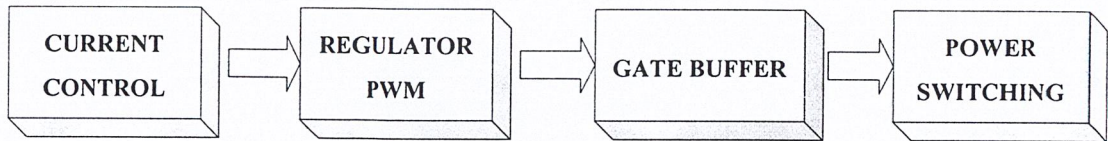
ส่วนที่เป็นวงจรควบคุมจะประกอบด้วย วงจรป้อนกลับ โดยการเปรียบเทียบแรงดันและกระแสจากทางด้านเอาต์พุต ส่งเป็นข้อมูลให้กับ ไอซี SG 3526 เพื่อทำการควบคุมความกว้างของพัลส์ แล้วผ่านวงจรขับไปยัง INVERTOR ต่อไปซึ่งมีรายละเอียดการทํางานดังรูปที่ 3.2



บอร์ดจุดพลตสมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **รูปที่ 3.2 แสดงวงจรควบคุม**

วงจรในส่วนนี้มีหน้าที่ควบคุมการสวิตช์ของเพาเวอร์มอสเฟตสามารถแบ่งได้เป็นส่วนๆดังรูปนี้



รูปที่ 3.3 แสดง BLOCK DIAGRAM ของภาคควบคุม PWM

แต่ละส่วนก็มีหน้าที่ที่แตกต่างกันไปดังนี้

3.1.1 CURRENT CONTROL

ชุดควบคุมกระแส เป็นชุดที่รับค่าจากตัวตรวจจับมาเป็นตัวจำกัดกระแสชุดควบคุมชุดนี้ประกอบด้วย COMPARATOR ซึ่งหลักของ COMPARATOR ก็จะมีการตั้ง VOLTAGE REFERENCE ไว้แล้วอีกขาหนึ่งเป็นขาอินพุตคือรับค่ามาเปรียบเทียบกับขา REFERENCE ในที่นี้คือได้ตั้งค่า VOLTAGE REFERENCE ไว้ค่าๆหนึ่ง แล้วถ้าอินพุตที่เข้ามามีค่ามากกว่าก็จะทำให้ชุดนี้ทำงาน แล้วรับค่าจาก comparator ไปป้อนให้กับชุด PWM ค่านี้จะเป็นค่าคงที่คือเป็น VOLTAGE คงที่มีค่าประมาณ 5 VOLT

3.1.2 PULSE WIDTH MODULATION

ในการทำงานของภาคนี้จะใช้คุณสมบัติของ IC เบอร์ SG3526 ของ บริษัท MOTOROLA ทำการสร้างความกว้างพัลส์ซึ่งของอธิบายการทำงานและคุณสมบัติต่างๆ ของ ตัว IC ดังต่อไปนี้

ขา 1,2 จะใช้สำหรับรับข้อมูลที่เป็นค่าแรงดัน จากการป้อนกลับ และการเซตค่าเข้ามายังขาอินเวอร์ตติ้ง และนอนอินเวอร์ตติ้ง ของวงจรขยายความผิดพลาดภายในไอซี ซึ่งค่าแรงดันที่ได้นี้จะไปยังวงจรพัลส์วีดธ์มอดคูลเลชัน เพื่อที่ปรับค่าความกว้างของพัลส์ให้เปลี่ยนไปตามข้อมูลแรงดันอินพุต

ขา 3 เป็นขาที่ใช้สำหรับชดเชยกับวงจรขยายในกรณีเปิดลูป โดยการต่อค่าตัวเก็บประจุลงกราวด์หรือปรับตั้งค่าอัตราขยายให้กับวงจรขยายความผิดพลาด โดยการต่อรวมกันกับขา 2

ขา 4 เป็นขาที่ใช้สำหรับต่อตัวเก็บประจุเพื่อหน่วงเวลาในการเริ่มนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟต เพื่อให้ได้การทำงานในลักษณะ Soft Start

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ขา 8 เป็นขาที่ใช้สำหรับสังซ์ชัตดาวน์จากวงจรภายนอก โดยการป้อนลอจิก"0"

ขา 9 เป็นขาที่ต่อกับ R_t เพื่อที่จะกำหนดค่ากระแสให้กับหน่วยกำเนิดกระแสที่ภายใน ให้มีค่ากระแสที่เหมาะสมเพื่อให้วงจรกำเนิดสัญญาณ (Oscillator) มีเสถียรภาพอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1 ถึง 400 กิโลเฮิร์ต

ขา 10 เป็นขาที่ต่อกับตัวเก็บประจุ C_t เพื่อที่จะกำหนดค่าความถี่ให้กับวงจรกำเนิดสัญญาณ

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

ขา 12 เป็นขาสัญญาณที่ออกจากวงจรมีกำเนิดสัญญาณ ต่อออกมายังภายนอกเพื่อเป็นประโยชน์กับวงจรอื่นที่ต้องรวมที่ตรงเวลามีคาบเวลาเดียวกัน เพื่อให้เกิดการทำงานที่พร้อมกัน (Synchronization)

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

ขา 14 เป็นขาที่รับแรงดันไฟเลี้ยงสำหรับส่วนของเอาท์พุทภายใน ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อกันแบบคอมพลีเมนต์ารี อันที่จริงสามารถใช้ร่วมกันกับไฟเลี้ยงไอซีขา 17 ก็ได้

ขา 15 เป็นขา กราวด์ของไอซี

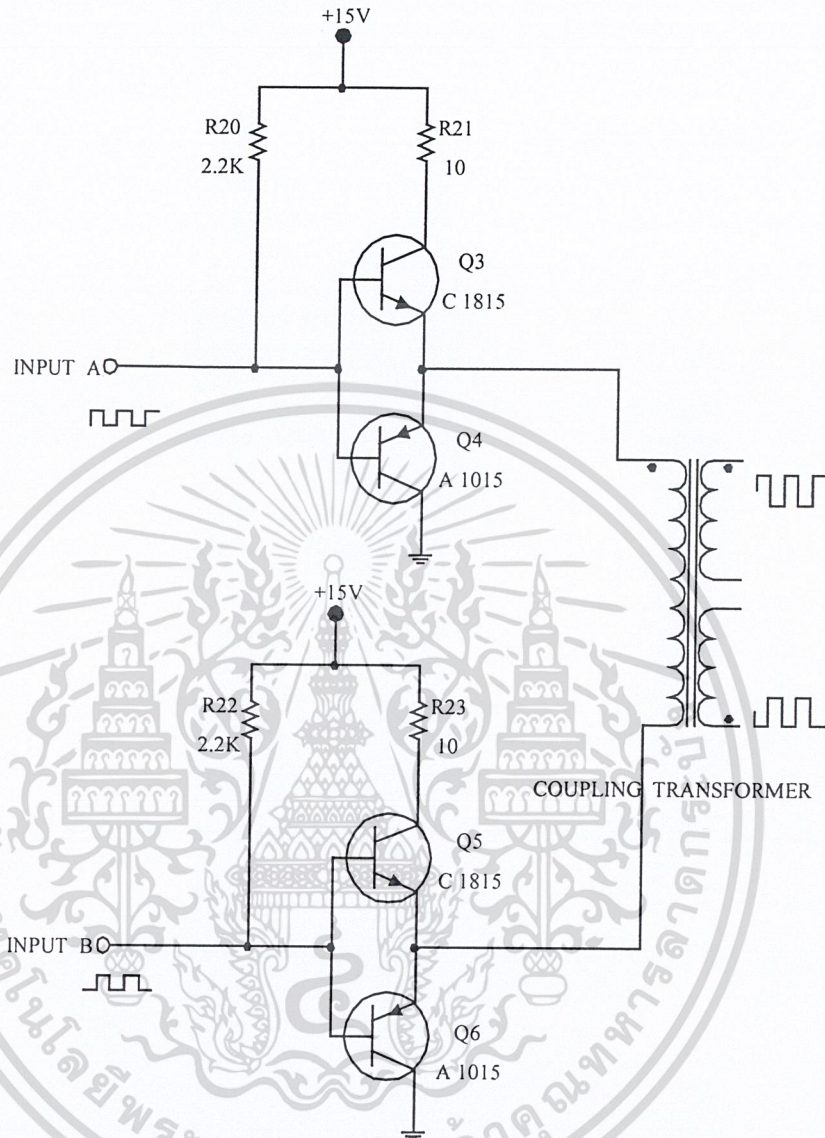
ขา 17 เป็นขาที่รับแรงดันไฟเลี้ยงจากภายนอกมาทำการเลี้ยงวงจรภายในไอซี โดยผ่านวงจรสแตบิไลซ์แรงดันอ้างอิง (5V) ก่อน เพื่อให้ไอซีทำงานอย่างคงที่

ขา 18 เป็นขาเอาท์พุทของวงจรมีกำเนิดแรงดันอ้างอิงภายในไอซี เพื่อที่จะนำแรงดันอ้างอิงนี้ไปใช้กับวงจรภายนอกเพื่อให้มีค่าแรงดันอ้างอิงค่าเดียวกัน โดยสามารถจ่ายกระแสได้สูงสุดประมาณ 50 มิลลิแอมป์

3.1.3 GATE BUFFER

ในการทำงานในภาคนี้จะใช้ ตัวทรานซิสเตอร์ต่อแบบคอมพลีเมนต์ารี จำนวน 2 ชุด เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ในช่วงบวกและลบให้กับหม้อแปลงคัปปลิง เพื่อส่งผ่านพลังงาน ไปขับ MOSFET ในวงจรถูกขับให้ทำงานได้เต็มที่ ไม่อย่างนั้นจะเกิดความร้อนขึ้นที่ตัวทรานซิสเตอร์และ MOSFET ได้ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง และอาจเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ตัวทรานซิสเตอร์และ MOSFET ที่มีคุณภาพดี และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จร CONVERTOR ต่อไป และเพื่อแยกกราวด์ กับวงจรในส่วนของการคอนโทรลด้วย ซึ่งมีความปลอดภัยขึ้น เมื่อเกิดความเสียหายในวงจรภาค POWER SWITCHING



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรขับสัญญาณให้กับ ขา GATE ของ POWER MOSFET

โดยการทำงานนั้นอธิบายได้ดังนี้ Out put จาก IC SG3526 ขา 13 และ 16 นั้น จะกลับเฟสกัน อยู่ 180 องศา ดังนั้น การทำงานจากรูปที่ 6 เป็นดังนี้

เมื่อ Q3 และ Q6 นำกระแส จากทำให้เกิดพัลส์ บวกไหลผ่านขดลวด ทาง Primary ในทางตรงข้าม เมื่อ Q4 และ Q5 นำกระแส จะทำให้เกิดพัลส์ลบไหลผ่านขดลวดทาง Primary แทน และจากนั้นทางขด

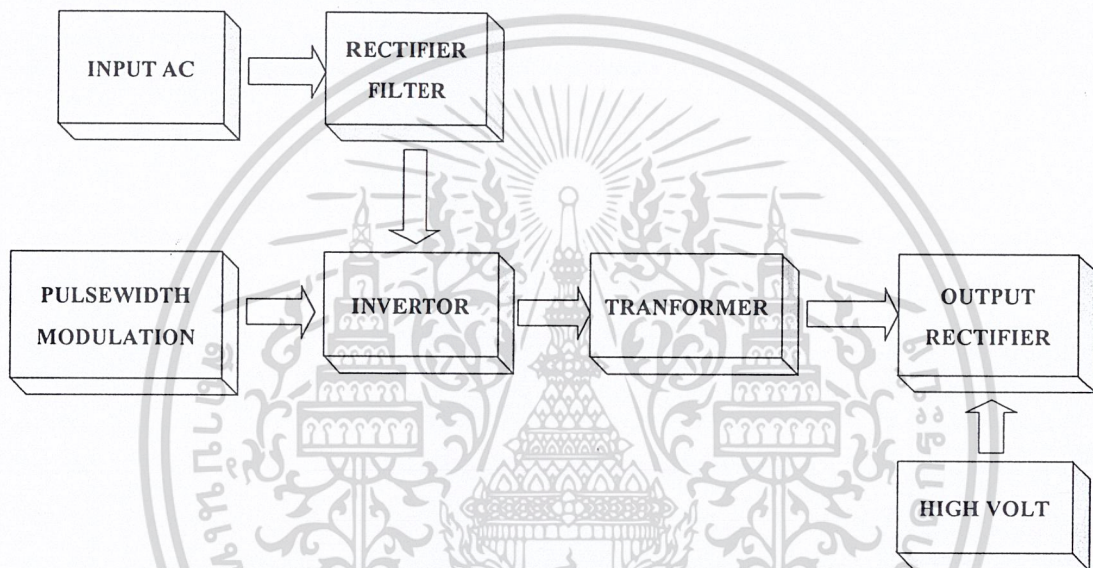
Secondary จะทำการขยายเป็น 2 ขด และกลับเฟสกันอยู่เพื่อให้ MOS ทั้ง 2 ตัวนั้นทำงานไม่พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และส่วนที่เป็น POWER SWITCHING จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นวงจรเรียงกระแสทางด้าน อินพุตและวงจรอินเวอร์เตอร์แบบ BRIDGE INVERTOR

3.2 ส่วนเพาเวอร์สวิทชิง

วงจรในส่วนนี้มีหน้าที่หลักก็คือ แปลง DC เป็น AC หรือเรียกว่า DC TO AC CONVERTOR หรือเรียกอีกอย่างว่าวงจร INVERTOR นั่นเอง ซึ่งทางอินพุตเป็น DC มีการเปลี่ยนแปลงสมมาตรกับ เอาท์พุตที่เป็น AC เปลี่ยนแปลงทั้ง AMPLITUDE และ FREQUENCY ซึ่งวงจรเพาเวอร์สวิทชิงซึ่งนี้ แบ่งออกได้เป็นส่วนต่างๆดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.5 แสดง BLOCKDIAGRAM ของวงจรส่วน CONVERTOR

หน้าที่ของแต่ละส่วนมีดังนี้

INPUT AC	เป็นอินพุตที่เป็นไฟ 220 VOLT
RECTIFIER	เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงจากไฟสลับให้เป็นไฟตรง
FILTER	เป็นส่วนที่ทำให้ไฟตรงจากRECTIFIER เรียบขึ้น ไม่มี RIPPLE
PWM	เป็นส่วนที่เป็นตัวควบคุมการทำงานให้กับ MOSFETทำงาน
INVERTOR	เป็นส่วนที่สำคัญคือ แปลงจากDC เป็น AC ซึ่งได้มาจากการ สวิทช์ของตัว MOSFET
TRANSFORMER	เป็นส่วนที่มีหน้าที่สำคัญคือเป็นตัวกำหนด VOLTAGE และ CUERRENT ของเอาท์พุต
RECTIFIER OUTPUT	เป็นส่วนที่มีหน้าที่เปลี่ยน AC ที่ได้จากการสวิทช์ ของ MOSFET ให้เป็น DC ที่เอาท์พุต PHASMA CUTTING เป็น เครื่องที่ตัดด้วยไฟ DC กระแสสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีการใช้งานเฉพาะเท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรเรียงกระแสและวงจรกรองกระแสทางด้านอินพุท

วงจรเรียงกระแสที่ใช้สร้างไฟกระแสตรงสำหรับป้อนให้กับวงจรคอนเวอร์เตอร์นี้จะเป็นแบบฟูลบริดจ์เรกติไฟเออร์ เป็นผลให้เมื่อทำการกรองกระแสแล้วจะทำให้แรงดันรีปเปล มีขนาดน้อยกว่าการเรียงกระแสแบบอื่นๆ (ตัวเก็บประจุกรองกระแสมีค่าเท่ากัน) ในส่วนของการกรองกระแสเป็นการกรองกระแสที่แรงดันสูง เราไม่สามารถง่ายนัก การขนานตัวเก็บประจุเพื่อเพิ่มค่าความจุ จะเป็นวิธีที่ดีที่สุด อีกทั้งยังเป็นการลดค่าอิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่าย อันเนื่องมาจากค่าความต้านทานแฝงภายในตัวหาตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุมากและทนแรงดันได้สูงได้เก็บประจุอีกด้วย

3.4 ส่วนของ อินเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในวงจรนี้เป็นแบบฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ ซึ่งประกอบด้วยเพาเวอร์มอสเฟต ต่อขนาน 2 ชุด แต่ละชุดมี มอสเฟต 4 ตัว 4ตัวนี้แบ่งเป็น 2 ชุดสลับกันทำงาน

การทำงานของเพาเวอร์มอสเฟตจะเป็นไปตามพัลส์ที่ส่งมาจากวงจรควบคุมผ่านหม้อแปลงขับ โดยพัลส์จากขดลวดทุติยภูมิชุดบนจะกลับเฟสกับพัลส์ที่มาจากขดลวดชุดล่าง พัลส์ที่ออกจากขดลวดทุติยภูมินี้จะผ่านวงจรจำกัดแรงดันก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้แรงดันที่ขาเกตของเพาเวอร์มอสเฟตมีค่าสูงมากเกินไปจนทำให้เพาเวอร์มอสเฟตเกิดการอิมิตัว โดยวงจรมีค่านี้จะประกอบด้วยตัวต้านทานและซีเนอร์ไดโอดสองตัวที่ต่ออนุกรมกัน คือถ้าแรงดันพัลส์ทั้งด้านบวกและลบมีค่าสูงเกินกว่าค่าเบรคควานซ์ของซีเนอร์ไดโอด ซีเนอร์ไดโอดก็จะนำกระแสทันที

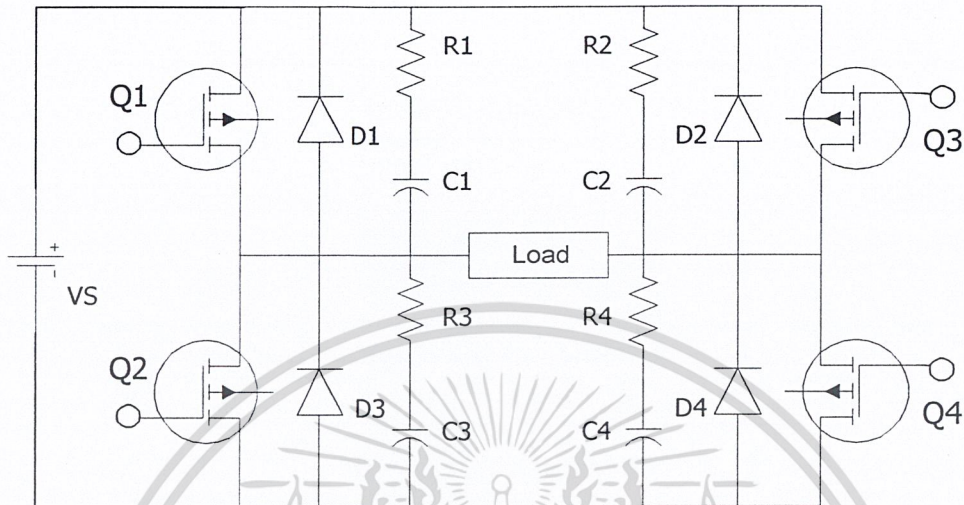
ไดโอดฟาสต์รีคัพเวอร์รี่ที่ต่อพร้อมเพาเวอร์มอสเฟตทั้งชุดบนและชุดล่างนั้นเป็นคอมมิวเตตติ้งไดโอด (Commutating Diode) มีหน้าที่ประการแรกคือ ป้องกันแรงดันสไปค์ในขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตเริ่มหยุดนำกระแส เนื่องจากพลังงานที่สะสมไว้ในขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงความถี่สูง และหน้าที่ประการที่สอง ในขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตหยุดนำกระแสขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะเกิดการกลับขั้วแรงดันขึ้น เมื่อรวมกับแรงดันครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่ายกระแสตรงแล้ว จะทำให้มีแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟตสูงมาก แต่ไดโอดฟาสต์รีคัพเวอร์รี่ที่ต่ออยู่กับเพาเวอร์มอสเฟตอีกตัวจะอยู่ในลักษณะไบแอสตรง ดังนั้นไดโอดนี้จะนำกระแสเป็นการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับเพาเวอร์มอสเฟต

หลังจากการสวิตช์ของเพาเวอร์มอสเฟต พัลส์ที่ได้ก็จะถูกส่งผ่านพลังงานโดยหม้อแปลงความถี่สูงไปยังขดลวดทุติยภูมิ พัลส์ที่ขดลวดทุติยภูมิจะถูกเรียงกระแสโดยไดโอดฟาสต์รีคัพเวอร์รี่ ที่ต่ออยู่ในลักษณะฟูลบริดจ์เรกติไฟเออร์ เพื่อนำแรงดันไปใช้งานต่อไป

3.5 ส่วนที่เป็นวงจรสแน็บเบอร์

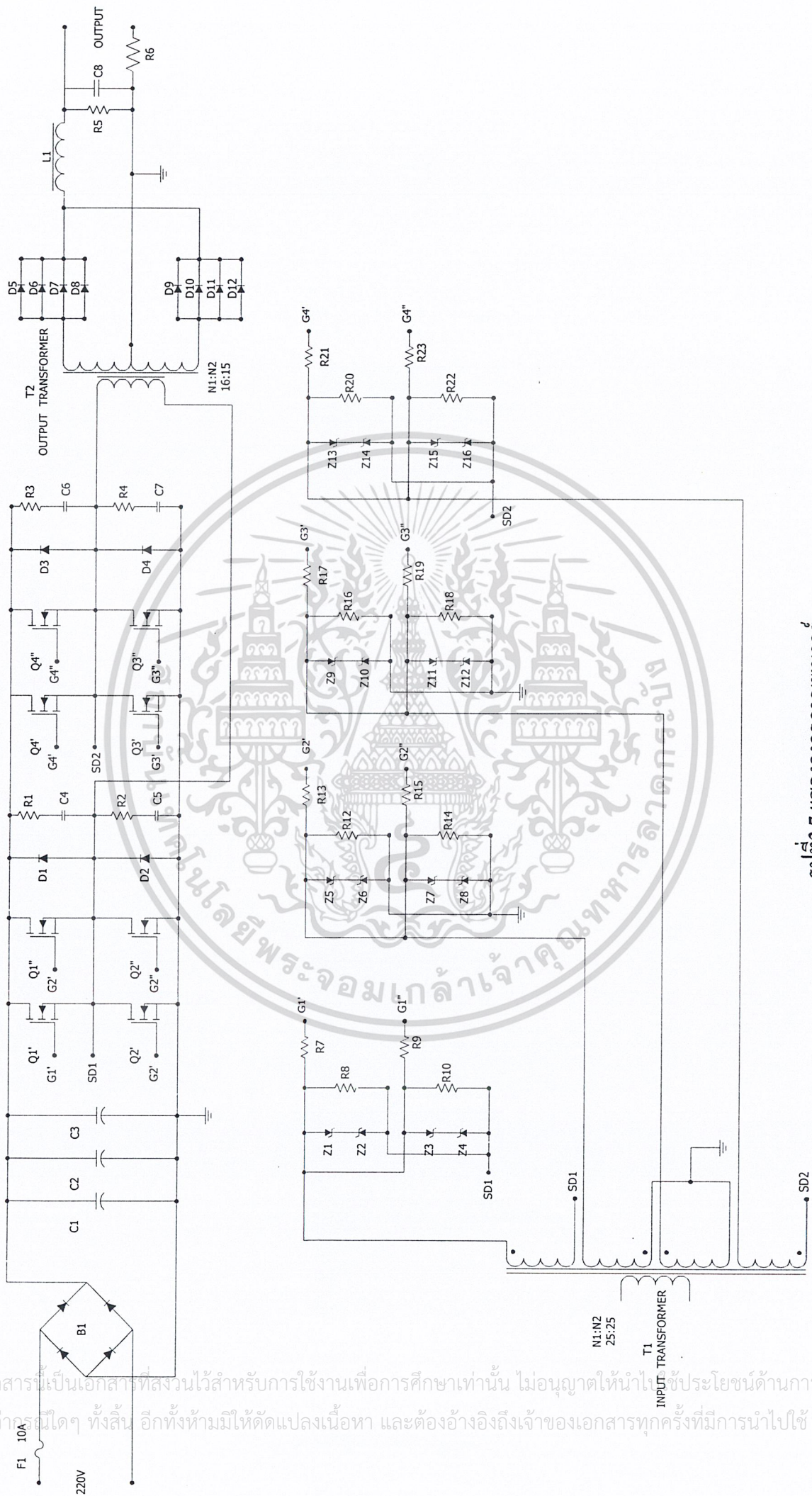
วงจรสแน็บเบอร์ เป็นส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาในวงจรอินเวอร์เตอร์ เพื่อลดการเกิดกำลังสูญเสียและป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเพาเวอร์มอสในวงจรขณะที่ทำงานปกติ วงจรสแน็บเบอร์นี้อาจแบ่งแยกออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ วงจรสแน็บเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส และสแน็บเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน วงจรการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สับเบอ์ทั่วไปจะประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ไดโอด เรียกว่าวงจร RCD สับเบอ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.6 วงจร INVERTOR ที่มีส่วนของ RCD สับเบอ์

ในวงจรนี้เราจะพูดแต่วงจรสับเบอ์ที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในวงจรอินเวอร์เตอร์ไดโอดจะทำงานเป็นคู่ คือคู่ของ D1 กับ D4 และ D2 กับ D3 เมื่อไดโอดชุดใดทำงานอีกชุดก็จะหยุดทำงานถ้า Q1 และ Q4 หยุดทำงานกระแส LOAD ก็ยังไหลอย่างต่อเนื่องผ่านทาง D3 และ D4 จนกระทั่งกระแสลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของแรงดันอินพุตและให้กระแสไหลลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงศูนย์จากนั้น Q2 กับ Q3 จึงจะทำงานดังนั้นที่ไดโอดอยู่ในช่วงนำกระแส พลังงานที่สะสมอยู่ใน L จะถูก FEEDBACK กลับไปที่อินพุต ดังนั้นเรียก ไดโอดนี้ว่า FEEDBACK DIODE



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรภาคเพาเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การออกแบบหม้อแปลงความถี่สูง

การออกแบบหม้อแปลงความถี่สูงสำหรับเครื่อง Switching Power Supply ที่ต้องการแรงดันเอาต์พุต 250 โวลต์และ กระแส เอาต์พุต 10 แอมป์ใช้แกนเฟอร์ไรท์แบบยูคอร์ 60 ที่ทำจากแกนเฟอร์ไรท์ชนิด H45 ที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 2.25 ตารางเซนติเมตร และมีค่าความหนาแน่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่จุดอิ่มตัวประมาณ 4700 เกาส์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แต่ในการใช้งานจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิปกติซึ่งจะมีค่าความหนาแน่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่จุดอิ่มตัว ประมาณ 2200 เกาส์

คำนวณหาจำนวนรอบของขดปฐมภูมิโดยใช้สมการ

$$N_p = \frac{V_{cc(\max)}}{4 \times B_m \times A_c \times N_c}$$

โดยที่ $V_{cc(\max)}$ คือ แรงดันที่ป้อนให้กับวงจร (V)
 B_m คือ ค่าความหนาแน่นของฟลักแม่เหล็กไฟฟ้า (T)
 A_c คือ พื้นที่หน้าตัดของแกน (m^2)
 N_c คือ จำนวนแกนของหม้อแปลง

แทนค่า

$$N_p = \frac{311}{4 \times 225 \times 10^{-6} \times 0.15 \times 25 \times 10^3 \times 7}$$

$$N_p = 13.16 \text{ รอบ}$$

เพราะฉะนั้น จำนวนรอบของขดปฐมภูมิเป็น 13 รอบ

คำนวณหาจำนวนรอบของขดทุติยภูมิ โดยใช้สมการ

$$n = \frac{n_s}{n_p} = \frac{V_o^1}{2 \times D_{\max} \times V_{cc \min}}$$

$$\text{เมื่อ } V_o^1 = V_o + V_{H} + V_D$$

โดยที่ V_o คือ แรงดัน output
 V_{H} คือ แรงดันที่ตกคร่อมขดลวด
 V_D คือ แรงดันที่ตกคร่อมไดโอด
 D_{\max} คือ Duty cycle สูงสุด
 $V_{cc \min}$ คือ แรงดันที่ป้อนให้กับวงจรต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า

$$n = \frac{250 + 5 + 1.5}{2 \times 0.45 \times 300}$$

$$= 0.95$$

$$N_s = nN_p$$

$$= 0.95 \times 13$$

$$= 12.35 \text{ รอบ}$$

เพราะฉะนั้น จึงใช้จำนวนของขดทุติยภูมิเป็น 12 รอบ

หาค่าของเส้นลวดจากสมการ

$$I_1 = nI_o$$

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

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

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

โดยที่ J คือ ความหนาแน่นของกระแสต่อพื้นที่ (ในที่นี้เลือก $J = 5 \text{ A/mm}^2$)

แทนค่า

$$I_1 = 0.95 \times 15$$

$$= 14.25 \text{ A}$$

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

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

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

$$= 10.05 \text{ A}$$

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

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

เนื่องจากได้พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวดใหญ่มาก จึงใช้ลวดเบอร์ 24 ที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 0.209 mm^2 จำนวน 20 เส้น ตีเกลียวเป็นทั้งขดปฐมภูมิ และขดทุติยภูมิของหม้อแปลง

3.7 วงจรแรงดันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแรงดันสูงเป็นวงจรใช้ในการกระตุ้นให้เกิดลำพลาสมาโดยวงจรจะเป็นวงจรที่ใช้
อุปกรณ์ Silicon control rectifier (SCR) และใช้การเพิ่มแรงดันทางเข้าพุทโดยการผันหม้อแปลง
แบบสแต็บอัป และนำไปใช้งาน

3.8 วงจรควบคุมการจุด/ดับ พลาสมา

เนื่องจากการเกิดพลาสมาและการดับลำพลาสมานั้นจะต้องควบคุมจากสวิทซ์ที่หัวตัดเพียง
สวิทซ์เดียว การออกแบบเพื่อรองรับเงื่อนไขดังกล่าวจึงนำรีเลย์สวิทซ์มาใช้ประกอบเป็นวงจรตัดต่อ
วงจรแรงดันสูงและการดับพลาสมาที่ใช้รีเลย์สวิทซ์ควบคุมสัญญาณ โลจิกของขาริเซ็ตของ SG3526



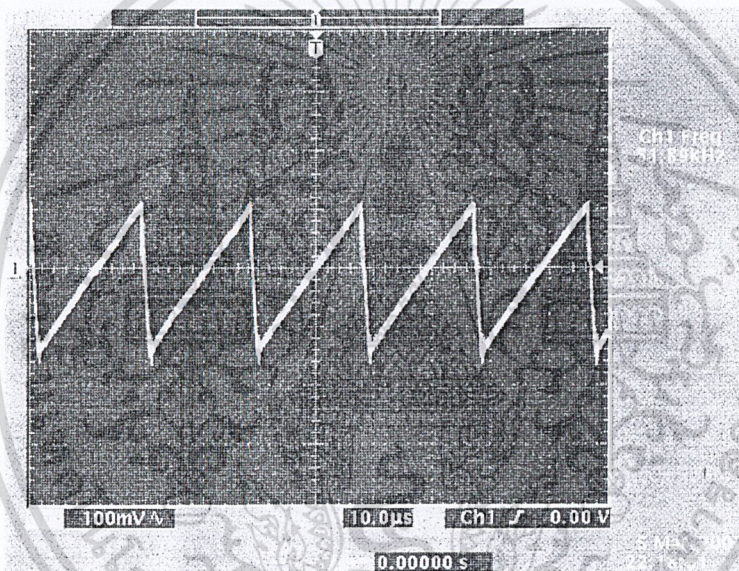
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบการทำงาน

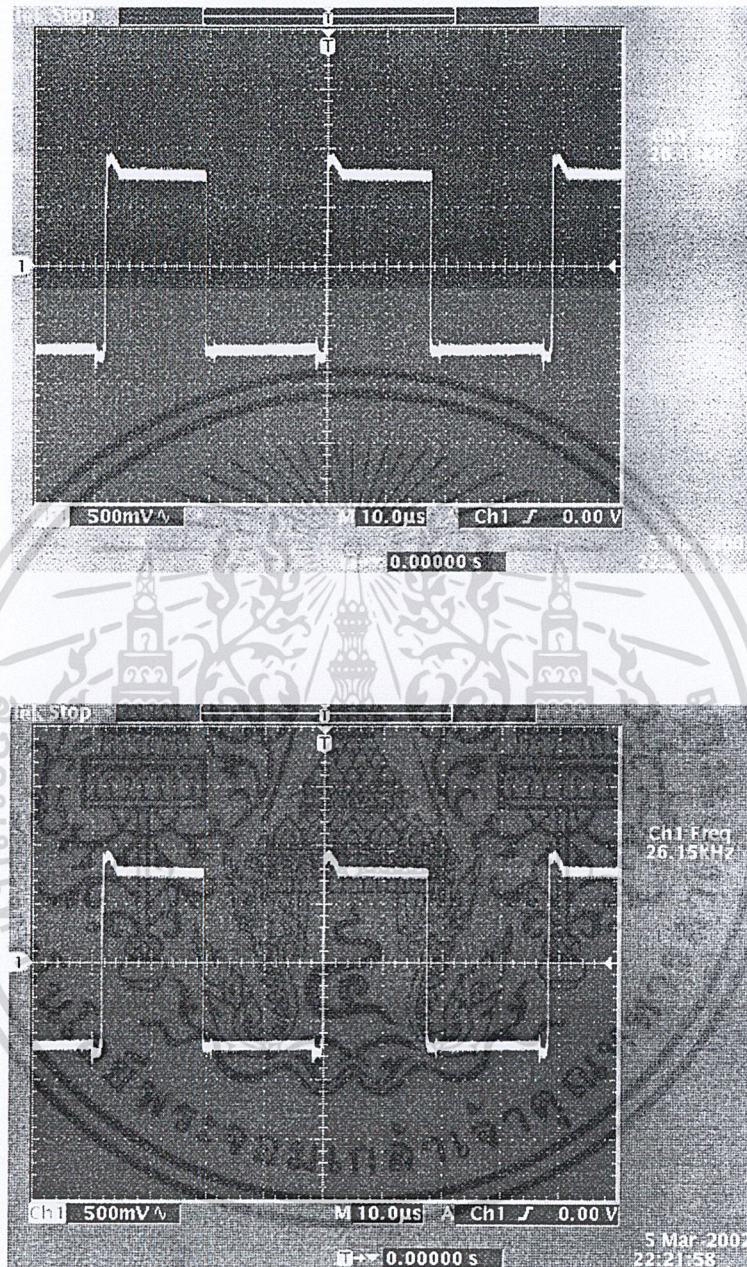
4.1 การตรวจวัดรูปสัญญาณที่จุดต่างๆ ในวงจร

- 4.1.1 รูปสัญญาณที่วัดจากขา 10 ของไอซี SG3526 มีลักษณะเป็นคลื่นเอียง (Ramp Wave) ส่วนคาบเวลาที่ได้นั้นจะเป็นฐานเวลาให้กับวงจรสวิทช์ ซึ่ง ส่วนช่วงเวลาในจังหวะขาของรูปสัญญาณจะเป็นตัวบอกค่าเวลาทีรอให้อุปกรณ์สวิทช์ซึ่งหยุดนำกระแส (Dead Time)



รูปที่ 4.1 รูปแสดงสัญญาณฟันเลื่อยซึ่งเป็นฐานเวลาในการสร้างพัลส์

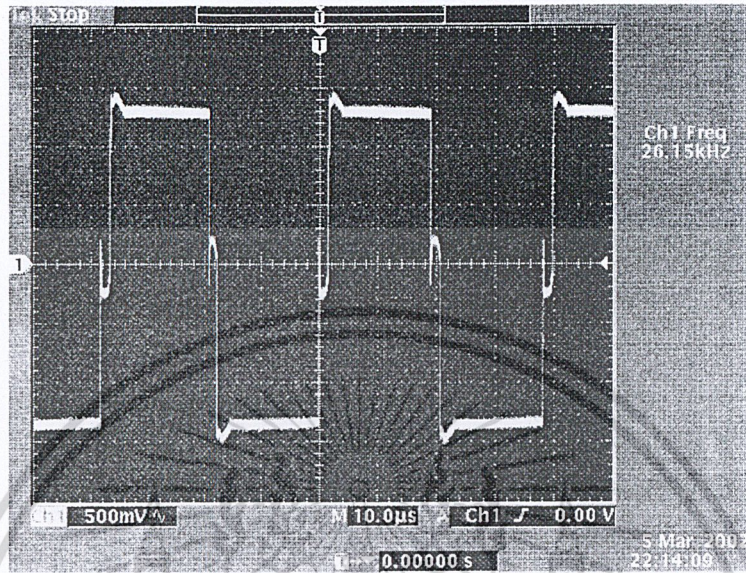
4.1.2 รูปสัญญาณที่วัดจากขา 13 และ 16 ของไอซี SG3526 ซึ่งเป็นสัญญาณเอาต์พุตพัลส์ที่จะส่งไปควบคุมการสวิทช์ของอุปกรณ์เพาเวอร์สวิทช์ โดยผ่านวงจรขับ



รูปที่ 4.2 รูปแสดงสัญญาณพัลส์ที่เอาต์พุต A และ B ของไอซี SG3526

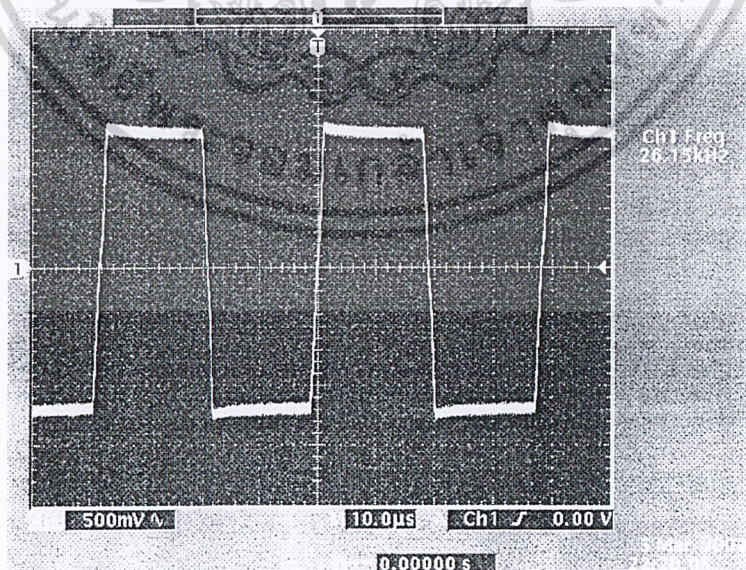
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 สัญญาณพัลส์จากวงจรควบคุมที่ป้อนให้กับขดปฐมภูมิของ Coupling Transformer เพื่อขยายสัญญาณให้สูงขึ้น



รูปที่ 4.3 สัญญาณพัลส์ที่ขดปฐมภูมิของ Coupling Transformer

4.1.4 สัญญาณพัลส์จากวงจรขับที่ส่งผ่านหม้อแปลงเพื่อแยกระบบควบคุมกับระบบกำลังมายังขาเกตของเพาเวอร์มอสเฟต



รูปที่ 4.4 รูปแสดงสัญญาณพัลส์ที่ขาเกตของเพาเวอร์มอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติต่างๆของเครื่องสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

การทดสอบจัดทำโดยการทดลองและวัดเก็บค่าต่างๆเป็นผลการทดลองดังจะแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 OUTPUT POWER

เป็นความสามารถในการจ่ายกำลังให้กับโหลดของ สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย คัดได้จากผลคูณของกระแสและแรงดันทั้งหมดที่เอาท์พุท โดยคิดเป็นค่า RMS

$$\begin{aligned} \text{OUTPUT POWER} &= V_{\text{out}} * I_{\text{out}} && \text{คิดที่โหลด 15 โอห์ม} \\ &= 170 \text{ V}_{\text{RMS}} \times 11.3 \\ P_{\text{OUT}} &= 1921 \text{ WATT} \end{aligned}$$

4.2.2 INPUT POWER

เป็นผลคูณของกระแสและแรงดันในฝั่งทางด้านอินพุท โดยคิดเป็นค่า RMS

$$\begin{aligned} \text{INPUT POWER} &= V_{\text{in}} * I_{\text{in}} && \text{คิดที่โหลด 15 โอห์ม} \\ &= 310 \text{ V}_{\text{RMS}} \times 8.6 \\ P_{\text{IN}} &= 2666 \text{ WATT} \end{aligned}$$

4.2.3 EFFICIENCY

ค่าประสิทธิภาพ คือ ความสามารถในการส่งผ่านพลังงานจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟสลับ ไปยัง โหลดที่เอาท์พุทซึ่งทำการคำนวณโดยนำกำลังงานทางด้านเอาท์พุททำการหารด้วยส่วนของกำลังงานขาออกหารด้วยกำลังงานขาเข้าแล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{Eff} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100 \%$$

$$\text{Eff} = 72 \%$$

4.2.4 LOAD REGULATION

เป็นการเปลี่ยนแปลงของอัตราแรงดันเอาท์พุทเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าโหลดทางเอาท์พุทคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้

LOAD REGULATION = $\frac{\Delta V}{\Delta \text{Load}} * 100 \%$ เมื่อให้โวลต์เตจคงที่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ศึกษาเพื่อให้นักเรียนเข้าใจ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเก็บค่าการทดลองได้ดังนี้

$$\text{Load} = 15 \text{ โอห์ม} \quad \text{ได้} \quad \text{Vout} = 170 \text{ Volt}$$

$$\text{Load} = 53 \text{ โอห์ม} \quad \text{ได้} \quad \text{Vout} = 185 \text{ Volt}$$

$$\text{LOAD REGURATION} = \frac{(185 - 170)}{(53 - 15)} \times 100\%$$

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

4.3 ผลการทดลองของเครื่องตัดโลหะพลาสมาไฟฟ้า

การทดลองทำโดยประกอบส่วนต่างๆ รวมกันเป็นเครื่องตัดโลหะพลาสมาไฟฟ้าและใช้เหล็กผสมคาร์บอนในการตัด โดยมีความหนาหลายขนาดแตกต่างกันและทำการวัดระยะทางพร้อมกับจับเวลา โดยมีความดันคงที่

ตารางที่ 4.1 ความเร็วในการตัดเหล็กผสมคาร์บอน โดยใช้เครื่องตัดโลหะพลาสมาไฟฟ้า

ความหนา (มิลลิเมตร)	1	2	3	4	5
ความเร็ว (มิลลิเมตร / วินาที)	2.62	2.1	0.9	0.63	0.52
แก๊สพลาสมา : ไนโตรเจน (N ₂)					
ความดัน : 2 (Kg / cm ²)					

ประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายกำลังสวิตซ์ซึ่งขณะทำการตัดโลหะ

$$V_{IN} = 310 \text{ Volt} \quad V_{OUT} = 100 \text{ Volt}$$

$$I_{IN} = 9.5 \text{ Amp} \quad I_{OUT} = 25 \text{ Amp}$$

$$P_{IN} = 2945 \text{ Watt} \quad P_{OUT} = 2500 \text{ Watt}$$

$$\text{ประสิทธิภาพ} = (2500/2945) * 100\%$$

$$= 84.88\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะเห็นว่าขณะที่เกิดพลาสมาที่หัวตัดจะมีแรงดันตกคร่อมหัวตัดระหว่างอิเล็กโทรดและ
นอนเซิลด์ 100 โวลต์ และมีกระแสไหลผ่าน 25 แอมป์ ทำให้เราทราบค่าความต้านทานมีค่า
ประมาณ 4 โอห์ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ได้ทำเป็นผลที่ได้จากเครื่องตัดโลหะพลาสมาไฟฟ้า โดยในส่วนของแหล่งจ่ายกำลังแบบสวิทช์ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นหัวใจหลักของเครื่องตัดที่ขาดไม่ได้จากผลการทดลองในบทที่ 4 เราได้ค่าตัวแปรสำคัญของแหล่งจ่ายออกมา เช่น ประสิทธิภาพ, Load regulation เป็นต้น ซึ่งในขณะที่ตัดโลหะนั้นมีประสิทธิภาพเมื่อใช้แก๊สใน โตรเจนความดัน 2 Kg/cm^2 และมีไหลดพลาสมาปรากฏที่ปลายหัวตัดประมาณ 4 โอห์ม แต่ถ้าทดลองเปลี่ยนแก๊สที่ใช้ , ระดับความดัน และขนาดความกว้างพัลส์ที่เรากำหนดไว้รอบเพื่อจุดพลาสมา ค่าไหลดพลาสมาที่ปรากฏตรงหัวตัดจะเปลี่ยนแปลงไป หรืออาจจะพูดได้ว่าเราเลือกแก๊สที่เป็นแก๊สอาร์กอน , ฮีเลียม, หรือเป็นแก๊สผสมระหว่าง อ็อกซิเจนกับไนโตรเจน จะปรากฏไหลดพลาสมาที่มีค่าต่ำลงเมื่อมีระดับความดันและความกว้างพัลส์มีค่าคงเดิม เพราะการอ็อกซิเจนของอะตอมแก๊สเฉื่อยหรือแก๊สที่มีส่วนผสมของอ็อกซิเจนจะเกิดความร้อนที่สูงกว่าและความเร็วในการตัดก็จะมากกว่าไนโตรเจนบริสุทธิ์ที่นำมาทดลองอันเนื่องมาจากความจำกัดในเรื่องต่างๆ จึงไม่สามารถทำการทดลองด้วยแก๊สต่างๆ ที่กล่าวไว้ได้ ผลการทดลองในตารางที่ 4.1 นั้นเราเลือกโลหะที่มีคาร์บอนผสมอยู่เพราะเหมาะกับไนโตรเจนบริสุทธิ์ที่ใช้ในการทดลอง จากผลการทดลองที่ปรากฏในตารางที่ 4.1 นั้นเห็นได้ว่ามีความเร็วในการตัดต่ำเพราะว่า กำลังงานที่จ่ายจากแหล่งจ่ายยังมีค่าต่ำอยู่ หากว่ามีกำลังงานที่สูงกว่านี้ก็จะสามารถใช้กับความดันของแก๊สที่มากขึ้นได้ เหตุผลที่ใช้ความดัน 2 Kg/cm^2 เพราะว่าถ้าเพิ่มความดันแก๊สมากขึ้นกว่านี้จะทำให้โอเล็ททรอดและนีออนเซ็ลนั้นแยกห่างจากกันมากขึ้นเป็นผลให้พลาสมาที่จะเกิดขึ้นมีค่าสูงกว่าที่ทดลองเมื่อไหลดพลาสมาสูงขึ้นความสามารถในการดึงกำลังงานจากแหล่งจ่ายก็จะน้อยลงและจำทำให้จุดพลาสมาไม่ติดหรือจุดติดในระยะหนึ่งแล้วดับลงอันนี้ก็เพราะว่ากระแสต่ำลงนั่นเอง สามารถแก้ไขได้หากเราทำการเพิ่มประสิทธิภาพหรือกำลังงานของแหล่งจ่ายกำลังสวิทช์ซึ่ง

ปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นนั้นคือ ในการจุดพลาสมาในตอนแรกต้องตั้งค่าความกว้างพัลส์ที่วงจรควบคุมพัลส์ไว้กว้างสุดผลอันนี้ก็เพราะว่าแหล่งจ่ายกำลังงานที่สร้างขึ้นนั้นยังคงมีกำลังงานทางเข้าพุทที่ต่ำอยู่แต่ยังสามารถใช้งานได้แล้ว หากทำการเพิ่มกำลังงานทางเข้าพุทหรือปรับปรุงประสิทธิภาพให้ดีขึ้นก็จะสามารถลดความกว้างพัลส์ในการเริ่มได้

จากการทดลองได้นำหัวตัดพลาสมาของบริษัท Trafimet รุ่น S30 ซึ่งมีแรงดันอย่างต่ำ 113 โวลท์ และใช้กับกระแสสูงสุด 40 แอมป์ และออกแบบมาเพื่อใช้กับอากาศ โดยบริโภคอากาศเป็น 100 ลิตรที่ต่อ นาทีที่ ความดัน 5 บาร์หรือรายละเอียดต่างๆ มีแจ้งไว้ในภาคผนวกที่ 3 แต่การการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองนั้นไม่ได้ใช้อากาศตามที่หัวตัดออกแบบมาอันเนื่องจากไม่สะดวกที่จะใช้ปั๊มอากาศและตัวกรองน้ำ (water filter) ของปั๊มมีราคาสูง จึงเลือกใช้ไนโตรเจนเพราะเคลื่อนย้ายและใช้งานสะดวกกว่า

ปัญหาอย่างหนึ่งที่ปรากฏขึ้น คือ มีแรงดันสูงรั่วไหลผ่านสวิทช์ที่หัวตัดเข้าสู่วงจรควบคุม ทำความเสียหายกับวงจรทำการแก้ปัญหาโดยทำการแยกวงจรโดยใช้อุปกรณ์แยกทางแสง (Opto Isolator)

และปัญหาสุดท้าย คือ การป้อนกลับของภาคควบคุมจะทำให้การจุดพลาสมามีปัญหาเนื่องจากไฟสูงที่ทำให้การจุดพลาสมาเกิดการสูญเสียในวงจรภาคควบคุม จึงแก้ไขโดยใช้วงจรสแน็บเบอร์ เป็นตัวป้องกันการสูญเสียของไฟแรงสูงเข้าไปรบกวนภาคควบคุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวกที่ 1
ตารางแสดงค่าตัวแปรต่างๆ ของเครื่องเชื่อมและตัดพลาสมาไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

Shielding Gas-Argon plus 5 percent H₂ at 15 scf/h. filler wire-Type 304 stainless steel, torch rating 100 A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

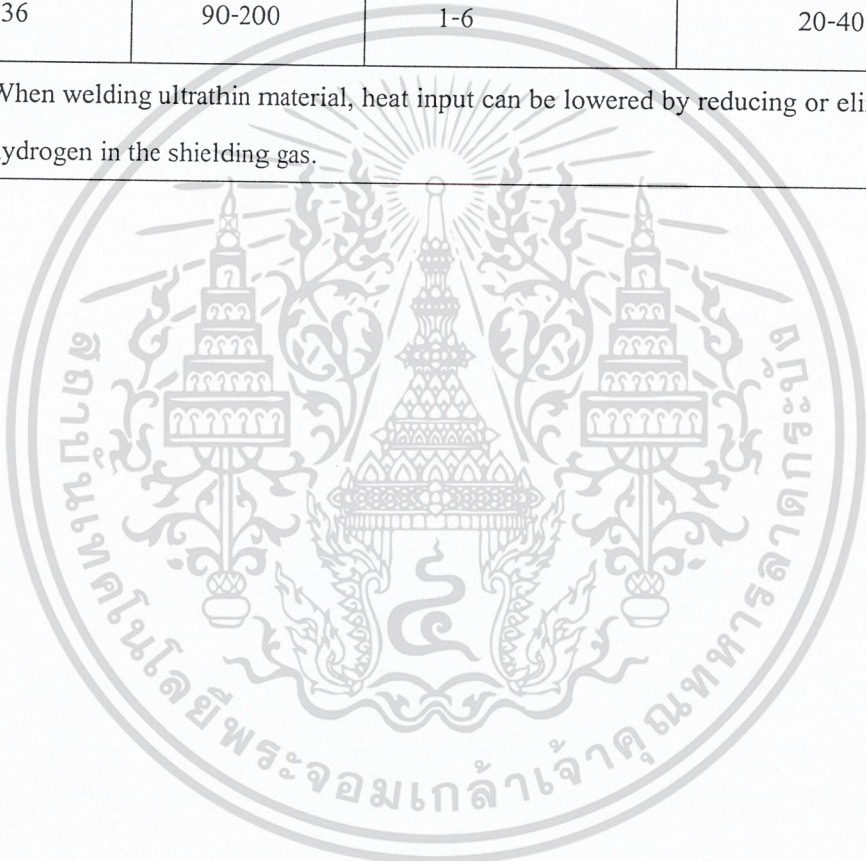
Nozzel Diameter (in.)	Current Range (A)	PlasmaGas FlowRate (scf/h)	Ar + 5% H ₂ ShieldingGas (scf/h)
0.036	1-25	0.05-1.5	15-20
0.067	2-27	0.5-3.0	15-20
0.089	5-100	0.5-4.0	15-30

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

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 Shielding Gas (scf/h)
0.036	1-25	0.5-1.6	20-40
0.067	2-75	0.5-3.0	20-40
0.089	5-100	0.5-4.0	20-40
0.118	60-180	1-5	20-40
0.136	90-200	1-6	20-40

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Material And Plate Thickness (in.)	Joint Type	Orifice Diameter (in.)	Argon Plasma Gas Flow Rate (scf/h)	Shield- ing Gas Flow Rate (scf/h)	Curre nt (A)	Maxi- mum Nozzel to-Work Distance (in.)	Filler- 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	1/4	308 SS 3/32	-	Manual (Puddle)	-
304 SS 1/16	Vertical Fillet	0.067	1.0	20	25	1/4	308 SS 1/16	-	Manual (Puddle)	-
304 SS 3/32	Vertical Fillet	0.067	1.0	20	45	1/4	308 SS 1/16	-	Manual (Puddle)	-
304 SS 1/8	Bead on Flat	0.067	1.0	20	65	1/4	-	-	Manual (keyhold)	Argon 10
304 SS 1/8	plate Bead on	0.067	4.0	20	60	1/4	-	-	Machine	Argon 5
304 SS 0.022	Flat plate	0.036	1.0	30	15	1/4	-	5	Machine	Argon 5
304 SS 1/16	Flat butt	0.036	1.0	30	25	1/4	-	6.5	Machine	Argon 5
304 SS 1/16	Flat butt	0.089	1.0	30	75	1/4	-	18	Machine	Argon 5
304 SS 1/16	Flat butt	0.136	1.0	30	125	1/4	-	30	Machine	Argon 5
304 SS 1/8	Flat butt	0.067	1.5	30	80	1/4	-	10	Machine	Argon 10
	Flat butt									
	Flat butt									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแหล่งอื่น และต้องขออนุญาตเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

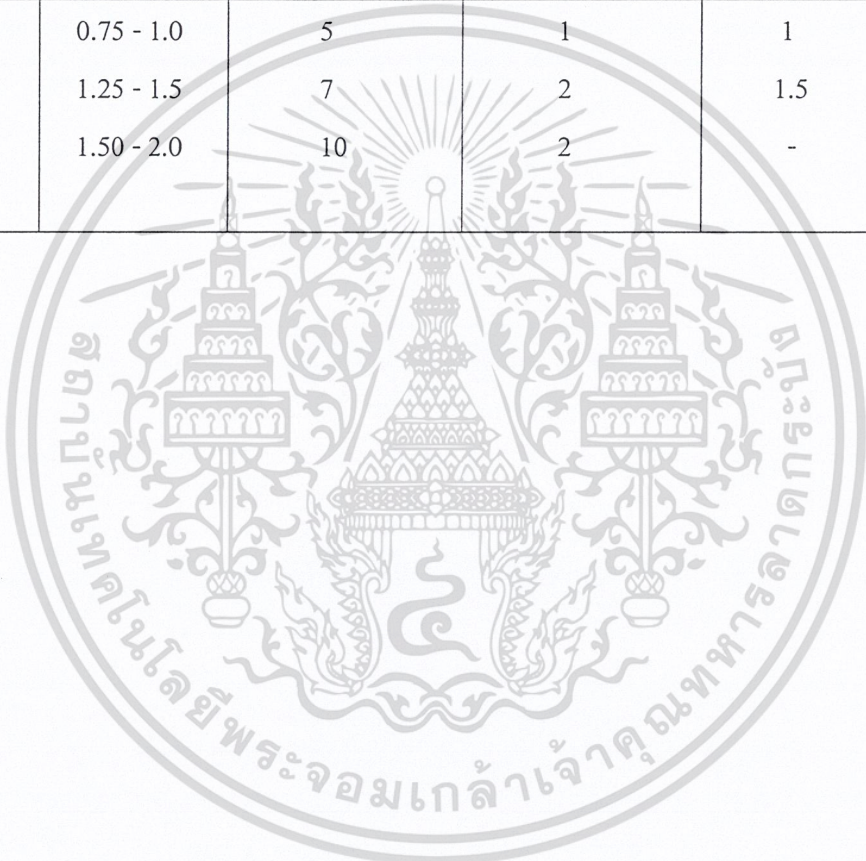
TABLE 1-5 Plasma welding data for various alloy with the melt-in technique

Material And Plate Thickness (in.)	Joint Type	Orifice Diameter (in.)	Argon Plasma Gas Flow Rate (scf/h)	Shield- ing Gas Flow Rate (scf/h)	Current (A)	Maxi- mum Nozzel to - Work Distance (in.)	Filler- Wire type And Size (in.)	Weld Speed (in./min)	Welding Technique	Backup Gas Type And Flow Rate (scf/h)
70-30 brass 0.020	Flange butt	0.089	4.0	30	140	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.										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	-



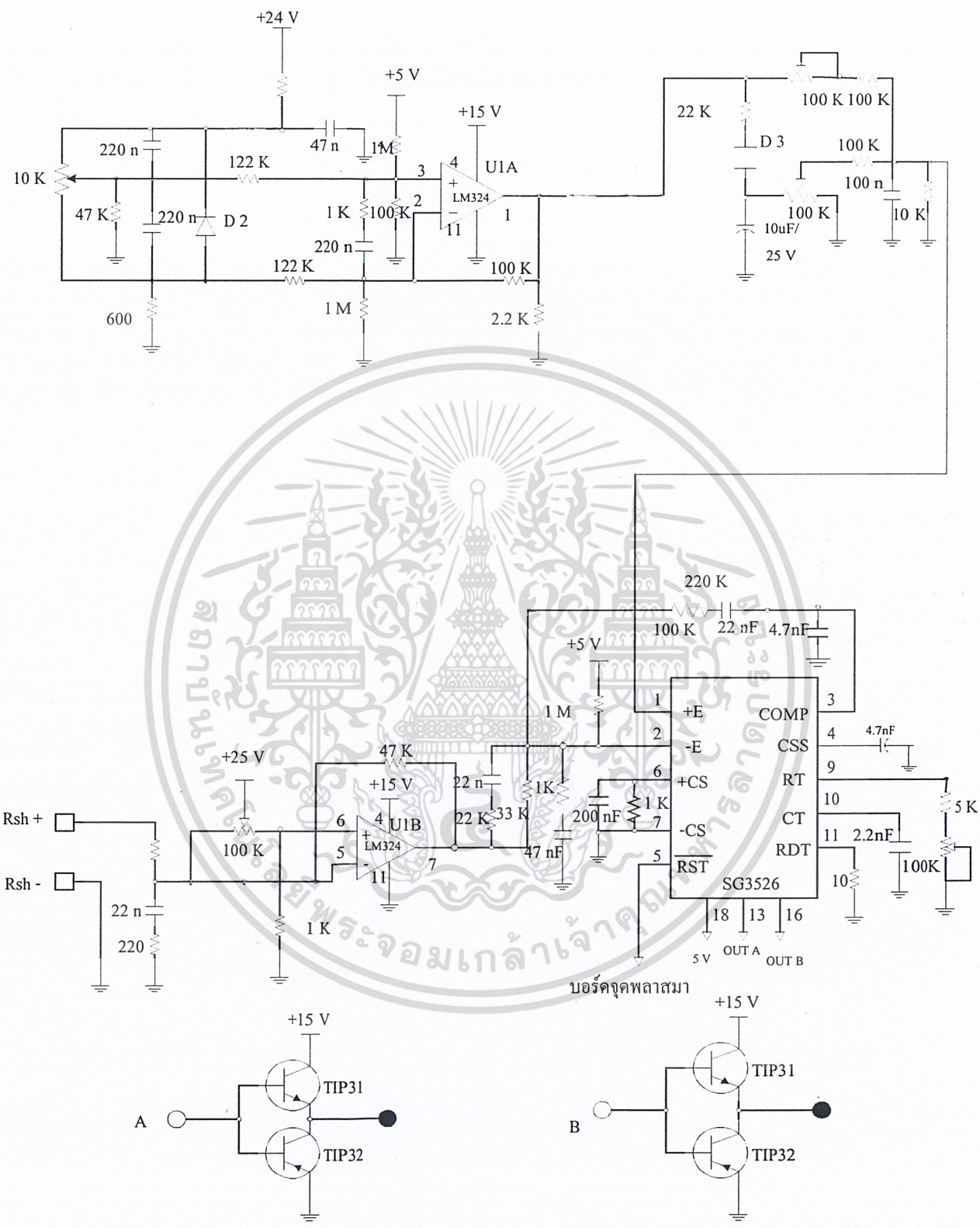
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวกที่ 2

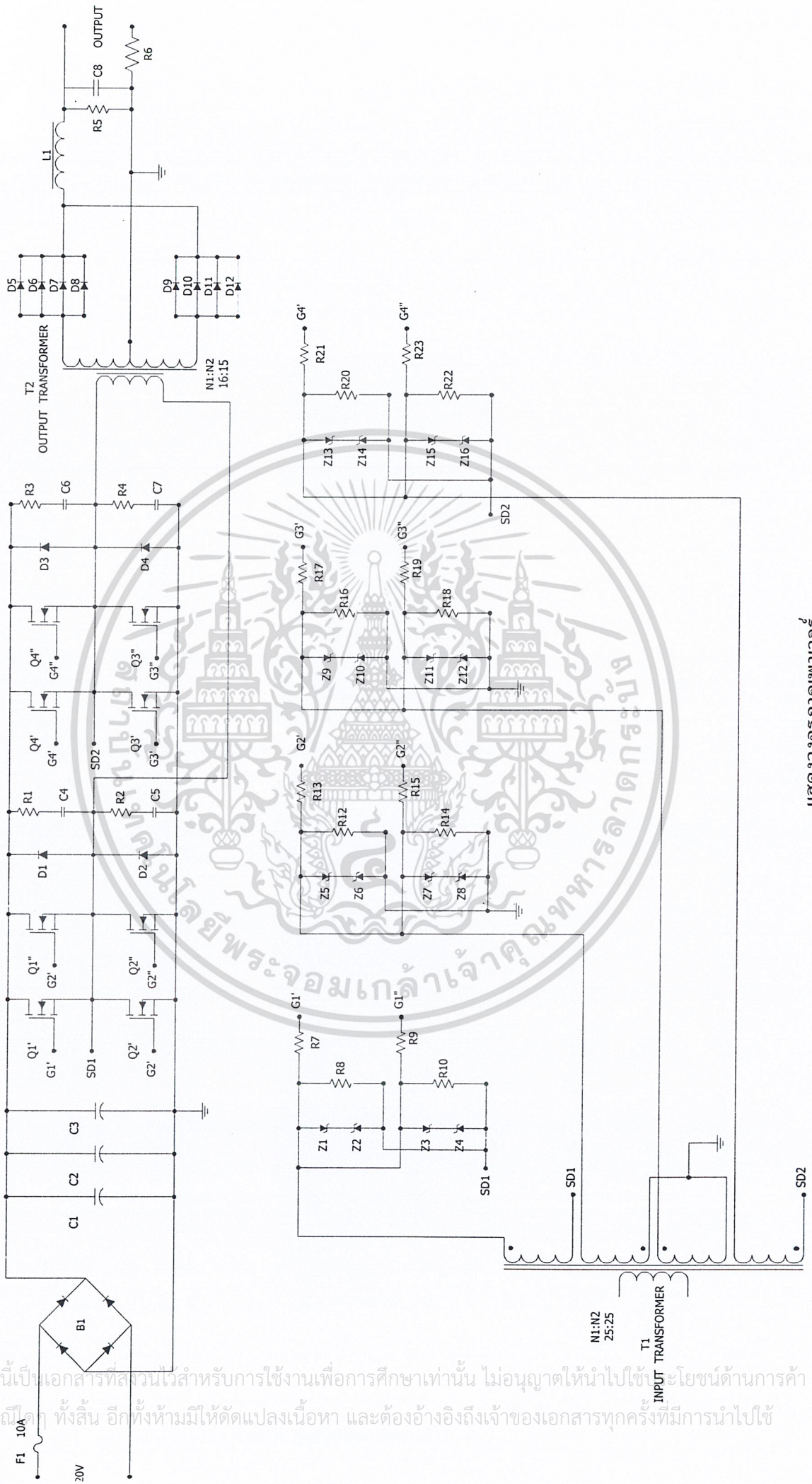
แสดงรายละเอียดส่วนของวงจรเครื่องตัดโลหะด้วยลำพลาสมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



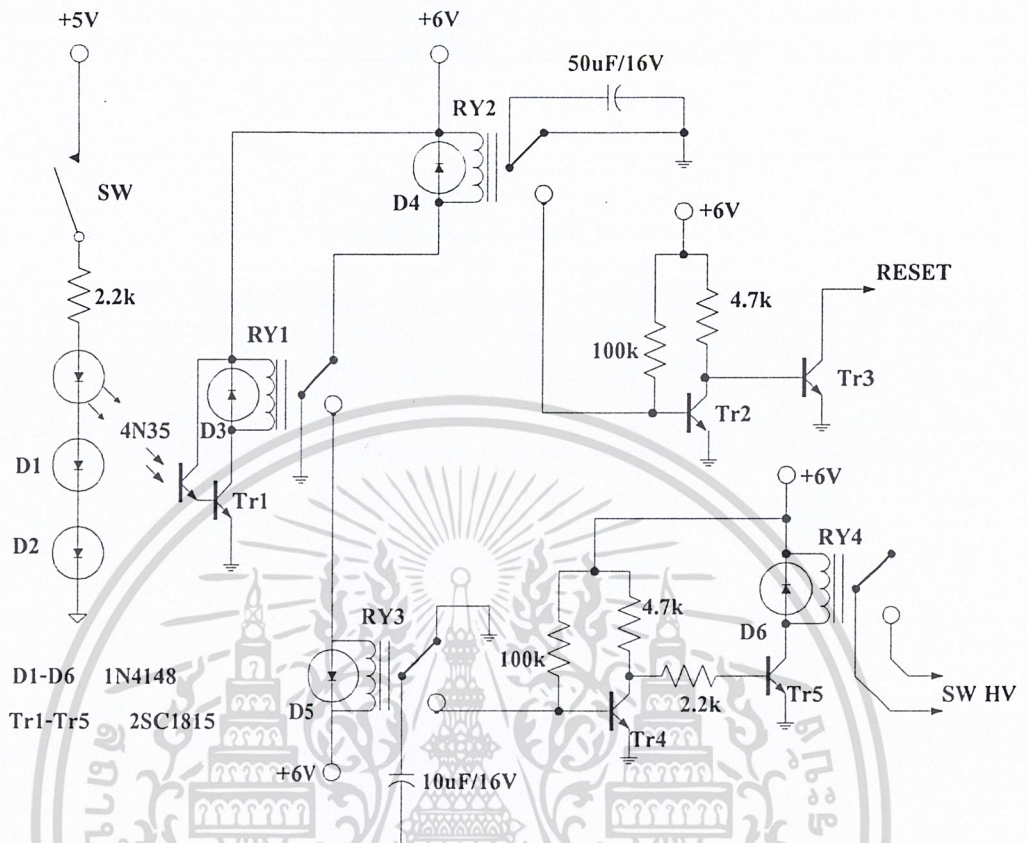
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงวงจรควบคุม



แสดงวงจรภาคเพาเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงวงจรควบคุมการจุด-ดับพลาสมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปริยญาณิพนธ์ในครั้งนี้จะไม่ประสบความสำเร็จเลย ถ้าไม่มีท่านอาจารย์ที่ปรึกษา (รศ.สมศักดิ์ เชียร์ศิริกุล) ที่คอยให้คำแนะนำ แนวความคิดในการทำงานแต่ละขั้นตอนรวมทั้งการแก้ปัญหาต่างๆ และผลักดันให้ปริยญาณิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงมาด้วยดี และขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกท่านที่ได้คอยช่วยเหลือให้ยืมเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ และกำลังใจที่ดีเสมอมาในการสร้างปริยญาณิพนธ์นี้

ผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

สุวัฒน์ คั่น, “เทคนิคและการออกแบบ สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย”, หน้า 7-65

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

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

Smith, D., “Welding Skills And Technology”, pp.347-360 , International Editions., McGraw-Hill.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REGULATING PULSE WIDTH MODULATOR

DESCRIPTION

The SG1526 is a high performance monolithic pulse width modulator circuit designed for fixed-frequency switching regulators and other power control applications. Included in an 18-pin dual-in-line package are a temperature compensated voltage reference, sawtooth oscillator, error amplifier, pulse width modulator, pulse metering and steering logic, and two low impedance power drivers. Also included are protective features such as soft-start and undervoltage lockout, digital current limiting, double pulse inhibit, a data latch for single pulse metering, adjustable deadtime, and provision for symmetry correction inputs. For ease of interface, all digital control ports are TTL and B-series CMOS compatible. Active LOW logic design allows wired-OR connections for maximum flexibility. This versatile device can be used to implement single-ended or push-pull switching regulators of either polarity, both transformerless and transformer coupled. The SG1526 is characterized for operation over the full military ambient junction temperature range of -55°C to +150°C. The SG2526 is characterized for operation from -25°C to +150°C, and the SG3526 is characterized for operation from 0°C to +125°C.

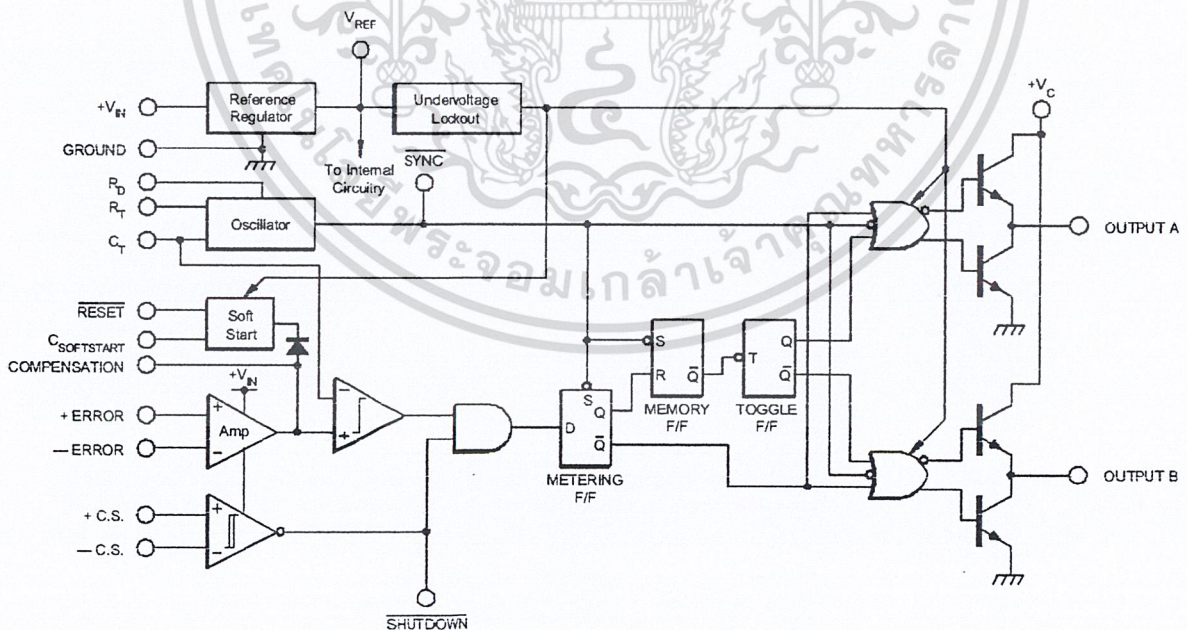
FEATURES

- 8 to 35 volt operation
- 5V reference trimmed to ±1%
- 1Hz to 350KHz oscillator range
- Dual 100mA source/sink outputs
- Digital current limiting
- Double pulse suppression
- Programmable deadtime
- Undervoltage lockout
- Single pulse metering
- Programmable soft-start
- Wide current limit common mode range
- TTL/CMOS compatible logic ports
- Symmetry correction capability
- Guaranteed 6 unit synchronization

HIGH RELIABILITY FEATURES - SG1526

- ◆ Available to MIL-STD-883B and DESC SMD
- ◆ Radiation data available
- ◆ LMI level "S" processing available

BLOCK DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Input Voltage (V_{IN})	40V	Logic Sink Current	15mA
Collector Supply Voltage (V_C)	40V	Operating Junction Temperature	
Logic Inputs	-0.3V to 5.5V	Hermetic (J, L Packages)	150°C
Analog Inputs	-0.3V to V_{IN}	Plastic (N, DW Packages)	150°C
Source/Sink Load Current (each output)	200mA	Storage Temperature Range	-65°C to 150°C
Reference Load Current	50mA	Lead Temperature (Soldering, 10 Seconds)	300°C

Note 1. Exceeding these ratings could cause damage to the device.

THERMAL DATA

J Package:

Thermal Resistance-Junction to Case, θ_{JC}	25°C/W
Thermal Resistance-Junction to Ambient, θ_{JA}	70°C/W

N Package:

Thermal Resistance-Junction to Case, θ_{JC}	30°C/W
Thermal Resistance-Junction to Ambient, θ_{JA}	60°C/W

DW Package:

Thermal Resistance-Junction to Case, θ_{JC}	35°C/W
Thermal Resistance-Junction to Ambient, θ_{JA}	90°C/W

L Package:

Thermal Resistance-Junction to Case, θ_{JC}	35°C/W
Thermal Resistance-Junction to Ambient, θ_{JA}	120°C/W

Note A. Junction Temperature Calculation: $T_J = T_A + (P_D \times \theta_{JA})$.

Note B. The above numbers for θ_{JC} are maximums for the limiting thermal resistance of the package in a standard mounting configuration. The θ_{JA} numbers are meant to be guidelines for the thermal performance of the device/pc-board system. All of the above assume no ambient airflow.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS (Note 2)

Input Voltage	8V to 35V	Oscillator Timing Capacitor	1nF to 20 μ F
Collector Supply Voltage	4.5V to 35V	Available Deadtime Range at 40KHz	3% to 50%
Sink/Source Load Current (each output)	0 to 100mA	Operating Ambient Temperature Range:	
Reference Load Current	0 to 20mA	SG1526	-55°C to 125°C
Oscillator Frequency Range	1Hz to 350KHz	SG2526	-25°C to 85°C
Oscillator Timing Resistor	2K Ω to 150K Ω	SG3526	0°C to 70°C

Note 2. Range over which the device is functional.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Unless otherwise specified, these specifications apply over the operating ambient temperatures for SG1526 with $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$, SG2526 with $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$, SG3526 with $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$, and $V_{IN} = 15\text{V}$. Low duty cycle pulse testing techniques are used which maintains junction and case temperatures equal to the ambient temperature.)

Parameter	Test Conditions	SG1526/2526			SG3526			Units
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Reference Section (Note 3)								
Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$	4.95	5.00	5.05	4.90	5.00	5.10	V
Line Regulation	$V_{IN} = 8$ to 35V		10	30		10	30	mV
Load Regulation	$I_L = 0$ to 20mA		10	30		10	50	mV
Temperature Stability (Note 9)	Over Operating T_J		15	50		15	50	mV
Total Output Voltage Range (Note 9)	Over Recommended Operating Conditions	4.90	5.00	5.10	4.85	5.00	5.15	V
Short Circuit Current	$V_{REF} = 0\text{V}$		50	125		50	125	mA
Undervoltage Lockout Section								
RESET Output Voltage	$V_{REF} = 3.8\text{V}$		0.2	0.4		0.2	0.4	V
RESET Output Voltage	$V_{REF} = 4.8\text{V}$	2.4	4.8		2.4	4.8		V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Parameter	Test Conditions	SG1526/2526			SG3526			Units
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Oscillator Section (Note 4)								
Initial Accuracy	$T_J = 25^\circ\text{C}$		±3	±8		±3	±8	%
Voltage Stability	$V_{IN} = 8 \text{ to } 35\text{V}$		0.5	1.0		0.5	1.0	%
Temperature Stability (Note 9)	Over Operating T_J		7	10		5	10	%
Minimum Frequency (Note 9)	$R_T = 150\text{K}\Omega, C_T = 20\mu\text{F}$			1.0			1.0	Hz
Maximum Frequency	$R_T = 2\text{K}\Omega, C_T = 1.0\text{nF}$	350			350			KHz
Sawtooth Peak Voltage	$V_{IN} = 35\text{V}$		3.0	3.5		3.0	3.5	V
Sawtooth Valley Voltage	$V_{IN} = 8\text{V}$	0.5	1.0		0.5	1.0		V
Error Amplifier Section (Note 5)								
Input Offset Voltage	$R_S \leq 2\text{K}\Omega$		2	5		2	10	mV
Input Bias Current			-350	-1000		-350	-2000	nA
Input Offset Current			35	100		35	200	nA
DC Open Loop Gain	$R_L \geq 10\text{M}\Omega, T_J = 25^\circ\text{C}$	64	72		60	72		dB
High Output Voltage	$V_{PIN1} - V_{PIN2} \geq 150\text{mV}, I_{SOURCE} = 100\mu\text{A}$	3.6	4.2		3.6	4.2		V
Low Output Voltage	$V_{PIN2} - V_{PIN1} \geq 150\text{mV}, I_{SINK} = 100\mu\text{A}$		0.2	0.4		0.2	0.4	V
Common Mode Rejection	$R_S \leq 2\text{K}\Omega$	70	94		70	94		dB
Supply Voltage Rejection	$V_{IN} = 8\text{V to } 35\text{V}$	66	80		66	80		dB
PWM Comparator Section (Note 4)								
Minimum Duty Cycle	$V_{COMPENSATION} = 0.4\text{V}$			0			0	%
Maximum Duty Cycle	$V_{COMPENSATION} = 3.6\text{V}$	45	49		45	49		%
Digital Ports (SYNC, SHUTDOWN, and RESET)								
HIGH Output Voltage	$I_{SOURCE} = 40\mu\text{A}$	2.4	4		2.4	4		V
LOW Output Voltage	$I_{SINK} = 3.6\text{mA}$		0.2	0.4		0.2	0.4	V
HIGH Input Current	$V_{IH} = 2.4\text{V}$		-125	-300		-125	-300	μA
LOW Input Current	$V_{IL} = 0.4\text{V}$		-225	-500		-225	-500	μA
Current Limit Comparator Section (Note 6)								
Sense Voltage	$R_S \leq 50\Omega, T_J = 25^\circ\text{C}$	90	100	110	80	100	120	mV
Input Bias Current			-3	-10		-3	-10	μA
Soft-Start Section								
Error Clamp Voltage	RESET = 0.4V		0.1	0.4		0.1	0.4	V
C_S Charging Current	RESET = 2.4V	50	100	200	50	100	200	μA
Output Drivers (each output) (Note 7)								
HIGH Output Voltage	$I_{SOURCE} = 20\text{mA}$	12.5	13.5		12.5	13.5		V
	$I_{SOURCE} = 100\text{mA}$	12	13		12	13		V
LOW Output Voltage	$I_{SINK} = 20\text{mA}$		0.2	0.3		0.2	0.3	V
	$I_{SINK} = 100\text{mA}$		1.2	2		1.2	2	V
Collector Leakage	$V_C = 40\text{V}$		50	150		50	150	μA
Rise Time	$C_L = 1000\text{pF}$		0.3	0.6		0.3	0.6	μs
Fall Time	$C_L = 1000\text{pF}$		0.1	0.2		0.1	0.2	μs
Power Consumption Section (Note 8)								
Standby Current	SHUTDOWN = 0.4V		18	30		18	30	mA

Note 3. $I_I = 0\text{mA}$

Note 4. $F_{osc} = 40\text{KHz}$ ($R_T = 4.12\text{K}\Omega \pm 1\%, C_T = .01\mu\text{F} \pm 1\%, R_D = 0\Omega$)

Note 5. $V_{CM} = 0 \text{ to } 5.2\text{V}$

Note 6. $V_{CM} = 0 \text{ to } 12\text{V}$

Note 7. $V_C = 15\text{V}$

Note 8. $V_N = 35\text{V}$

Note 9. These parameters, although guaranteed over the recommended operating conditions, are not tested in production.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHARACTERISTIC CURVES

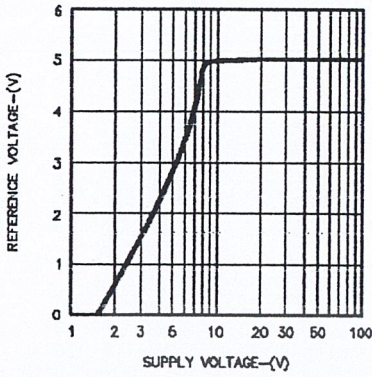


FIGURE 1. REFERENCE VOLTAGE VS. SUPPLY VOLTAGE

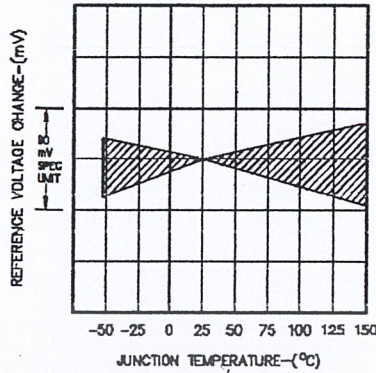


FIGURE 2. REFERENCE TEMPERATURE STABILITY

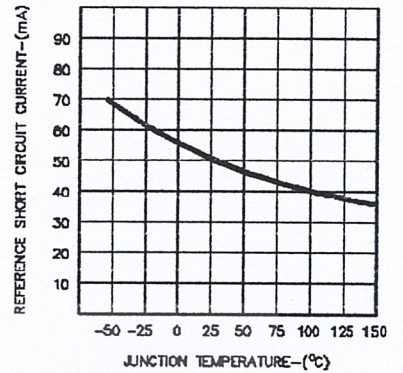


FIGURE 3. REFERENCE SHORT CIRCUIT CURRENT

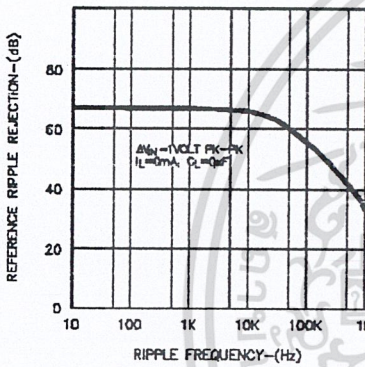


FIGURE 4. REFERENCE RIPPLE REJECTION

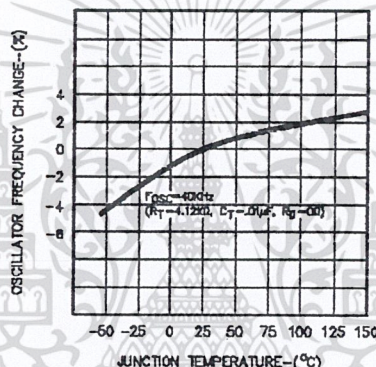


FIGURE 5. OSCILLATOR FREQUENCY TEMPERATURE STABILITY

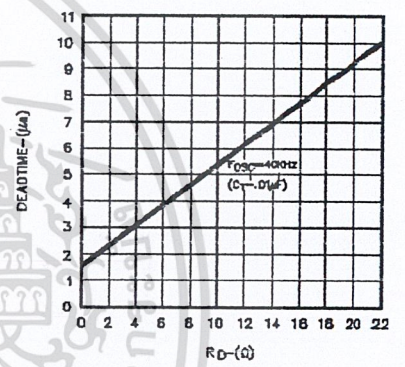


FIGURE 6. OUTPUT DRIVER DEADTIME VS. R_D VALUE

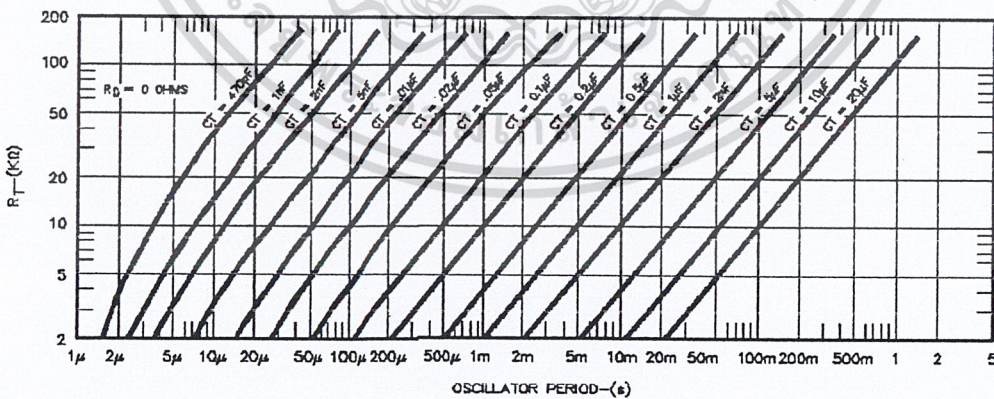


FIGURE 7. OSCILLATOR PERIOD VS. R_T AND C_T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHARACTERISTIC CURVES (continued)

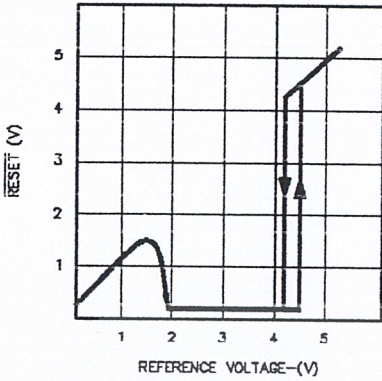


FIGURE 8. UNDERVOLTAGE LOCKOUT CHARACTERISTIC

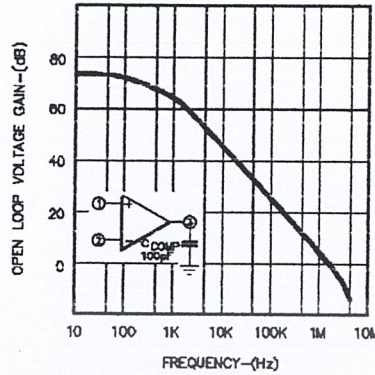


FIGURE 9. ERROR AMPLIFIER OPEN LOOP GAIN VS. FREQUENCY

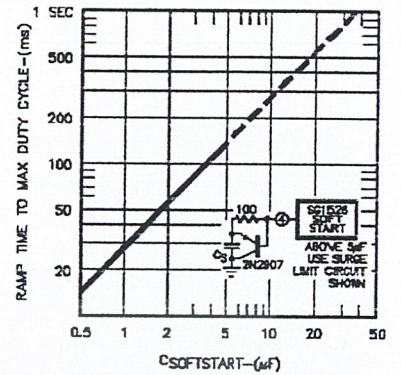


FIGURE 10. SOFTSTART TIME CONSTANT VS. C_S

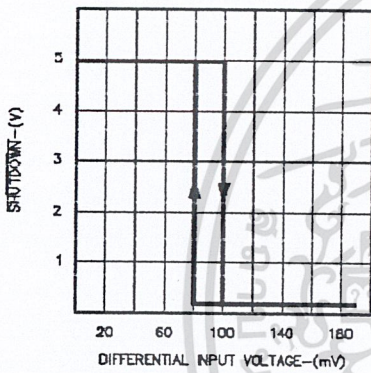


FIGURE 11. CURRENT LIMIT TRANSFER FUNCTION

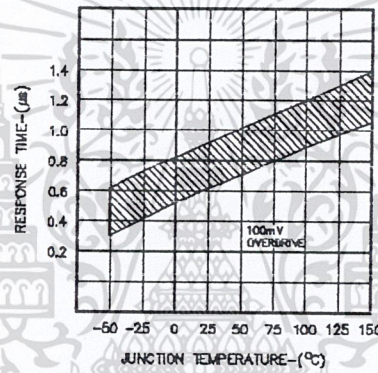


FIGURE 12. COMPARATOR INPUT TO DRIVER OUTPUT DELAY

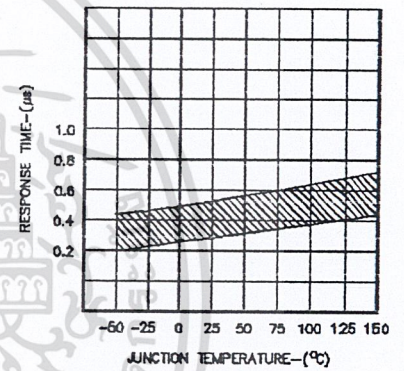


FIGURE 13. SHUTDOWN INPUT TO DRIVER OUTPUT DELAY

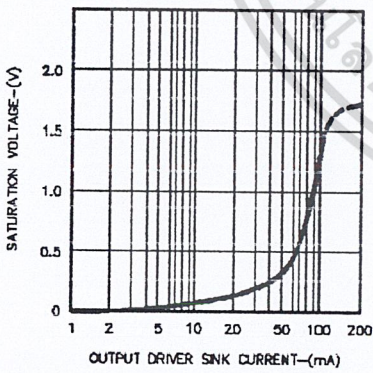


FIGURE 14. OUTPUT DRIVER SATURATION VOLTAGE VS. I_{SINK}

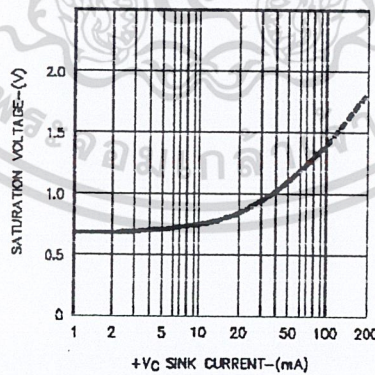


FIGURE 15. OUTPUT SUPPLY SATURATION VOLTAGE VS. I_{SINK}

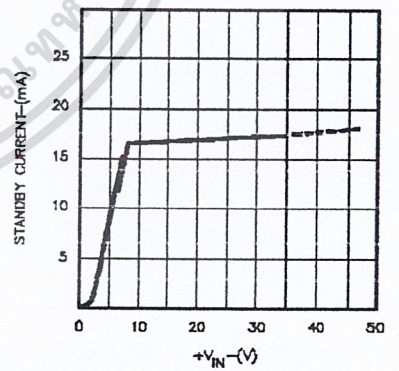


FIGURE 16. STANDBY CURRENT VS. SUPPLY VOLTAGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

VOLTAGE REFERENCE

The reference regulator of the SG1526 is based on a temperature compensated zener diode. The circuitry is fully active at supply voltages above +8 volts., and provides up to 20mA of load current to external circuitry at +5.0 volts. In systems where additional current is required, an external PNP transistor can be used to boost the available current. A rugged low frequency audio-type transistor should be used, and lead lengths between the PWM and transistor should be as short as possible to minimize the risk of oscillations. Even so, some types of transistors may require collector-base capacitance for stability. Up to 1amp of load current can be obtained with excellent regulation if the device selected maintains high current gain.

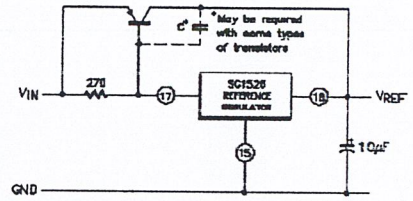


FIGURE 17. EXTENDING REFERENCE OUTPUT CURRENT

UNDERVOLTAGE LOCKOUT

The undervoltage lockout circuit protects the SG1526 and the power devices it controls from inadequate supply voltage. If +V_{IN} is too low, the circuit disables the output drivers and holds the RESET pin LOW. This prevents spurious output pulses while the control circuitry is stabilizing, and holds the soft-start timing capacitor in a discharged state.

The circuit consists of a +1.2 volt bandgap reference and comparator circuit which is active when the reference voltage has risen to 3V_{BE} or 1.8 volts at 25°C. When the reference voltage rises to approximately +4.4 volts, the circuit enables the output drivers and releases the RESET pin, allowing a normal soft-start. The comparator has 200mV of hysteresis to minimize oscillation at the trip point. When +V_{IN} to the PWM is removed and the reference drops to +4.2 volts, the undervoltage circuit pulls RESET LOW again. The soft-start capacitor is immediately discharged, and the PWM is ready for another soft-start cycle.

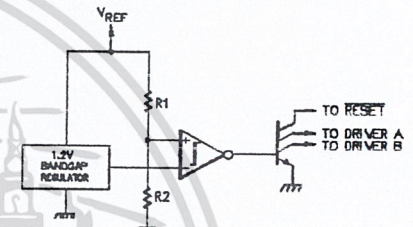


FIGURE 18. SIMPLIFIED UNDERVOLTAGE LOCKOUT

The SG1526 can operate from a +5 volt supply by connecting the V_{REF} pin to the +V_{IN} pin and maintaining the supply between +4.8 and +5.2 volts.

SOFT-START CIRCUIT

The soft-start circuit protects the power transistors and rectifier diodes from high current surges during power supply turn-on. When supply voltage is first applied to the SG1526, the undervoltage lockout circuit holds RESET LOW with Q3. Q1 is turned on, which holds the soft-start capacitor voltage at zero. The second collector of Q1 clamps the output error amplifier to ground, guaranteeing zero duty cycle at the driver outputs. When the supply voltage reaches normal operating range, RESET will go HIGH. Q1 turns off, allowing the internal 100µA current source to charge C_s. Q2 clamps the error amplifier output to 1V_{BE} above the voltage on C_s. As the soft-start voltage ramps up to +5 volts, the duty cycle of the PWM linearly increases to whatever value the voltage regulation loop requires for an error null. Figure 10 gives the timing relationship between C_s and ramp time to 100% duty cycle.

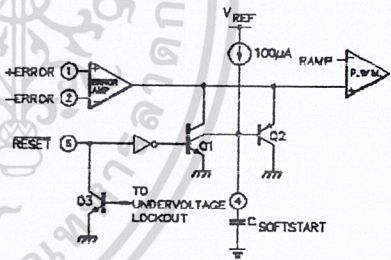


FIGURE 19. SOFT-START CIRCUIT SCHEMATIC

DIGITAL CONTROL PORTS

The three digital control ports of the SG1526 are bi-directional. Each pin can drive TTL and 5 volt CMOS logic directly, up to a fan-out of 10 low-power Schottky gates. Each pin can also be directly driven by open-collector voltage comparators; fan-in is equivalent to 1 low-power Schottky gate. Each port is normally HIGH; the pin is pulled LOW to activate the particular function. Driving SYNC LOW initiates a discharge cycle in the oscillator. Pulling SHUTDOWN LOW immediately inhibits all PWM output pulses. Holding RESET LOW discharges the soft-start capacitor. The logic threshold is +1.1 volts at 25°C. Noise immunity can be gained at the expense of fan-out with an external 2K pullup resistor to +5 volts.

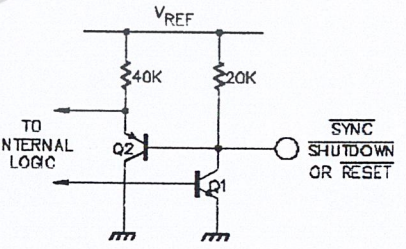


FIGURE 20. DIGITAL CONTROL PORT SCHEMATIC

APPLICATION INFORMATION (continued)

OSCILLATOR

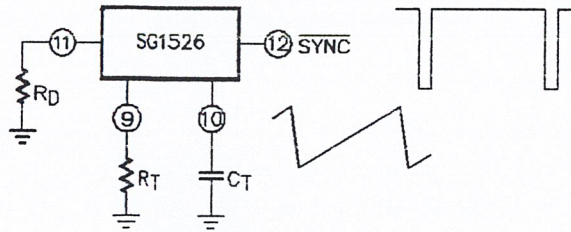


FIGURE 21 - OSCILLATOR CONNECTIONS AND WAVEFORMS

The oscillator is programmed for frequency and deadtime with three components: R_D , C_T , and R_T . Two waveforms are generated: a sawtooth waveform at pin 10 for pulse width modulation, and a logic clock at pin 12. The following procedure is recommended for choosing timing values:

1. With $R_D = 0\Omega$ (pin 11 shorted to ground) select values for R_T and C_T from Figure 7 to give the desired oscillator period. Remember that the frequency at each driver output is half the oscillator frequency, and the frequency at the $+V_c$ terminal is the same as the oscillator frequency.
2. If more dead time is required, select a larger value of R_D using Figure 6 as a guide. At 40kHz dead time increases by 400nSec/ohm.
3. Increasing the dead time will cause the oscillator frequency to decrease slightly. Go back and decrease the value of R_T slightly to bring the frequency back to the nominal design value.

The SG1526 can be synchronized to an external logic clock by programming the oscillator to free-run at a frequency 10% slower than the sync frequency. A periodic LOW logic pulse approximately 0.5 μ Sec wide at the SYNC pin will then lock the oscillator to the external frequency.

Multiple devices can be synchronized together by programming one master unit for the desired frequency, and then sharing its sawtooth and clock waveforms with the slave units. All C_T terminals are connected to the C_T pin of the master, and all SYNC terminals are likewise connected to the SYNC pin of the master. Slave R_T terminals should not be left open nor should they be tied to the +5V reference; at least 50K should be connected to each pin. Slave R_D terminals may be either left open or grounded.

ERROR AMPLIFIER

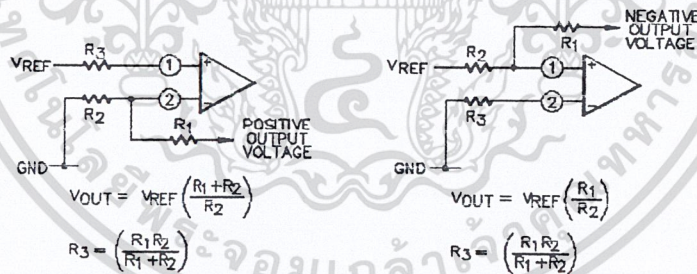


FIGURE 22A

FIGURE 22B

ERROR AMPLIFIER CONNECTIONS

The error amplifier is a transconductance design, with an output impedance of 2 megohms and an effective output capacitance of 100 pF. Since all voltage gain takes place at the output pin, the open-loop gain can be shaped with shunt reactance to ground. For unity gain stability the amplifier requires an additional external 100 pF to ground, resulting in an open-loop pole at 400 Hz.

The input connections to the error amplifier are determined by the polarity of the switching supply output voltage. For positive supplies, the common-mode voltage is +5.0 volts and the feedback connections in Figure 22A are used. With negative supplies, the common-mode voltage is ground and the feedback divider is connected between the negative output and the +5.0 volt reference voltage, as shown in Figure 22B.

APPLICATION INFORMATION (continued)

OUTPUT DRIVERS

The totem-pole output drivers of the SG1526 are designed to source and sink 100mA continuously and 200mA peak. Loads can be driven either from the output pins 13 and 16, or from the +V_C pin, as required. Curves for the saturation voltage at these outputs as a function of load current are found in Figures 14 and 15.

Since the bottom transistor of the totem-pole is allowed to saturate, there is a momentary conduction path from the +V_C terminal to ground during switching. To limit the resulting current spikes a small resistor in series with pin 14 is always recommended. The resistor value is determined by the driver supply voltage, and should be chosen for 200mA peak currents, as shown in Figure 25.

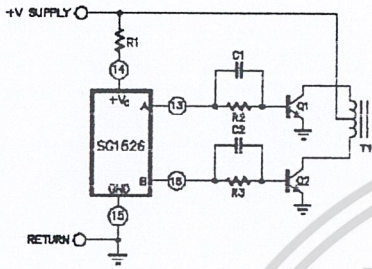


FIGURE 23. PUSH-PULL CONFIGURATION

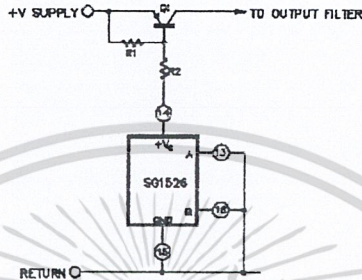


FIGURE 24. SINGLE-ENDED CONFIGURATION

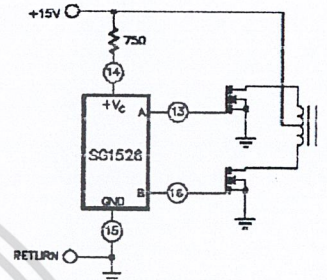
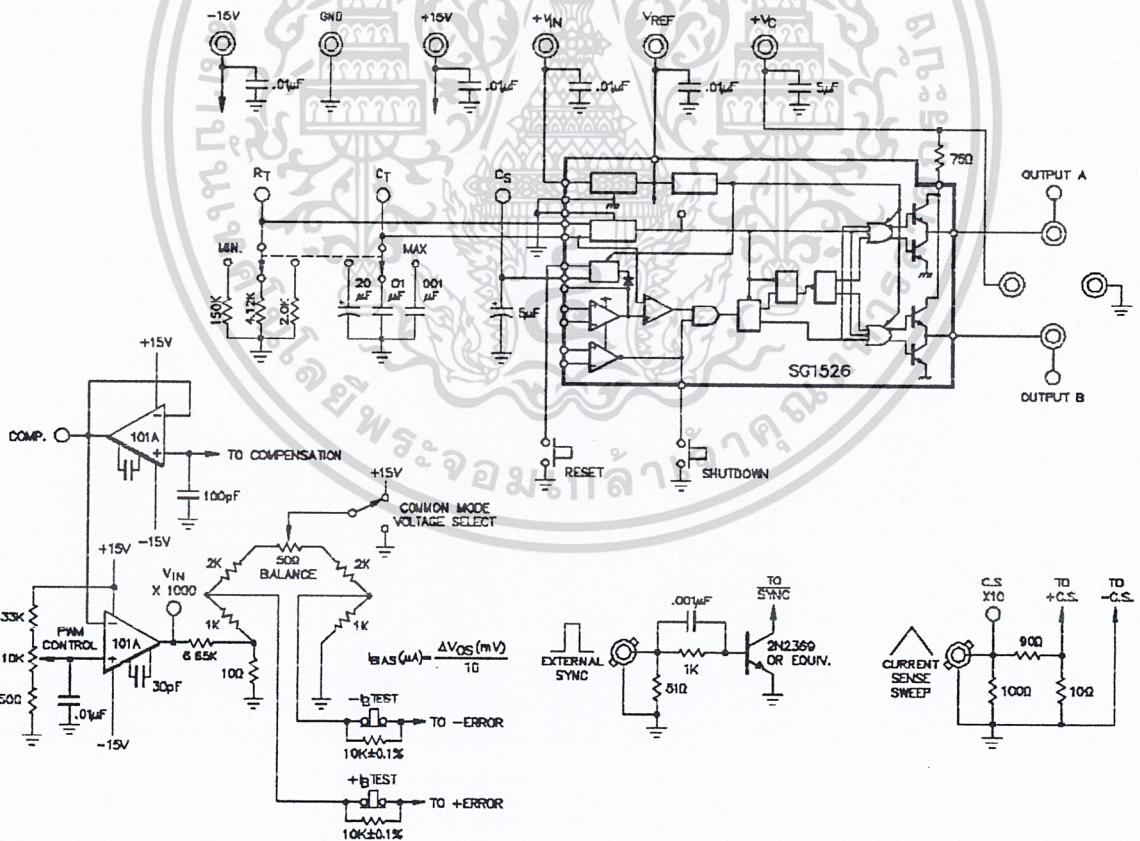


FIGURE 25. DRIVING N-CHANNEL POWER MOSFETS

SG1526 LAB TEST FIXTURE



CONNECTION DIAGRAMS & ORDERING INFORMATION (See Notes Below)

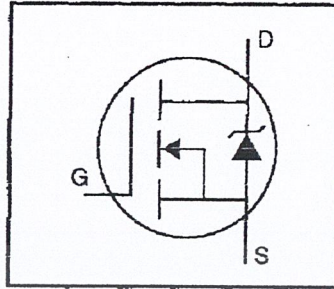
Package	Part No.	Ambient Temperature Range	Connection Diagram
18-PIN CERAMIC DIP J - PACKAGE	SG1526J/883B	-55°C to 125°C	
	SG1526J	-55°C to 125°C	
	SG2526J	-25°C to 85°C	
	SG3526J	0°C to 70°C	
18-PIN PLASTIC DIP N - PACKAGE	SG2526N	-25°C to 85°C	
	SG3526N	0°C to 70°C	
18-PIN WIDE BODY PLASTIC S.O.I.C. DW - PACKAGE	SG2526DW	-25°C to 85°C	
	SG3526DW	0°C to 70°C	
20-PIN CERAMIC LEADLESS CHIP CARRIER L - PACKAGE	SG1526L/883B	-55°C to 125°C	
	SG1526L	-55°C to 125°C	

Note 1. Contact factory for JAN and DESC product availability.
 2. All parts are viewed from the top.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HEXFET® Power MOSFET

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



$$V_{DSS} = 500V$$

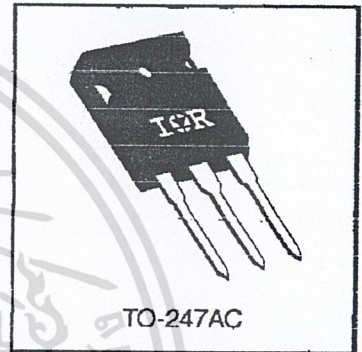
$$R_{DS(on)} = 0.27\Omega$$

$$I_D = 20A$$

Description

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

The TO-247 package is preferred for commercial-industrial applications where higher power levels preclude the use of TO-220 devices. The TO-247 is similar but superior to the earlier TO-218 package because of its isolated mounting hole. It also provides greater creepage distance between pins to meet the requirements of most safety specifications.



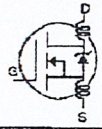
Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	20	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	13	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	80	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	280	W
	Linear Derating Factor	2.2	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy ②	960	mJ
I_{AR}	Avalanche Current ①	20	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy ①	28	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	3.5	V/ns
T_J T_{STG}	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +150	°C
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting Torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf•in (1.1 N•m)	

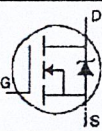
Thermal Resistance

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	—	0.45	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	—	0.24	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	—	40	

Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	500	—	—	V	$V_{GS}=0V, I_D=250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.63	—	V/°C	Reference to 25°C , $I_D=1mA$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.27	Ω	$V_{GS}=10V, I_D=12A$ ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS}=V_{GS}, I_D=250\mu A$
g_{fs}	Forward Transconductance	13	—	—	S	$V_{DS}=50V, I_D=12A$ ④
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	$V_{DS}=500V, V_{GS}=0V$
		—	—	250		$V_{DS}=400V, V_{GS}=0V, T_J=125^\circ\text{C}$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS}=20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		$V_{GS}=-20V$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	210	nC	$I_D=20A$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	29		$V_{DS}=400V$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	110		$V_{GS}=10V$ See Fig. 6 and 13 ④
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	18	—	ns	$V_{DD}=250V$
t_r	Rise Time	—	59	—		$I_D=20A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	110	—		$R_G=4.3\Omega$
t_f	Fall Time	—	58	—		$R_D=13\Omega$ See Figure 10 ④
L_D	Internal Drain Inductance	—	5.0	—	nH	Between lead, 6 mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	13	—		
C_{iss}	Input Capacitance	—	4200	—	pF	$V_{GS}=0V$
C_{oss}	Output Capacitance	—	870	—		$V_{DS}=25V$
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	—	350	—		$f=1.0MHz$ See Figure 5

Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	20	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. 
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	80		
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.8	V	$T_J=25^\circ\text{C}, I_S=20A, V_{GS}=0V$ ④
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	570	860	ns	$T_J=25^\circ\text{C}, I_F=20A$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	5.7	8.6	μC	$di/dt=100A/\mu s$ ④
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S+L_D)				

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature (See Figure 11)
- ② $V_{DD}=50V$, starting $T_J=25^\circ\text{C}$, $L=4.3mH$, $R_G=25\Omega$, $I_{AS}=20A$ (See Figure 12)
- ③ $I_{SD}\leq 20A$, $di/dt\leq 160A/\mu s$, $V_{DD}\leq V_{(BR)DSS}$, $T_J\leq 150^\circ\text{C}$
- ④ Pulse width $\leq 300\mu s$; duty cycle $\leq 2\%$.

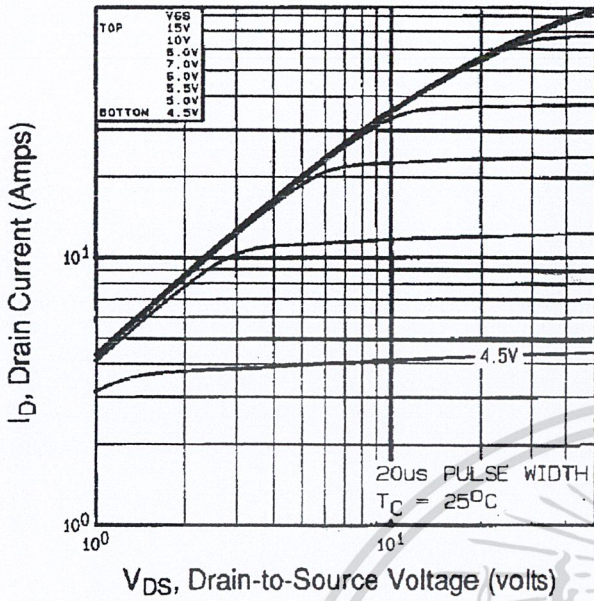


Fig 1. Typical Output Characteristics, $T_C=25^\circ\text{C}$

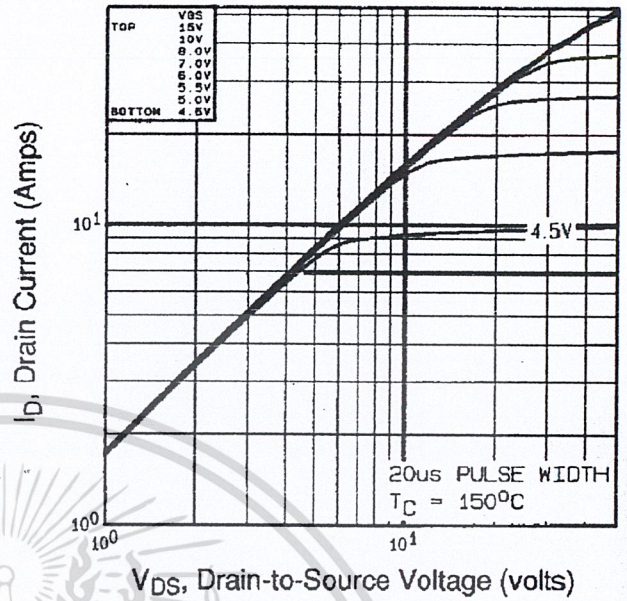


Fig 2. Typical Output Characteristics, $T_C=150^\circ\text{C}$

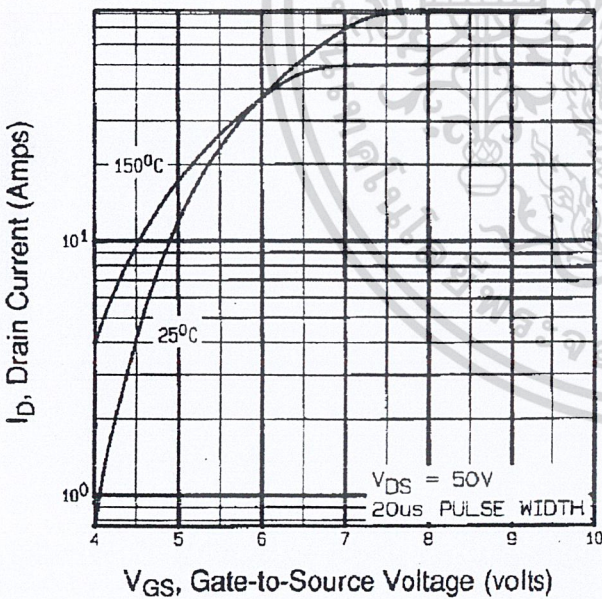


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

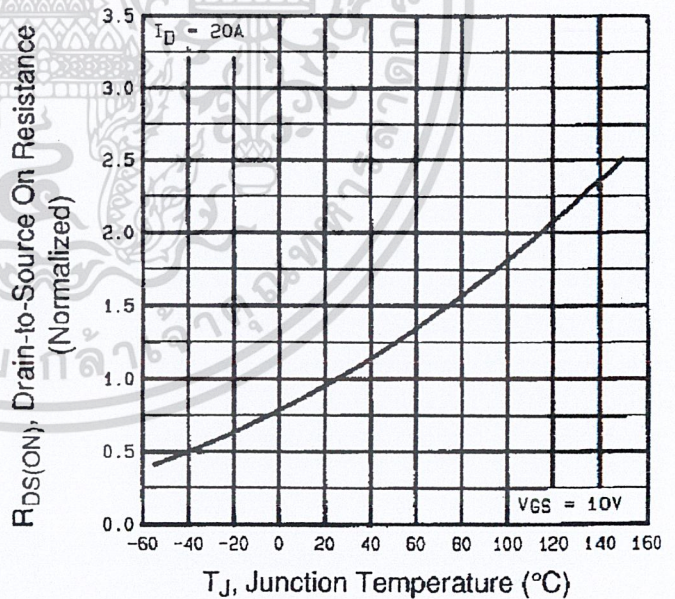


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

DATA SHEETS

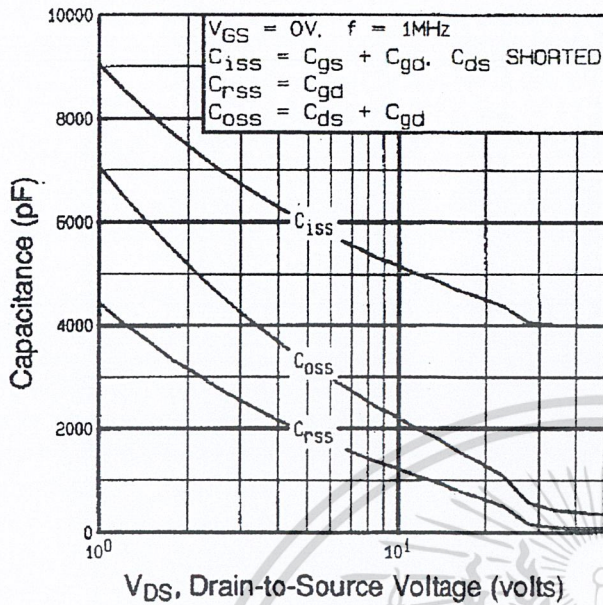


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

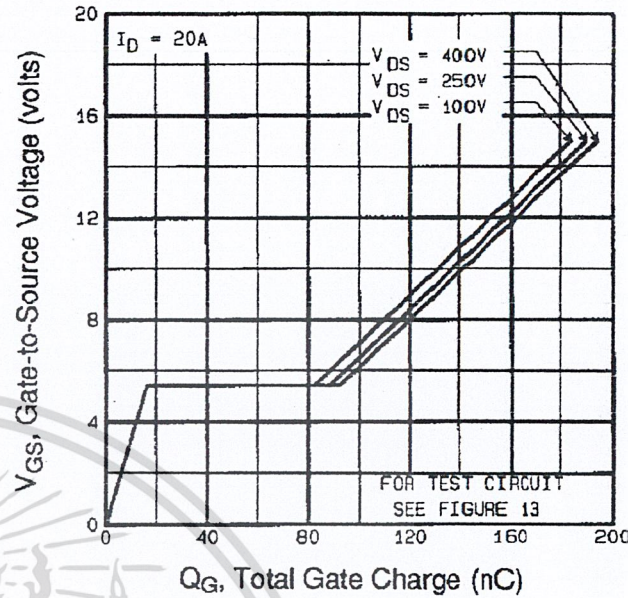


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

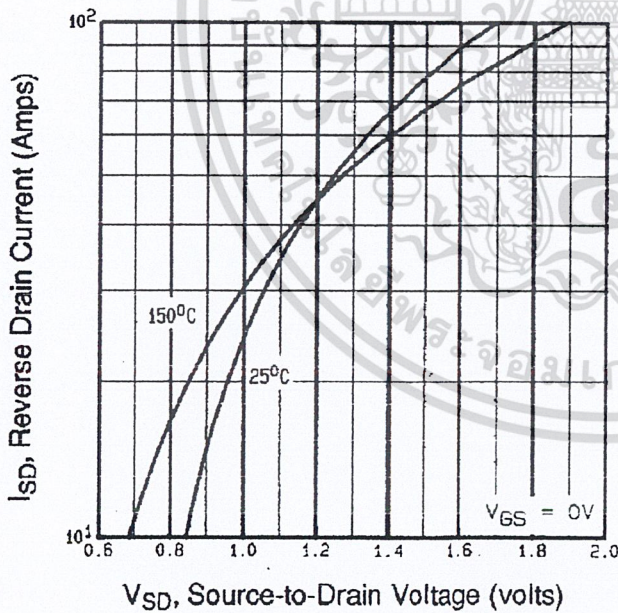


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

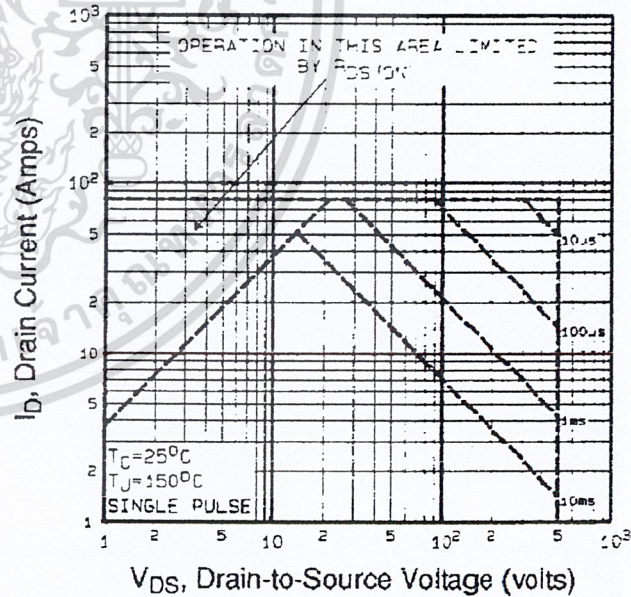


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

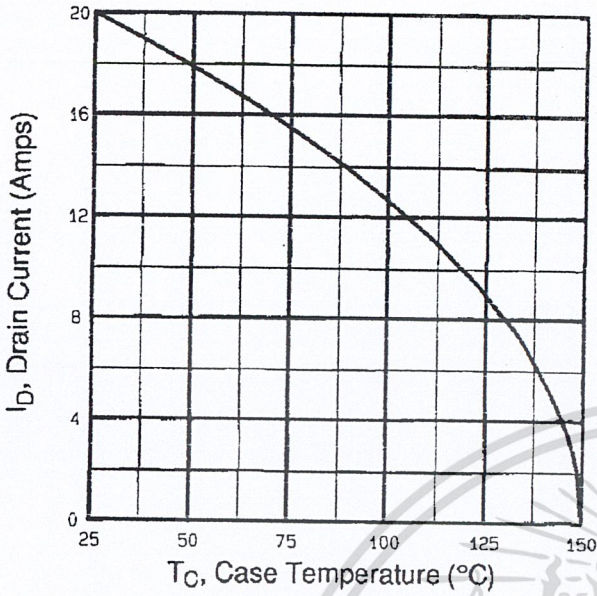


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

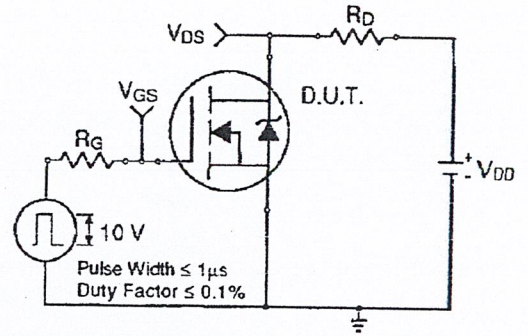


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

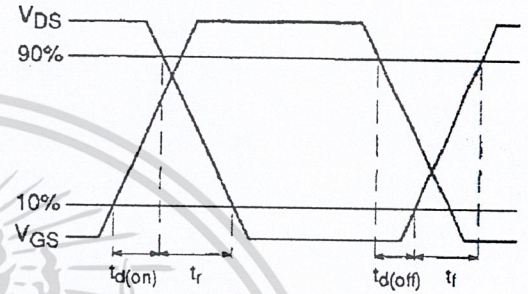


Fig 10b. Switching Time Waveforms

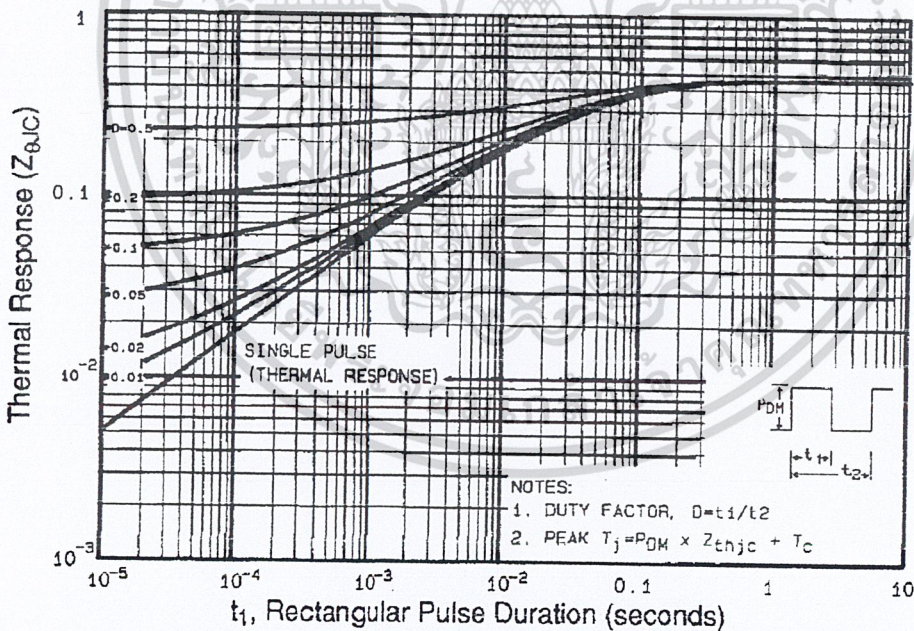


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

DATA SHEETS

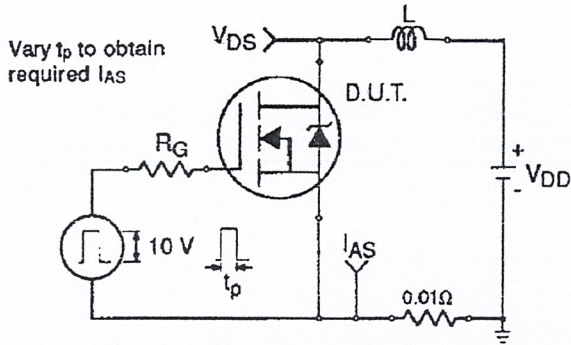


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

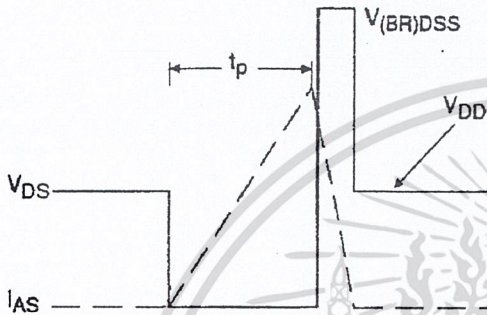


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

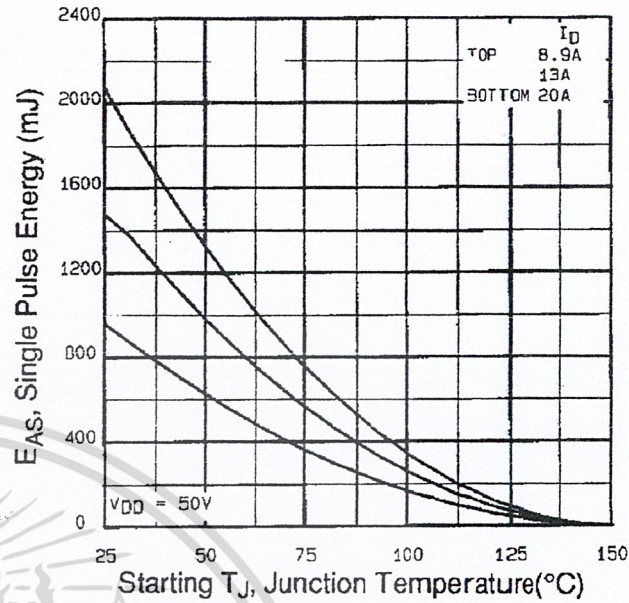


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

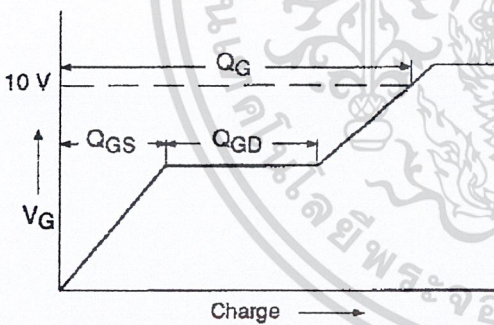


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

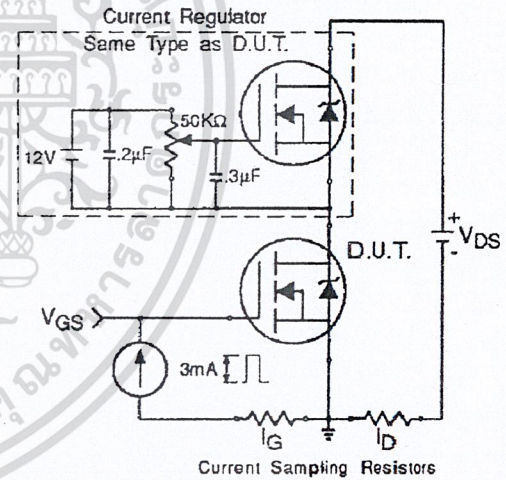


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

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

Appendix B: Package Outline Mechanical Drawing – See page 1511

Appendix C: Part Marking Information – See page 1517

International
IOR Rectifier