



เครื่องตัด/จี ด้วยไฟฟ้า

ELECTRIC CUT/COAGULATION

โดย

นายธีระพันธ์ นาอิม 37013198

นายสันติ เกลี้ยงเกิด 37013217

นายสุรชัย ศีพรหมมา 37013223

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ชินภัทร นันทจิวารัชย์

ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2539

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

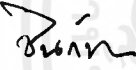
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง. เครื่องตัด/จี ด้วยไฟฟ้า

ELECTRIC CUT/COAGULATION

ผู้จัดทำ

1. นายธีระพันธ์ นาอิม 37013198
2. นายสันติ เกลียงเกิด 37013217
3. นายสุรชัย ศิพรหมมา 37013223

  
( อาจารย์ชินภัทร นันทจิวารัชย์ )

อาจารย์ที่ปรึกษา

## เครื่องตัด/จี้ ด้วยไฟฟ้า

### ELECTRIC CUT/COAGULATION

โดย นายธีระพันธ์ นามิม 37013198  
นายสันติ เกลี้ยงเกิด 37013217  
นายสุรชัย ศีพรหมมา 37013223

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ชินภัทร นันทจิวารักษ์

#### บทคัดย่อ

เครื่องตัด/จี้ด้วยไฟฟ้านี้ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการศัลยกรรมด้วยกระแสไฟความถี่สูง โดยให้แรงดันสูง ที่ความถี่ 500 กิโลเฮิร์ต สำหรับการตัดและการจี้สัมผัส และความถี่ 500 กิโลเฮิร์ต ผสมกับสัญญาณความถี่ 35 กิโลเฮิร์ตสำหรับการจี้แบบสเปรย์ ใช้ไอซี TLC555CP ต่อเป็นวงจร อะอสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

แรงดันสูงได้จากการใช้หม้อแปลงเพิ่มแรงดันซึ่งขดปฐมภูมิจะถูกขับโดยเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC1579

#### ABSTRACT

THIS ELECTRIC CUT/COAGULATION IS A DEVICE USED IN SURGERY. THE DEVICE PROVIDES HIGH VOLTAGE AT THE FREQUENCY OF 500 KHz FOR CUTTING AND CONTACT COAGULATION AND 500 KHz MODULATED WITH THE 35 KHz SIGNAL FOR SPRAY COAGULATION

IN GENERATING THE 500 KHz AND 35 KHz THE TIMERS TLC555CP ARE EMPLOYED AND WIRED UP AS ASTABLE MULTIVIBRATOR

HIGH VOLTAGE IS GENERATED BY MEAN OF STEPPING UP TRANSFORMER WHOSE PRIMARY WINDING IS DRIVEN BY THE POWER TRANSISTORS 2SC1579

	หน้า
บทคัดย่อ	
ABSTRACT	
สารบัญ	
สารบัญภาพ	
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของหัวข้อปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
1.4 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 การสลายกรรมด้วยกระแสไฟความถี่สูง	2
2.2 หลักการผ่าตัดโดยใช้เครื่องตัด/จี ด้วยไฟฟ้า	3
2.2.1 อิเล็กโตรดแบบเข็มหรือหอก	3
2.2.2 อิเล็กโตรดที่มีพื้นที่หน้าตัดใหญ่	4
2.2.3 อิเล็กโตรดแบบหอกหรือมีด	4
2.2.4 อิเล็กโตรดแบบห่วง	5
2.3 วงจรรวมชนิดตั้งเวลา	5
2.3.1 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ ไอ.ซี. 555	6
2.3.2 การปรับปรุงวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	8
2.4 การพันหม้อแปลง	8
2.4.1 หม้อแปลงเอาท์พุท (T3)	8
2.4.2 หม้อแปลงสำหรับวงจรไครฟเวอร์	10
บทที่ 3 การทำงานวงจร	14
3.1 Block Diagram	14
3.2 การทำงานของวงจร	16
3.2.1 ภาคแหล่งจ่ายไฟ	16
3.2.2 ภาคควบคุมการทำงาน	16
3.2.4 ภาคออกสวิตลเเตอร์	16

3.2.4 ภาคมอดูเลเตอร์	17
3.2.5 ภาคไดรฟ์เวอร์และเพาเวอร์แอมป์	17
บทที่ 4 การทดลองและสรุปผลการทดลอง	19
4.1 วัตถุประสงค์ต่างๆ	19
4.2 สรุปผลการทดลอง	22
ภาคผนวก	
บรรณานุกรม	



## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.2 แสดงการกระจายความร้อนในเนื้อเยื่อ	2
รูปที่ 2.2 แสดงอิเล็กทรอนิกส์แบบเข็มหรือหอก	3
รูปที่ 2.3 แสดงอิเล็กทรอนิกส์ที่มีพื้นที่หน้าตัดใหญ่	4
รูปที่ 2.4 แสดงอิเล็กทรอนิกส์แบบหอกหรือมีด	4
รูปที่ 2.5 แสดงอิเล็กทรอนิกส์แบบห่วง	5
รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างภายในและลักษณะภายนอกของ ไอ.ซี. 555	6
รูปที่ 2.7 a) แสดงวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ ไอ.ซี.555	8
รูปที่ 2.7 b) แสดงทิศทางของกระแส charge และ discharge ของ $C_A$	8
รูปที่ 2.7 c) แสดงวงจรการปรับค่า Duty Cycle ของ $V_O$	8
รูปที่ 2.8 แสดงแผ่นข้อมูลของสายที่ใช้พันหม้อแปลง	10
รูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างขนาดของแกนเฟอร์ไรท์แบบ EE,EI,ETD	11
รูปที่ 2.10 แสดงกราฟค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดของแกนเฟอร์ไรท์	12
รูปที่ 3.1 แสดง Block Diagram	14
รูปที่ 3.2 แสดงวงจร	15
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณ 500 kHz จาก IC U2	19
รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณ 35 kHz จาก IC U3 และ U4	20
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณจากภาคมอดูเลเตอร์	20
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณจากภาคมอดูเลเตอร์เมื่อจี้แบบสเปร์ย์	20
รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณเอาต์พุทเมื่อตั้ง Volume ต่ำสุด	21
รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณเอาต์พุทเมื่อตั้ง Volume สูงสุด	21
รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณเอาต์พุทเมื่อจี้แบบสเปร์ย์ตั้ง Volume ต่ำสุด	21
รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณเอาต์พุทเมื่อจี้แบบสเปร์ย์ตั้ง Volume สูงสุด	22

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาของหัวข้อปริญญานิพนธ์

การผ่าตัดในทางการแพทย์ เมื่อผ่าตัดผิวหนังภายนอกของร่างกายโดยใช้มีดผ่าตัด จะทำให้มีโลหิตไหลออกมาที่แผลของคนไข้ จึงมีการคิดค้นเพื่อหาวิธีการผ่าตัดที่จะไม่ให้เกิดการเสียเลือด เครื่องตัด/จี้ด้วยไฟฟ้า ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจในการผ่าตัด

เครื่องตัด/จี้ด้วยไฟฟ้า จะใช้แรงดันสูง ที่ความถี่สูงในการผ่าตัดโดยไม่ใช้โลหะที่มีคมเหมือนมีดผ่าตัด แต่จะใช้โลหะปลายแหลมแทนการตัด หรือใช้โลหะที่มีพื้นที่มากกว่าปลายแหลมในการจี้ ทำให้ไม่มีโลหิตไหลออกมาจากแผล

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องตัด/จี้ด้วยไฟฟ้า
2. ออกแบบและสร้างเครื่องตัด/จี้ด้วยไฟฟ้า
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาให้เครื่องตัด/จี้ด้วยไฟฟ้ามีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

#### 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องตัด/จี้ด้วยไฟฟ้า โดยใช้แรงดันสูงและความถี่สูง

#### 1.4 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์

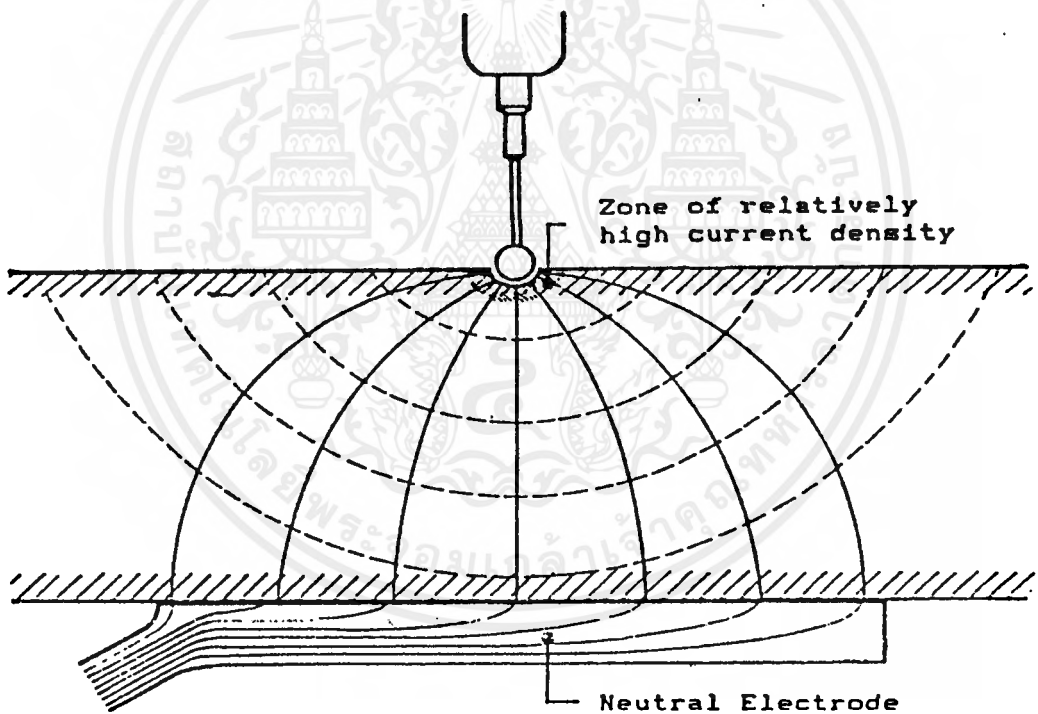
## บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

### 2.1 การคัดลอกกรรมด้วยกระแสไฟความถี่สูง

การตัด หรือการจี้ด้วยกระแสไฟความถี่สูง มีหลักการทำงานง่าย ๆ พออธิบายได้ดังนี้

เมื่อเนื้อเยื่อมีอุณหภูมิสูงมากกว่า 100 องศาเซลเซียส ของเหลวในเซลล์จะกลายเป็นไอ ทำให้เนื้อเยื่อแยกออก และเมื่อเนื้อเยื่อมีอุณหภูมิลดต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียสของเหลวภายในเซลล์ จะแข็งตัวจับเป็นก้อน ซึ่งการทำให้เนื้อเยื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นสามารถทำได้โดยการให้กระแสไฟฟ้าที่มีความหนาแน่นสูง ไหลผ่านเนื้อเยื่อ

ภาพข้างล่างแสดงให้เห็นถึงการกระจายความร้อนในเนื้อเยื่อของร่างกาย



รูปที่ 2.1 แสดงการกระจายความร้อนในเนื้อเยื่อ

กระแสไฟฟ้าความถี่สูงจะถูกเหนี่ยวนำ จากอิเล็กโทรด แผ่นที่มีพื้นที่หน้าตัดกว้าง ผ่านตัวคนไข้ ไปถึงอิเล็กโทรดที่ใช้ตัด ซึ่งอิเล็กโทรดที่ใช้ตัดจะมีพื้นที่หน้าตัดเล็กมาก ด้วยวิธีนี้ จะมีความหนาแน่นของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้าความถี่สูง ที่เกิดขึ้นเป็นบริเวณแคบ ๆ ที่อิเล็กโทรดที่ใช้ตัดมีค่าสูง (แอมแปร์ต่อตาราง มิลลิเมตร) จนถึงค่าหนึ่งจะทำให้เนื้อเยื่อร้อนถึงขั้นเกิดการจีหรือตัดตามที่อธิบายแล้วข้างต้น ซึ่งการตัดหรือการจี จะสามารถกระทำได้โดยการเลือกใช้อิเล็กโทรดที่เหมาะสม

อิเล็กโทรดแบบเข็มหรือหอก จะมีปลายแหลมเล็ก จะก่อให้เกิดความหนาแน่นของกระแสมาก เป็นผลให้เกิดความร้อนสูงที่เนื้อเยื่อเหมาะสำหรับขบวนการตัด

อิเล็กโทรดที่รูปร่างมีพื้นที่หน้าตัดกว้าง จะก่อให้เกิดความหนาแน่นของกระแสต่ำกว่าเป็นผลให้เกิดความร้อนอันเกิดขึ้นที่เนื้อเยื่อน้อยกว่าและแผ่เป็นบริเวณกว้างกว่า เกิดเป็นขบวนการจี

กระแสไฟฟ้าความถี่สูง ที่ใช้ต้องมีความถี่เกิน 500 กิโลเฮิร์ต เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการรู้สึกเจ็บปวด ของประสาทและกล้ามเนื้อตามทางที่กระแสไหลผ่าน

## 2.2 หลักการผ่าตัดโดยใช้เครื่องตัด/จี ด้วยไฟฟ้า

การทำให้เนื้อเยื่อแยกออกจากกัน โดยใช้กระแสไฟฟ้า-การตัด

อิเล็กโทรดที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็ก เช่น แบบปลายเข็ม มีด หอก หัวง เหมาะสำหรับใช้ตัด การเลือกอิเล็กโทรดแบบต่าง ๆ ขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการตัด

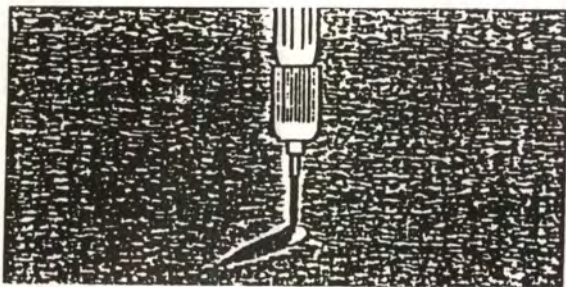
2.2.1 อิเล็กโทรดแบบเข็มหรือหอก ที่มีพื้นที่ผิวหน้าตัดเล็กมากเท่าที่จะเป็นไปได้ เหมาะกับการตัดที่ราบเรียบ (smooth cutting) มีความเหมาะสมที่สุดถ้าต้องการตัดให้มีผิวราบเรียบ ไม่เกิดเป็นสะเก็ดแผล (scab formation)



รูปที่ 2.2 แสดงอิเล็กโทรดแบบเข็มหรือหอก

2.2.2 อิเล็กโทรดที่มีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ ทำให้ยากต่อการตัดได้ราบเรียบ เป็นเหตุให้เกิดสะเก็ดแผลขึ้นที่ผิวหน้าของรอยตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



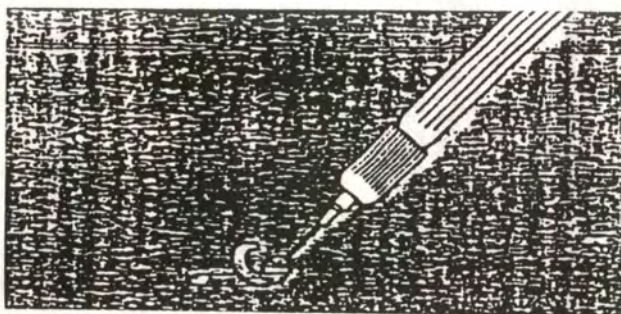
รูปที่ 2.3 แสดงอิเล็กโทรดที่มีพื้นที่หน้าตัดใหญ่

2.2.3 อิเล็กโทรดแบบหอกหรือมีด มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการตัดเนื้อเยื่อที่มีไขมันมาก เนื่องจากมีความต้านทานไฟฟ้ามากขึ้น ควรปรับค่ากระแสไฟเพิ่มขึ้นอีก 1 - 2 ระดับจากปกติ



รูปที่ 2.4 แสดงอิเล็กโทรดแบบหอกหรือมีด

2.2.4 อิเล็กโทรดแบบห่วง เหมาะสำหรับตัดชิ้นเนื้อไปตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (biopsy) และการผ่าตัดที่ต้องตัดเอาเนื้อเยื่อออกไปเลย



รูปที่ 2.5 แสดงอิเล็กโทรดแบบห่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 วงจรรวมชนิดตั้งเวลาเบอร์ 555

ไอ.ซี. เบอร์ 555 เป็นวงจรรวมที่สามารถสร้างเป็นวงจรตั้งเวลา (Timer) และสร้างเป็นวงจรมัลติไวยเบรเตอร์แบบต่าง ๆ ได้ เช่น โมโนสเตเบิลมัลติไวยเบรเตอร์ วงจรอะสเตเบิลมัลติไวยเบรเตอร์ หรือ วงจรกำเนิดสัญญาณแรมป์ และวงจรตั้งเวลา (Sequential Timer) ฯลฯ โครงสร้างภายในของ ไอ.ซี. เบอร์ 555 แสดงในรูป 2.6 ประกอบไปด้วยออปแอมป์ที่ทำหน้าที่เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator) 2 ตัว ฟลิปฟลอป (Flip-Flop) และอินเวอร์เตอร์ 1 ตัว การออกแบบวงจรต่าง ๆ นั้นทำได้ง่าย โดยการคำนวณค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเพื่อต่อประกอบกับวงจรรายนอก

วงจรรายนอกของ ไอ.ซี. เบอร์ 555 ขา 8 เป็น  $V_{CC}$  และขา 1 เป็น GND มีวงจรแบ่งแรงดันโดย  $R_1, R_2, R_3$  ต่ออยู่ เพื่อป้องกันกับวงจรเปรียบเทียบแรงดันตัวที่ 1 และตัวที่ 2 เอาต์พุตป้องกันให้ RS-Flip-Flop ซึ่งต่อเอาต์พุตผ่านทรานซิสเตอร์ 2 ตัว และวงจรกลับสัญญาณ จาก Data sheet ของ IC เบอร์ 555 สามารถป้อนแรงดัน  $V_{CC}$  ได้ระหว่าง 4.5 V ถึง 18 V และที่ขาเอาต์พุต(ขา 3) ต่อกระแสได้สูงสุด 200 mA ลักษณะภายนอกมี 2 แบบคือ แบบ Dip ตัวถังพลาสติกมี 8 ขา และแบบ Can ตัวถังเป็นกระป๋องโลหะมี 8 ขา เช่นเดียวกัน

### 2.3.1 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวยเบรเตอร์ที่ใช้ ไอ.ซี.555

วงจรรอะสเตเบิลที่ใช้ ไอ.ซี.เบอร์ 555 (555 Astable Multivibrator) ทำได้โดยต่อขา 2 (Trigger input) เข้ากับขา 6 (Threshold) ซึ่งต่อ  $C_A$  อยู่ เพื่อให้แรงดันที่เปลี่ยนแปลงของ  $C_A$  ป้อนเข้า กระบวนการทำงานของวงจรแทนสัญญาณกระตุ้นภายนอก พิจารณาจากรูป 2.7 (a) และเพิ่ม  $R_B$  อนุกรมกับ  $R_A$  เป็นตัวต้านทานที่ใช้ในการเก็บและคายประจุของ  $C_A$  โดยต่อเข้ากับขา 7 (Discharge)

การทำงานของวงจร เมื่อ  $V_{C_A}$  ต่ำกว่า  $1/3 V_{CC}$  แรงดันที่ขาลบของออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันตัวที่ 2 จะต่ำกว่าแรงดันที่ขาบวก (เพราะ  $V_{C_3} = 1/3 V_{CC}$ ) เอาต์พุตของออปแอมป์ตัวที่ 2 จะเป็น high และฟลิปฟลอปจะอยู่ในสภาวะ Set ทำให้ Q เป็น low ขณะนี้  $Q_1$  จะ off และ  $C_A$  จะทำการเก็บประจุผ่าน  $R_A$  และ  $R_B$  เมื่อ  $C_A$  เก็บประจุจนแรงดันเท่ากับ  $2/3 V_{CC}$  ที่ขาบวกของออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันที่ตัว 1 (ต่อกับ  $C_A$  ที่ 6) จะมีแรงดันต่ำกว่าที่ขาลบ (เท่ากับ  $V_{(R_2 + R_3)} = 2/3 V_{CC}$ ) เอาต์พุตของออปแอมป์ตัวที่ 1 จะเป็น high ทำให้สถานะของฟลิปฟลอปเป็นรีเซ็ต ผลคือ  $Q = high$  และทรานซิสเตอร์  $Q_1 = on$  ทำให้  $C_A$  คายประจุผ่าน  $Q_1$  ที่  $R_B$  และ  $C_A$  จะคายประจุจนกระทั่งแรงดัน  $V_{C_A}$  เท่ากับ  $1/3 V_{CC}$  ที่จุดนี้เอาต์พุตของออปแอมป์ตัวที่ 2 เป็น high ทำให้เอาต์พุตของฟลิปฟลอปเป็น low ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  จะ off อีกครั้ง กระบวนการนี้จะเกิดต่อเนื่องตลอดไป ผลที่ได้รับคือ  $V_O$  ที่ขา 3 ของ ไอ.ซี. 555 เป็นรูปพัลส์สี่เหลี่ยมที่มี  $PW = T_1$  ดังรูป 2.7 (a)

การออกแบบวงจรรอะสเตเบิลมัลติไวยเบรเตอร์ที่ใช้ ไอ.ซี.555 คือการคำนวณค่า  $R_A, R_B$  และ

$C_A$  ที่เหมาะสมกับความถี่ของ  $V_O$  ที่ต้องการโดยพิจารณาที่  $C_A$  เก็บประจุจะมีกระแส  $I_C$  ผ่าน  $(R_A + R_B)$  เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

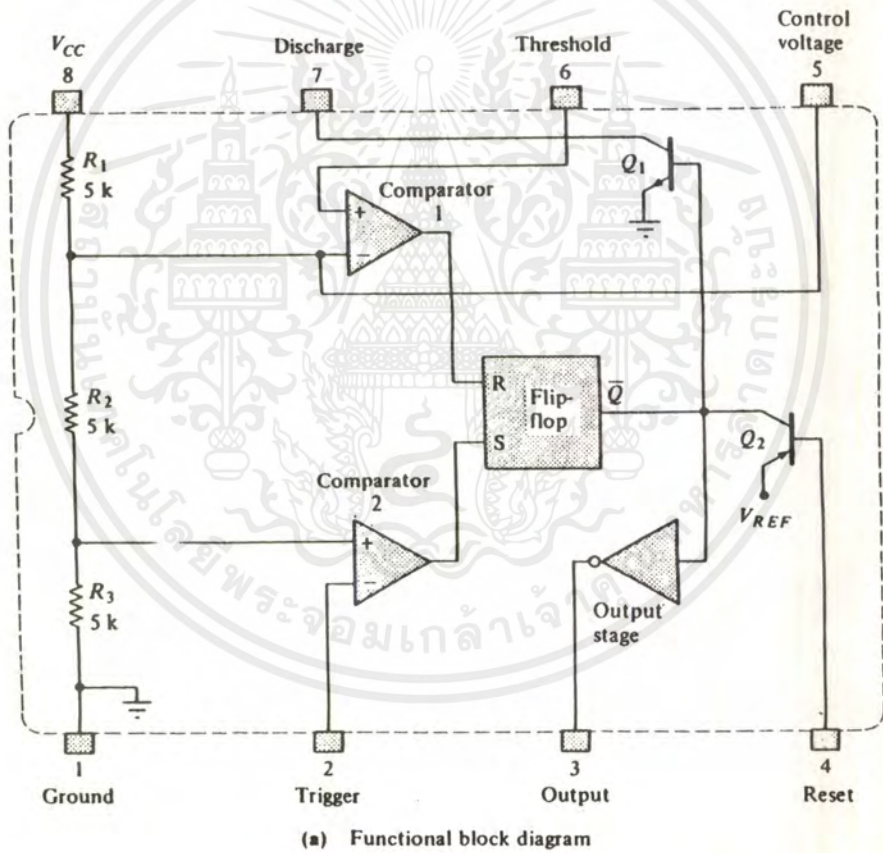
จากแรงดัน  $1/3 V_{CC}$  จนถึง  $2/3 V_{CC}$  (ดูจากรูป 2.7 (a)) ดังนั้น  $E_0$  (Initial voltage) เท่ากับ  $1/3 V_{CC}$  และ  $e_c = 2/3 V_{CC}$  และแรงดันที่จ่ายให้กับตัวเก็บประจุ  $E = V_{CC}$  จะได้ว่า

$$t_1 = 0.693.C_A.(R_A + R_B) \dots\dots\dots(A)$$

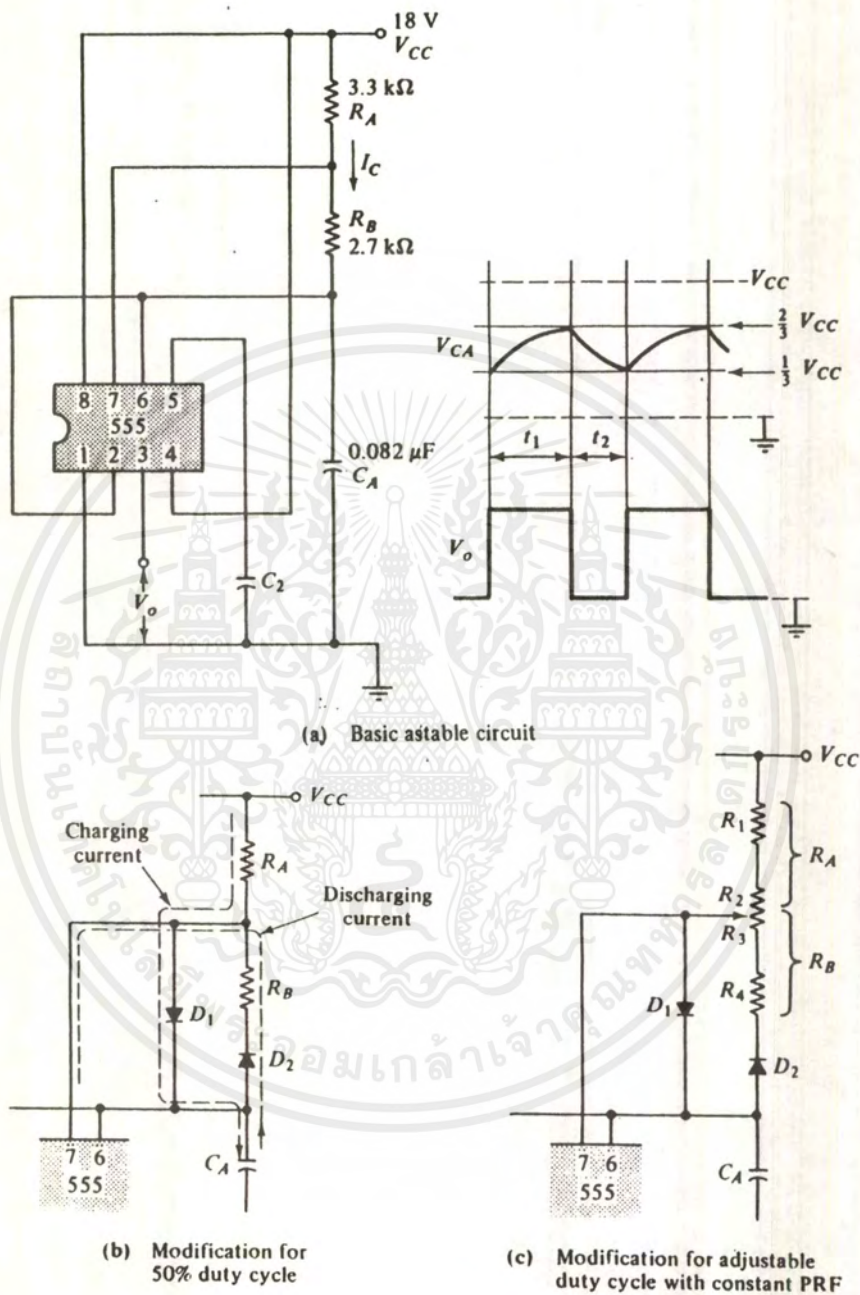
และเมื่อ  $C_A$  คายประจุค่าของ  $E_0 = 2/3 V_{CC}$  ,  $e_c = 2/3 V_{CC}$  และ  $E = 0$  เมื่อแทนค่าเหล่านี้ จะได้ว่า

$$t_2 = 0.693.C_A R_B \dots\dots\dots(B)$$

จากสมการ (A) จะพิจารณาได้ในรูป 2.7 (a) กระแสในการเก็บประจุจะไหลผ่าน  $(R_A+R_B)$  แต่เมื่อพิจารณาสมการ (B) จะเห็นว่ากระแสในการคายประจุจะผ่านเฉพาะ  $R_B$  และไหลเข้าขา 7 (discharge) ของ ไอ.ซี. 555



รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างภายในและลักษณะภายนอกของ ไอ.ซี. เบอร์ 555 แบบต่างๆ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 (a) แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้อิ.ซี.555

(b) แสดงทิศทางของกระแส charge และ discharge ของ  $C_A$

(c) แสดงวงจรการปรับค่า Duty cycle ของ  $V_o$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.2 การปรับปรุงวงจรอะสเตเบิลที่ใช้ ไอ.ซี. 555

วงจรอะสเตเบิลที่มี Duty cycle 50 % คงที่ (50 % Duty cycle Astable) ถ้า  $t_1 = 0.693 C_A(R_A + R_B)$  และ  $t_2 = 0.693 C_A R_B$  การที่จะกำหนดให้ Duty cycle ของ  $V_O$  มีค่า 50 % ก็คือต้องให้  $t_1 = t_2$  เมื่อดูจากสมการทั้งสองแล้วจะเห็นว่าไม่มีโอกาสเป็นไปได้เพราะ  $R_A$  ไม่ได้มีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงต้องใช้เทคนิคการต่อไดโอดปิดกั้นทางเดินกระแสที่  $C_A$  ใช้ในการเก็บประจุและคายประจุ ดังแสดงในรูป 2.7 (b)

กำหนดให้  $R_A = R_B$  (ดูจากรูป 2.7 (b))

เมื่อ  $C_A$  เก็บประจุกระแสจะผ่าน  $R_A, D_1, C_A$  ดังนั้นสมการ  $t_1$  คือ

$$t_1 = 0.693 C_A R_A$$

และเมื่อ  $C_A$  คายประจุกระแสจะผ่าน  $D_2, R_B$ , ขา 7 (discharge) ของ ไอ.ซี. 555 ดังนั้นสมการ  $t_2$  คือ

$$t_2 = 0.693 C_A R_B$$

เมื่อ  $R_A = R_B$  ดังนั้น  $t_1 = t_2$  ถ้า Duty cycle = 50 %

การปรับค่า Duty cycle วงจรที่สามารถปรับค่า Duty cycle ของ  $V_O$  ของวงจรอะสเตเบิลที่ใช้ ไอ.ซี. 555 แสดงดังรูป 2.7 (c) โดยการเพิ่มตัวต้านทานปรับค่าได้ต่อระหว่าง  $R_A$  และ  $R_B$  เดิม ดังนั้น  $R_A = (R_1 + R_2)$  และ  $R_B = (R_3 + R_4)$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } t_1 &= 0.693 C_A R_A \\ &= 0.693 C_A (R_1 + R_2) \\ \text{และ } t_2 &= 0.693 C_A R_B \\ &= 0.693 C_A (R_3 + R_4) \\ T &= t_1 + t_2 \text{ (ซึ่งจะคงที่)} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{Duty cycle} = t_1/T \times 100 \%$$

การปรับค่า Duty cycle ของวงจรทำได้โดยการปรับค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ ที่อยู่ระหว่าง  $R_A$  และ  $R_B$  ดังรูป 2.7 (c)

## 2.4 การพันหม้อแปลง

2.4.1 หม้อแปลงเอาท์พุท (T3) ขนาดของแรงดันและกระแสสูงสุดของหม้อแปลงที่ต้องการคือขดสำหรับการตัดหรือจีแบบสัมผัส(ขดที่1) ต้องการแรงดันประมาณ 500 Vp-p และกระแสสูงสุดประมาณ 300 mA ส่วนขดสำหรับการจีแบบสเปรย์(ขดที่2) ต้องการแรงดันประมาณ 1300 Vp-p และ

กระแสสูงสุด 300 mA แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทางด้านอินพุตมีค่าเท่ากับ 70 โวลต์ สามารถคำนวณจำนวนรอบของขดลวดทางด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงได้จาก

$$N_p = (V_{in} \times 10^8) / (4.44 \times \Delta B \times f \times A_e)$$

$N_p$  = จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ

$V_{in}$  = แรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุต หน่วยเป็นโวลต์

$\Delta B$  = ความหนาแน่นฟลักซ์สูงสุดในแกน หน่วยเป็นเกาส์

$f$  = ความถี่การทำงานหม้อแปลง หน่วยเป็น เฮิรต์

$A_e$  = พื้นที่หน้าตัดของแกน หน่วยตารางเซนติเมตร

ในการพันจะใช้แกนอากาศ โดยใช้บอบบิ้นที่มีพื้นที่หน้าตัดของแกนเท่ากับ 1.48 ตารางเซนติเมตร เนื่องจากค่าความหนาแน่นฟลักซ์สูงสุดของแกนอากาศไม่สามารถคำนวณได้ จึงทำการพันหม้อแปลงแล้วจึงนำไปทดสอบในวงจร การพันขดปฐมภูมิจะเลือกขนาดลวดทองแดงโดยใช้พิกัด VA ของหม้อแปลงทางด้านทุติยภูมิเป็นตัวกำหนด

โดย ขดที่ 1 จะมีค่าเท่ากับ  $500 \times 300 \times 10^{-3} = 150 \text{ VA}$

ขดที่ 2 จะมีค่าเท่ากับ  $1300 \times 100 \times 10^{-3} = 130 \text{ VA}$

ในการทำงานขดทุติยภูมิทั้งสองขดจะสลับกันจ่ายกำลังงานให้กับโหลด ดังนั้นจะเอาค่า VA ที่มีค่าสูงกว่าเป็นตัวกำหนด นั่นคือ 150 VA จะได้ค่ากระแสในขดปฐมภูมิมี่ค่าเท่ากับ

$$\text{กระแสปฐมภูมิสูงสุด} = (150 \text{ VA}) / (70 \text{ V}) = 2.14 \text{ A}$$

จากแผ่นข้อมูลของสาย เมื่อกำหนดให้ค่าความหนาแน่นกระแสในสายเท่ากับ 300 ขนาดของลวดทองแดงจะเป็น  $2.14 \times 300 = 642$  เซอร์คิวลาร์บิลล์ ตรงกับลวดทองแดงเบอร์ 22 AWG

ขดทุติยภูมิขดที่ 1 ขนาดของลวดทองแดงจะเป็น  $300 \times 10^{-3} \times 300 = 90$  เซอร์คิวลาร์บิลล์ ตรงกับลวดทองแดงเบอร์ 30 AWG

ขดทุติยภูมิขดที่ 2 ขนาดของลวดทองแดงจะเป็น  $100 \times 10^{-3} \times 300 = 30$  เซอร์คิวลาร์บิลล์ ตรงกับลวดทองแดงเบอร์ 35 AWG

โดยการพันจำนวนรอบของขดลวดจะใช้ความสัมพันธ์ของจำนวนรอบขดลวดและแรงดัน ดังนี้

$$N_p/N_s = V_p/V_s$$

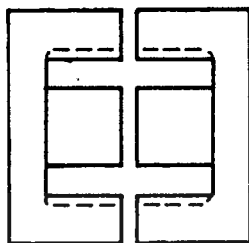
เมื่อ  $N_p$  และ  $V_p$  คือจำนวนรอบขดลวดและแรงดันด้านปฐมภูมิ

$N_s$  และ  $V_s$  คือจำนวนรอบขดลวดและแรงดันด้านทุติยภูมิ

AWG	Diameter over insulation (inches)		Nominal circular mil area	Resistance per 1000 ft	Current capacity in milliamperes based on 1000 c.m.A	AWG
	Min.	Max.				
8	0.130	0.133	16510	0.6281	16510	8
9	0.116	0.119	13090	0.7925	13090	9
10	0.104	0.106	10380	0.9985	10380	10
11	0.0928	0.0948	8230	1.261	8226	11
12	0.0829	0.0847	6530	1.588	6529	12
13	0.0741	0.0757	5180	2.001	5184	13
14	0.0667	0.0682	4110	2.524	4109	14
15	0.0595	0.0609	3260	3.181	3260	15
16	0.0532	0.0545	2580	4.020	2581	16
17	0.0476	0.0488	2050	5.054	2052	17
18	0.0425	0.0437	1620	6.386	1624	18
19	0.0380	0.0391	1290	8.046	1289	19
20	0.0340	0.0351	1020	10.13	1024	20
21	0.0302	0.0314	812	12.77	812.3	21
22	0.0271	0.0281	640	16.20	640.1	22
23	0.0244	0.0253	511	20.30	510.8	23
24	0.0218	0.0227	404	25.67	404	24
25	0.0195	0.0203	320	32.37	320.4	25
26	0.0174	0.0182	253	41.02	252.8	26
27	0.0157	0.0164	202	51.44	201.6	27
28	0.0141	0.0147	159	65.31	158.8	28
29	0.0127	0.0133	128	81.21	127.7	29
30	0.0113	0.0119	100	103.7	100	30
31	0.0101	0.0108	79.2	130.9	79.21	31
32	0.0091	0.0098	64	162	64	32
33	0.0081	0.0088	50.4	205.7	50.41	33
34	0.0072	0.0078	39.7	261.3	39.69	34
35	0.0064	0.0070	31.4	330.7	31.36	35

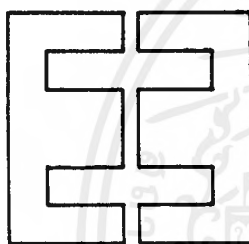
รูปที่ 2.8 แสดงแผ่นข้อมูลของสายที่ใช้พันหม้อแปลง

2.4.2 หม้อแปลงสำหรับวงจรโคโรฟเวอร์ (T2) หม้อแปลง T2 จะต้องจ่ายกระแสเบสสำหรับ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ซึ่งมีเกณฑ์การขยายกระแสต่ำสุดเท่ากับ 6 เท่า ดังนั้นในการขับกระแสคอลเลคเตอร์สูงสุดของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์แต่ละตัวซึ่งประมาณให้มีค่าเท่ากับ 1 แอมป์ กระแสเบสมีค่าเท่ากับ 1/6 แอมป์ หรือ 166 มิลลิแอมป์ ดังนั้นขดทุติยภูมิของหม้อแปลง T2 จะต้องสามารถจ่ายกระแสสูงสุดได้ 333 มิลลิแอมป์ สำหรับแรงดันขดทุติยภูมิของหม้อแปลง T2 ต้องสูงพอที่จะป้อนให้กับวงจร ซึ่งจะให้มีค่าสูงเอาไว้ก่อนเนื่องจากสามารถปรับขนาดของแรงดันได้โดยการปรับกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ภาคโคโรฟเวอร์ กำหนดให้แรงดันขดทุติยภูมิสูงสุดเป็น 40 Vp-p สำหรับการพันหม้อแปลง T2 ใช้แกนเฟอร์ไรท์แบบ EI 30 ซึ่งสามารถประมาณค่าความหนาแน่นฟลักซ์สูงสุดได้โดยการเปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของแกน EI 30 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.11 ตารางเซนติเมตร จะได้ขนาดใกล้เคียงกับแบบ ETD 39 ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดแกนเท่ากับ 1.25 ตารางเซนติเมตร ซึ่งจากกราฟแสดงค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุด และทำการขยายแกนความถี่ไปจนถึง 500 KHz จะได้ค่าความหนาแน่นฟลักซ์ประมาณ 300 เกาส์ ซึ่งจะใช้ค่า 150 เกาส์ เพื่อป้องกันไม่ให้แกนอิ่มตัว



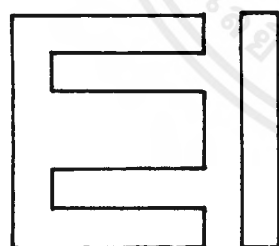
ETD

CORE TYPE	$A_c$ (cm <sup>2</sup> )	$A_w$ (cm <sup>2</sup> )	$V_c$ (cm <sup>3</sup> )	$l_c$ (mm)
ETD 34	0.971	1.220	7.64	78.6
ETD 39	1.250	1.740	11.50	92.2
ETD 44	1.740	2.130	18.00	103.0
ETD 49	2.110	2.710	24.20	114.0



EE

CORE TYPE	$A_c$ (cm <sup>2</sup> )	$A_w$ (cm <sup>2</sup> )	$V_c$ (cm <sup>3</sup> )	$l_c$ (mm)
EE 20/20/5	0.31	0.35	1.34	43.0
EE 30/30/7	0.59	0.78	4.00	66.9
EE 42/42/15	1.82	1.78	17.6	97.0
EE 42/42/20	2.36	1.78	23.1	97.4
EE 42/54/20	2.36	2.40	28.8	122.0
EE 42/66/20	2.36	3.40	34.5	143.0
EE 55/55/21	3.54	2.50	43.7	123.0
EE 55/55/25	4.20	2.50	52.0	123.0
EE 65/66/27	5.32	3.93	78.2	147.0



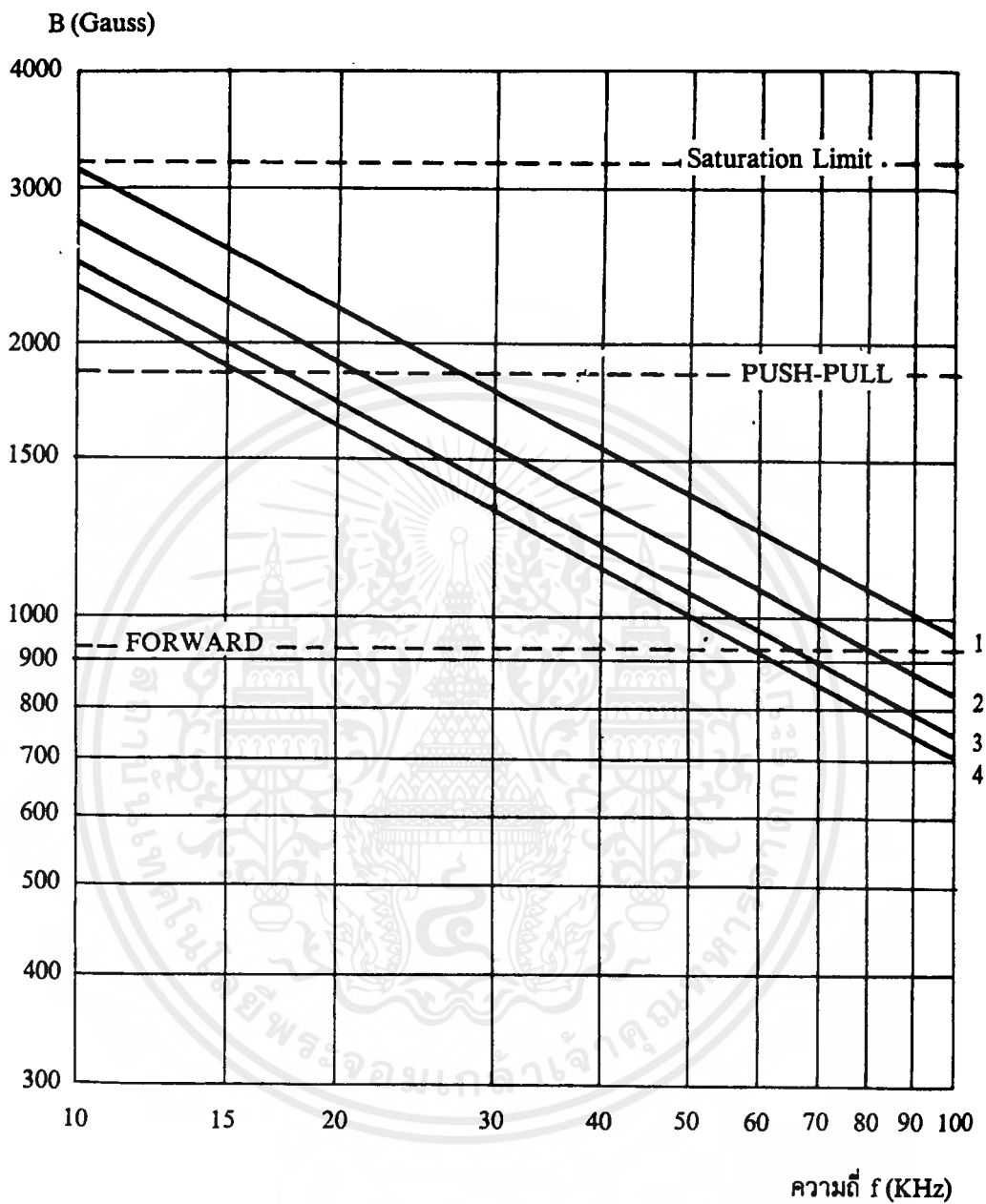
EI

CORE TYPE	$A_c$ (cm <sup>2</sup> )	$A_w$ (cm <sup>2</sup> )	$V_c$ (cm <sup>3</sup> )	$l_c$ (mm)
EI 19	0.24	0.517	0.950	39.6
EI 22/19	0.41	0.44	1.630	39.3
EI 25/19	0.42	0.819	2.02	48.6
EI 28/20	0.85	0.725	4.11	48.4
EI 30/26	1.11	0.791	6.45	58.1
EI 35/29	1.21	1.36	8.18	67.6
EI 40/35	1.48	1.08	11.3	76.9
EI 50/42	2.30	1.7	21.8	94.8
EI 60/44	2.48	2.94	27.2	109.7

- $A_c$  = ขนาดพื้นที่หน้าตัดแกนเฟอร์ไรต์  
 $A_w$  = ขนาดพื้นที่ช่องพันขดลวดของบอบบิ้น  
 $V_c$  = ปริมาตรของแกนเฟอร์ไรต์  
 $l_c$  = ระยะทางเดินฟลักซ์แม่เหล็กในแกนเฟอร์ไรต์

รูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างขนาดของแกนเฟอร์ไรต์แบบ EE,EI,ETD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- ขนาดแกนเฟอร์ไรต์: (1) ETD 34  
 (2) ETD 39  
 (3) ETD 44  
 (4) ETD 49

รูปที่ 2.10 แสดงกราฟค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดที่เหมาะสมของแกนเฟอร์ไรต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลข้างต้นสามารถหาจำนวนรอบของขดปฐมภูมิได้ดังนี้

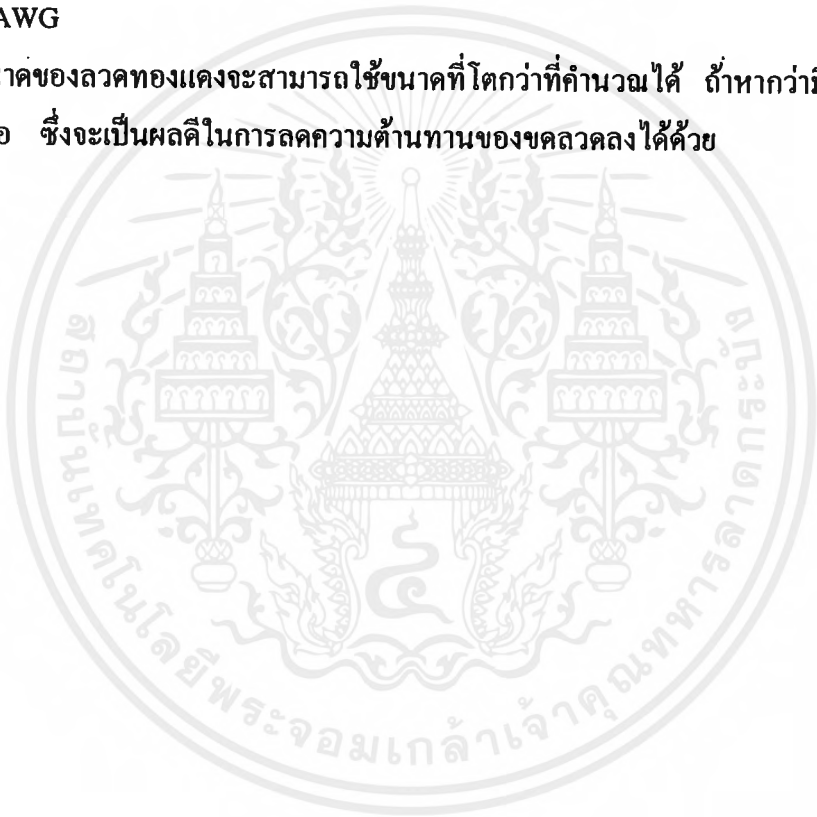
$$\text{จำนวนรอบขดปฐมภูมิ} = (70 \times 10^8) / (4.44 \times 150 \times 500 \times 10^3 \times 1.11) = 19 \text{ รอบ}$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนรอบขดทุติยภูมิ} &= (\text{จำนวนรอบขดปฐมภูมิ} \times \text{แรงดันขดทุติยภูมิ}) / \text{แรงดันขดปฐมภูมิ} \\ &= (19 \times 40) / 70 = 11 \text{ รอบ} \end{aligned}$$

เมื่อกำหนดให้ค่าความหนาแน่นกระแสในลวดทองแดงเป็น 300 จะได้ขนาดลวดทองแดงของขดทุติยภูมิเป็น  $300 \times 333 \times 10^{-3} = 99.9$  เซอร์คูลาร์บิลล์ ซึ่งตรงกับลวดเบอร์ 30 AWG

กระแสในขดปฐมภูมิจะเป็น  $I_p = (N_s \times I_s) / N_p = (11 \times 333 \times 10^{-3}) / 19 = 192 \text{ mA}$   
จะได้ขนาดลวดทองแดงของขดปฐมภูมิเป็น  $300 \times 192 \times 10^{-3} = 57.6$  เซอร์คูลาร์บิลล์ ซึ่งตรงกับลวดเบอร์ 32 AWG

ซึ่งขนาดของลวดทองแดงจะสามารถใช้ขนาดที่โตกว่าที่คำนวณได้ ถ้าหากว่ามีพื้นที่ในการพันขดลวดเพียงพอ ซึ่งจะเป็นผลดีในการลดความต้านทานของขดลวดลงได้ด้วย

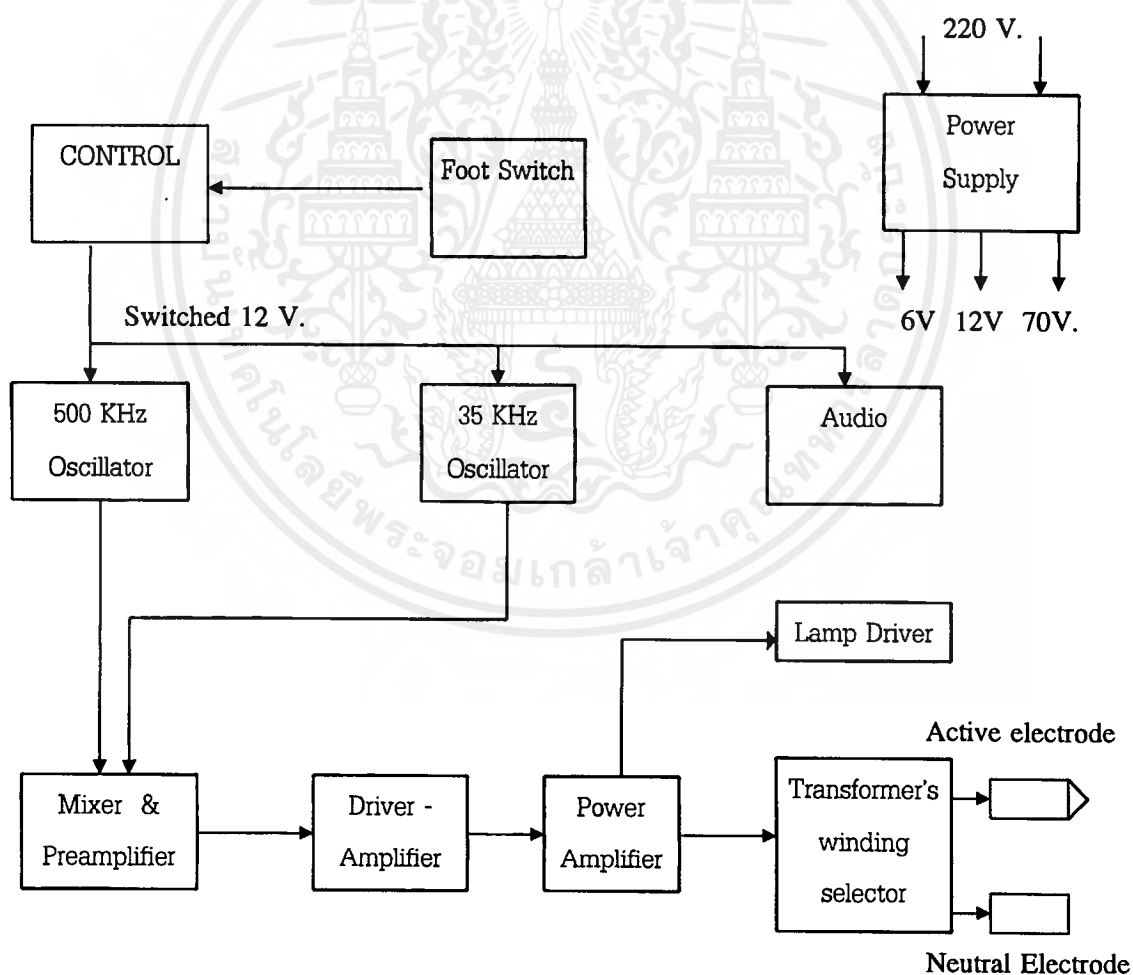


## บทที่ 3

## การทำงานวงจร

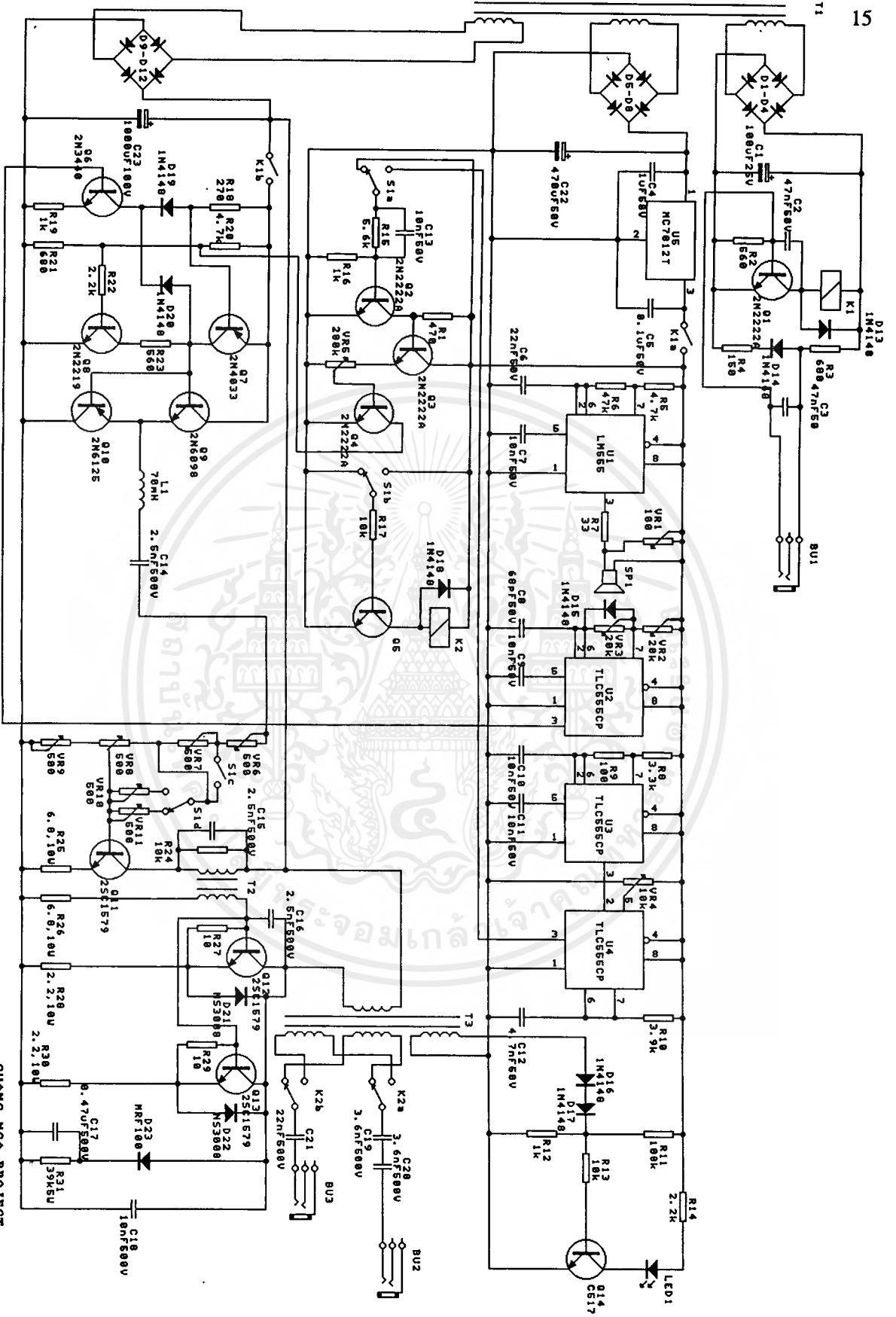
เครื่องตัด/จี ด้วยไฟฟ้านี้ จะผลิตกระแสไฟฟ้า ที่ความถี่ 500 กิโลเฮิร์ต สำหรับการตัด (Cutting) และการจีแบบสัมผัส (Contact Coagulation) ส่วนการจีแบบสเปรย์ (spray Coagulation) เครื่องจะผลิตความถี่ 500 กิโลเฮิร์ต ที่ถูกผสมโดยสัญญาณความถี่ 35 กิโลเฮิร์ต เพื่อให้ค่าอัตราส่วนของแรงดันสูงสุด ต่อแรงดันเฉลี่ยของสัญญาณเอทท์พุท มีค่าสูงขึ้น ทำให้กระแสไฟฟ้าความถี่สูง กระโดดผ่านอากาศ ไปยังบริเวณเนื้อเยื่อ ของคนไข้ได้

## 3.1 Block Diagram



รูปที่ 3.1 Block Diagram แสดงการทำงานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การทำงานของวงจร

#### 3.2.1 ภาคแหล่งจ่ายไฟฟ้า

หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า T1 ทำการแปลงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 50 โวลต์ , 16 โวลต์ และ 6 โวลต์

แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 50 โวลต์ จะถูกเรียงกระแส เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยไดโอดเรียงกระแสแบบบริดจ์ D9-D12 และฟิลเตอร์โดย C23 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จะจ่ายให้แก่ภาคเพาเวอร์เอ๊าท์พุทโดยตรง และจ่ายผ่านรีเลย์ K1b ให้กับวงจรมอดูเลเตอร์

แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 16 โวลต์ จะถูกเรียงกระแสโดยไดโอดเรียงกระแส D5-D8 และฟิลเตอร์โดย C22 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จะถูกรักษาแรงดันให้คงที่ที่ 12 โวลต์ โดย Regulator U5 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ จะจ่ายให้แก่ภาคออสซิลเลเตอร์โดยผ่านรีเลย์ K1a

แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 6 โวลต์ ถูกเรียงกระแสโดยไดโอดเรียงกระแส D1-D4 และฟิลเตอร์โดย C1 เพื่อจ่ายให้กับวงจรควบคุมรีเลย์ K1 สำหรับจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ และ 70 โวลต์ ให้กับวงจรอื่น ๆ

ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ จะผ่านฟิวส์ F1 และสวิตช์ S2 สำหรับเปิด-ปิดเครื่อง

#### 3.2.2 ภาคควบคุมการทำงาน

แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 6 โวลต์ จะผ่าน R3, D14 และ R4 ลงกราวด์ จะได้แรงดันตกคร่อม D14 และ R4 สำหรับต่อให้กับสวิตช์สำหรับควบคุมการทำงาน เมื่อสวิตช์ควบคุมการทำงานปิดวงจร Q1 จะได้รับกระแสเบสโดยวงจรแบ่งแรงดัน R3 กับ R4 Q1 จะทำงาน นำกระแสผ่านทางขดลวดของรีเลย์ K1 ทำให้รีเลย์ทำงานแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ จะผ่านคอนแทคท์ K1a จ่ายให้กับภาคออสซิลเลเตอร์ และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 70 โวลต์ จะผ่านคอนแทคท์ K1b จ่ายให้กับภาคมอดูเลเตอร์ซึ่งเป็นการสวิตช์ ให้วงจรทั้งหมดทำงาน

#### 3.2.3 ภาคออสซิลเลเตอร์

ไอซี U2 จะถูกต่อเป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ โดยมี VR2,VR3,D15 และ C8 เป็นตัวกำหนดความถี่ สำหรับการกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมความถี่ 500 กิโลเฮิร์ต โดยความถี่นี้จะสามารถปรับได้โดย VR2 และ VR3 สัญญาณ 500 กิโลเฮิร์ต เป็นสัญญาณความถี่หลักจะถูกป้อนให้กับวงจรมอดูเลเตอร์โดยตรง

ไอซี U3 จะถูกต่อเป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ โดยมี R8,R9 และ C10 เป็นตัวกำหนดความถี่กำเนิดสัญญาณความถี่ 35 กิโลเฮิร์ต โดยจะถูกป้อนให้กับไอซี U4 ซึ่งเป็นวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ U4 จะสร้างสัญญาณ 35 กิโลเฮิร์ต สำหรับเป็นสัญญาณมอดูเลชั่น ซึ่งสามารถปรับค่า Duty Factor ของสัญญาณมอดูเลชั่นนี้ได้โดยปรับ VR4 สัญญาณมอดูเลชั่นจะผ่านสวิตช์ S1a

วงจรแบ่งแรงดัน R15,R16,Q2,Q3และQ4 เป็นวงจรที่จะกำหนดการเปิด-ปิด สัญญาณมอดูเลชั่นให้แก่ วงจรมอดูเลเตอร์

โดยในโหมดการทำงานแบบตัด,จีส์ัมผัส สวิตช์ S1a จะถูกต่ออยู่กับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ R15,R16 เป็นวงจรแบ่งแรงดันเป็นแรงดันให้ขาเบสของ Q2 ทำให้ Q2 ทำงาน โวลเตจขา คอลเลคเตอร์จะลดลงมีค่าประมาณ 0 โวลต์ ทำให้ Q3 ไม่ทำงาน ไม่มีกระแสไหลเป็นกระแสเบสของ Q4 ทำให้ Q4 ไม่ทำงาน ขาคอลเลคเตอร์ของ Q4 จะเป็น High Impedance ต่อวงจรภาคมอดูเลเตอร์

ในโหมดการทำงานแบบจีแบบสเปรย์ สวิตช์ S1a จะถูกต่อกับสัญญาณ 35 กิโลเฮิร์ต ซึ่งเป็น พัลส์สี่เหลี่ยม ซึ่งมีแรงดันสูงสุดประมาณ 12 โวลต์ และต่ำสุด 0 โวลต์ ในช่วงแรงดัน 12 โวลต์ วงจร เป็น High Impedance เมื่อช่วงแรงดัน 0 โวลต์ Q2 จะไม่ทำงาน แรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์จะสูงขึ้น ทำให้ Q3 ทำงานมีกระแสไหล Q4 จะได้รับกระแสเบส ซึ่งสามารถปรับค่ากระแสเบสของ Q4 ได้ โดย VR5 ทำให้ Q4 ทำงาน แรงดันไฟฟ้าที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q4 จะลดลงมีค่าประมาณ 0 โวลต์ เป็นการต่อกราวด์ ให้กับวงจรมอดูเลเตอร์

### 3.2.4 ภาคมอดูเลเตอร์

แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 70 โวลต์ จะถูกจ่ายให้กับวงจรมอดูเลเตอร์ โดยผ่านคอนแทกซ์ของ รีเลย์ K1b สัญญาณความถี่ 500 กิโลเฮิร์ต เป็นสัญญาณความถี่หลักถูกป้อนให้กับขาเบสของ Q6 ในช่วงแรงดันไฟฟ้าเป็นบวก Q6 จะนำกระแสผ่าน R18,D19 แรงดันตกคร่อม R18 จะทำให้แรงดันที่ขา เบสของ Q7 ลดลง กระแสเบสของ Q7 ก็สามารถไหลผ่าน D19,Q6 และ R19 ได้ Q7 นำกระแสผ่าน R23 และ Q8 Q9 ก็จะทำงานสวิตช์ไฟฟ้ากระแสตรง 70 โวลต์ ไปยัง L1, C14

ในโหมดการทำงานแบบตัด/จีส์ัมผัส Q8 จะถูกไบอัสให้ทำงานโดยวงจรแบ่งแรงดัน R20 และ R21 Q8 จึงทำหน้าที่เหมือนสวิตช์ต่อ R23 ลงกราวด์ ในช่วงแรงดันไฟฟ้าเป็นลบ Q6 จะหยุดนำ กระแส ทำให้ Q7 หยุดนำกระแส Q9 ก็จะหยุดนำกระแสด้วย พลังงานที่สะสมอยู่ใน L1,C14 ก็จะ discharge ผ่าน Q10, R23 และ Q8

ในโหมดการทำงานแบบการจีแบบสเปรย์ Q8 จะถูกไบอัสให้ทำงานและหยุดทำงาน โดย สัญญาณมอดูเลชั่น 35 กิโลเฮิร์ต เมื่อ Q8 หยุดทำงานพลังงานสะสมใน L1, C14 จะไม่ถูก discharge ทำให้สัญญาณ 500 กิโลเฮิร์ต ไม่สามารถผ่านไปได้นี้เนื่องจาก C14 จะ charge จนถึงแรงดัน 70 โวลต์ D19 และ D20 จะทำหน้าที่เป็น Baker Clamp ป้องกันการอิมิตัวของ Q7 ทำให้การสวิตช์รวดเร็วขึ้น

### 3.2.5 ภาคไดรฟ์เวอร์ และเพาเวอร์แอมป์

สัญญาณจากมอดูเลเตอร์จะถูกป้อนให้กับขาเบสของ Q11 โดยผ่านทาง VR6,VR7,VR8,VR10 และ VR14 Q11 จะขยายสัญญาณผ่าน Transformer T2 ป้อนให้กับวงจรภาค Power Amp. Q12 และ Q13 ซึ่งจะขยายสัญญาณผ่าน Output Transformer T3 โดยมี D23,R31 และ C17 ทำงาน เป็นวงจรสแน็บเบอร์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงดันตกคร่อม Power Transistor ในขณะที่ยังคังมีกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอตเลคเตอร์อยู่ ส่วน D21 และ D22 ป้องกันการเกิดแรงดันไฟฟ้ากลับชั่วเกิดขึ้นที่คอตเลคเตอร์ของ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์สัญญาณเอาต์พุตทางด้านขดทุติยภูมิของ Transformer T3 จะถูกเลือกโดยคอนแทกซ์ของรีเลย์ K2a,K2b ในโหมดการทำงานแบบตัด,จี้สัมผัส Q5 จะถูกไบอัสให้ไม่มีการนำกระแส คอนแทกซ์ของรีเลย์ K2a,K2b จะต่อขดลวดแรงดันต่ำ เป็นขดลวดเอาต์พุตผ่าน C19,C20 และ C21 เป็นแรงดันไฟฟ้าสำหรับการตัดหรือการจี้สัมผัส

ในการทำงานแบบการจี้แบบสเปรย์ สวิตช์ S1b จะต่อแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ผ่าน R17 เป็นการไบอัสให้ Q5 ทำงาน ทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดรีเลย์ K2 คอนแทกซ์ของรีเลย์ K2a และ K2b จะต่อขดลวดแรงดันสูงของ T3 เป็นขดลวดเอาต์พุต





## บทที่ 4

## การทดลองและสรุปผลการทดลอง

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวงจรที่ออกแบบ การทดลองเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการตรวจสอบการทำงานของวงจร โดยการประกอบวงจรแล้วทำการวัดค่าต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือวัด เช่น มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป

## 4.1 วัดสัญญาณต่างๆ

รูปที่ 4.1 เป็นรูปแสดงสัญญาณความถี่ 500 กิโลเฮิร์ต วัดที่ขา 3 ของ IC U2 (TLC555CP) สามารถปรับค่า Duty Cycle ได้โดยปรับความต้านทานปรับค่าได้ VR2 และ VR3 เพื่อให้ได้ Duty Cycle 50 เปอร์เซ็นต์ ความถี่ 500 กิโลเฮิร์ต มีแอมพลิจูดประมาณ 12 Vp-p



รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณ 500 kHz จาก IC U2

10V

1uS

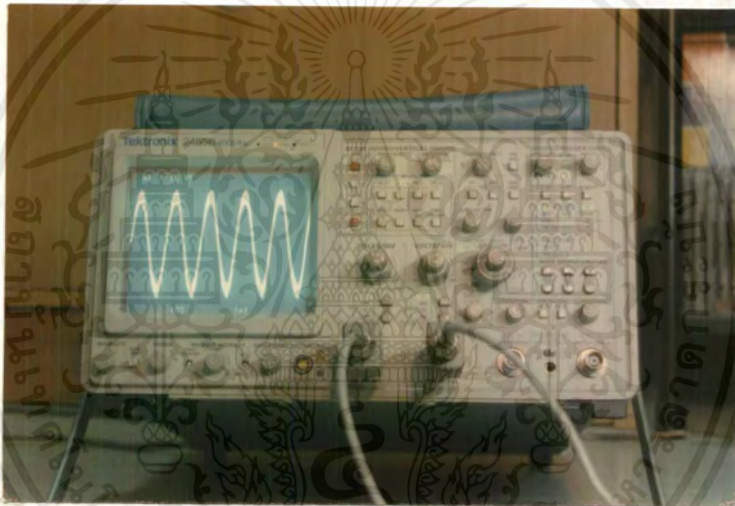
รูปที่ 4.2 เป็นรูปแสดงสัญญาณความถี่ 35 กิโลเฮิร์ต รูปสัญญาณรูปบวมวัดจากขา 3 ของ IC U3 ซึ่งต่อเป็นวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ มีแอมพลิจูดประมาณ 12 Vp-p สัญญาณมีระดับแรงดันเป็นบวกกว้างกว่าระดับแรงดันเป็นศูนย์มาก ส่วนรูปสัญญาณรูปล่างเป็นรูปสัญญาณ 35 กิโลเฮิร์ตที่ใช้สำหรับการมอดูเลชัน โดยวัดจาก ขา 3 ของ IC U4 มีแอมพลิจูด 12 Vp-p ลักษณะของสัญญาณมีระดับแรงดันเป็นบวกช่วงแคบๆ สามารถปรับค่า Duty Factor ได้โดยปรับ VR4

รูปที่ 4.3 และ 4.4 เป็นสัญญาณจากภาคมอดูเลเตอร์ วัดที่ขา C14 ด้านที่ต่อกับ VR6 โดยรูปที่ 4.3 เป็นสัญญาณขณะตัดหรือจี้สัมผัส มีแอมพลิจูดประมาณ 60 Vp-p เป็นรูป Sine Wave ความถี่ 500 กิโลเฮิร์ต ส่วนรูปที่ 4.4 เป็นสัญญาณขณะจี้แบบสเปร์ย์ มีแอมพลิจูดประมาณ 70 Vp-p เป็นสัญญาณผสมกันระหว่างสัญญาณ 500 กิโลเฮิร์ตกับ 35 กิโลเฮิร์ต



10V  
10uS

รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณ 35 kHz จาก IC U3 และ U4



10V  
1uS

รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณจากภาคมอดูเลเตอร์



10V  
10uS

รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณจากภาคมอดูเลเตอร์เมื่อจี้แบบสเปิร์ช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 เป็นสัญญาณจากภาคเอาต์พุตวัดที่ BU2 เทียบกับ BU3 โดยตั้ง Volume (VR8) ต่ำสุดและสูงสุดตามลำดับ เนื่องจากระดับแรงดันมีค่าสูงมากเกินสเกลของสโคปที่จะแสดงได้ จึงใช้ Probe x 100 ในการวัดสัญญาณแทน Probe ธรรมดา (Probe x 1)

ส่วนรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 ก็เป็นสัญญาณจากภาคเอาต์พุตเหมือนกันแต่เป็นขณะจีแบบสเปรย์



2V  
10uS

รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อตั้ง Volume ต่ำสุด



2V  
10uS

รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อตั้ง Volume สูงสุด



5V  
10uS

รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อจีแบบสเปร์รี่ตั้ง Volume ต่ำสุด



5V  
10uS

รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อจีแบบสเปร์รี่ตั้ง Volume สูงสุด

#### 4.2 สรุปผลการทดลอง

จากรูปสัญญาณต่างๆที่ทำการวัด จะเห็นว่ามึลักษณะใกล้เคียงกับทางทฤษฎี ทั้งลักษณะของรูปคลื่นและแอมพลิจูด เมื่อทำการทดลองตัดกับเนื้อไก่ก็สามารถทำให้เกิดรอยจากการตัดได้ เป็นการพิสูจน์ได้ว่าเครื่องตัด/จีด้วยไฟฟ้านี้สามารถทำงานได้จริง

ภาคผนวก

BU 1	CONNECTING SOCKET			
BU 2	CONNECTING SOCKET			
BU 3	CONNECTING SOCKET			
C 1	CAPACITOR	100 uF	25 V.	
C 2	CAPACITOR	47 nF	50 V.	
C 3	CAPACITOR	47 nF	50 V.	
C 4	CAPACITOR	1 uF	50 V.	
C 5	CAPACITOR	0.1 uF	50 V.	
C 6	CAPACITOR	0.022 uF	50 V.	
C 7	CAPACITOR	10 nF	50V.	
C 8	CAPACITOR	68 pF	50 V.	
C 9	CAPACITOR	10 nF	50 V.	
C 10	CAPACITOR	10 nF	50 V.	
C 11	CAPACITOR	10 nF	50 V.	
C 12	CAPACITOR	4.7 nF	100 V.	
C 13	CAPACITOR	10 nF	50 V.	
C 14	CAPACITOR	2.5 nF	500 V.	
C 15	CAPACITOR	2.5 nF	500 V.	
C 16	CAPACITOR	2.5 nF	500 V.	
C 17	CAPACITOR	0.47 uF	500 V	
C 18	CAPACITOR	10 nF	500 V.	
C 19	CAPACITOR	3.6 nF	500 V.	
C 20	CAPACITOR	3.6 nF	500 V.	
C 21	CAPACITOR	22 nF	250 V.	
D1-D4	BRIDGE RECTIFIER			
D5-D8	BRIDGE RECTIFIER			
D9-D12	BRIDGE RECTIFIER			
D 13	DIODE 1N4148			
D 14	DIODE 1N4148			
D 15	DIODE 1N4148			
D 16	DIODE 1N4148			
D 17	DIODE 1N4148			
D 18	DIODE 1N4148			
D 19	DIODE 1N4148			

D 20	DIODE 1N4148			
D 21	DIODE NS3008			
D 22	DIODE NS3008			
D 23	DIODE MRF100			
K 1	RELAY 6V			
K 2	RELAY 12V			
L 1	CHOKE 70mH			
LED 1	LED			
Q 1	TRANSISTOR	2N2222A		
Q 2	TRANSISTOR	2N2222A		
Q 3	TRANSISTOR	2N2222A		
Q 4	TRANSISTOR	2N2222A		
Q 5	TRANSISTOR	C517		
Q 6	TRANSISTOR	2N3440		
Q 7	TRANSISTOR	2N4033		
Q 8	TRANSISTOR	2N2219		
Q 9	TRANSISTOR	2N6123		
Q 10	TRANSISTOR	2N6125		
Q 11	TRANSISTOR	2SC1579		
Q 12	TRANSISTOR	2SC1579		
Q 13	TRANSISTOR	2SC1579		
R 1	RESISTOR	470	Ohm	0.5 W
R 2	RESISTOR	560	Ohm	0.5 W
R 3	RESISTOR	680	Ohm	0.5 W
R 4	RESISTOR	150	Ohm	0.5 W
R 5	RESISTOR	4.7K	Ohm	0.5 W
R 6	RESISTOR	47K	Ohm	0.5 W
R 7	RESISTOR	33	Ohm	0.5 W
R 8	RESISTOR	3.3K	Ohm	0.5 W
R 9	RESISTOR	100	Ohm	0.5 W
R 10	RESISTOR	3.9K	Ohm	0.5 W
R 11	RESISTOR	100K	Ohm	0.5 W
R 12	RESISTOR	100K	Ohm	0.5 W
R 13	RESISTOR	10K	Ohm	0.5 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ ห้ามการใช้นามเพื่อการค้าหรือเพื่อวัตถุประสงค์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R 14	RESISTOR	270	Ohm	0.5 W
R 15	RESISTOR	5.6K	Ohm	0.5 W
R 16	RESISTOR	1K	Ohm	0.5 W
R 17	RESISTOR	10K	Ohm	0.5 W
R 18	RESISTOR	270	Ohm	0.5 W
R 19	RESISTOR	1K	Ohm	0.5 W
R 20	RESISTOR	4.7K	Ohm	1 W
R 21	RESISTOR	680	Ohm	0.5 W
R 22	RESISTOR	2.2K	Ohm	0.5 W
R 23	RESISTOR	560	Ohm	5 W
R 24	RESISTOR	10K	Ohm	5 W
R 25	RESISTOR	6.8	Ohm	10 W
R 26	RESISTOR	6.8	Ohm	10 W
R 27	RESISTOR	10	Ohm	0.5 W
R 28	RESISTOR	2.2	Ohm	10 W
R 29	RESISTOR	10	Ohm	0.5 W
R 30	RESISTOR	2.2	Ohm	10 W
R 31	RESISTOR	39K	Ohm	5 W
S 1	PUSH BUTTON SWITCH			
S 2	MAIN SWITCH			
T 1	POWER TRANSFORMER			
T 2	DRIVE TRANSFORMER			
T 3	OUTPUT TRANSFORMER			
U 1	IC TL C555CP			
U 2	IC TLC 555CP			
U 3	IC TLC 555CP			
U 4	IC LM 555			
U 5	IC 7812			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชูเกียรติ วัฒนากุล. “การออกแบบหม้อหุงข้าวไฟฟ้าสูง”. สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย. กรุงเทพฯ:  
ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สุวัฒน์ คั่น. เทคนิคและการออกแบบสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:  
เอนเทลไทย , 2538 , 245 หน้า.

MARTIN ELEKTROTOM 40 Service - Manual .



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้