บทที่ 5

สรุปผลและเสนอแนะ

5.1 ผลการทดลองแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง

การทดลองและศึกษาผลกระทบของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงต่อสเปคตรัม ให้ผลออกมาดังนี้

5.1.1 จากแนวคิดในการใช้ระบบสวิตชิง พัลส์วิดมอดูเลเตอร์เป็นวงจรควบคุมให้ศักดาทางออกคงที่ กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงที่ปรับค่าได้จาก 0 โวลต์นั้นเป็นไปได้ โดยปรับค่าศักดาไฟฟ้าทางออกจาก 0 ถึง 3000 โวลต์ และจ่ายกระแสได้ 5 มิลลิแอมแปร์ ตามที่ออกแบบโดยมีประสิทธิภาพ 77 % ซึ่งดีกว่าการใช้วงจรควบคุมศักดาให้คงที่แบบอันดับ ซึ่งมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้ามากและความร้อนสูง

5.1.2 ผลการตรวจสอบแรงดันระลอกคลื่น และการรบกวนจากสัญญาณยอดแหลมก่อนการปรับปรุงการทำงานของวงจรมีค่า 100 มิลลิโวลต์ และหลังการปรับปรุงวงจรแล้วก็ยังพบว่ามีแรงดันระลอกคลื่นขณะไม่มีโหลดมีค่า 25 มิลลิโวลต์ และ 48 มิลลิโวลต์ เมื่อมีโหลดสูงสุด

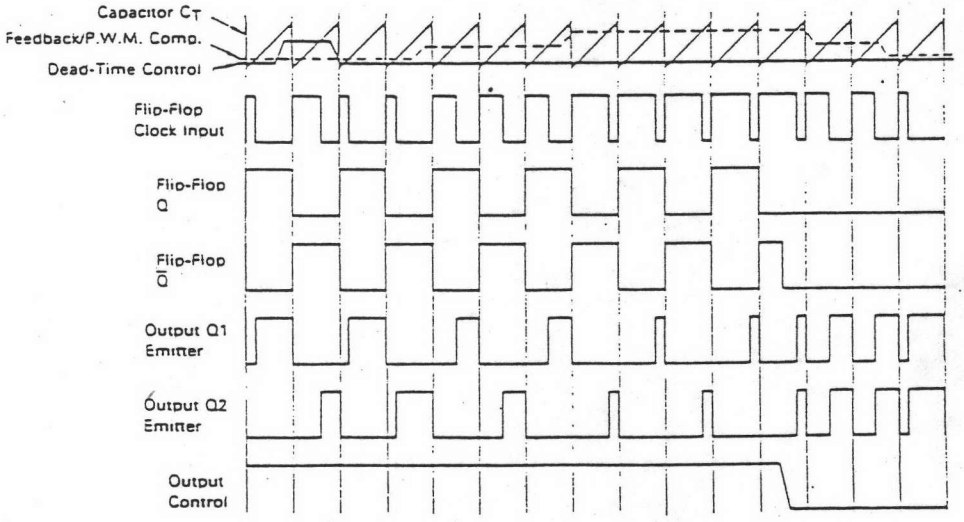
จากการหาสาเหตุและแก้ปัญหาพอสรุปได้ดังนี้

5.1.2.1 การจัดจุดต่อกราวด์จะต้องเป็นวงรอบของการทำงานที่ร่วมกันถูกต้อง ความสมบูรณ์ของจุดต่อกราวด์จะช่วยลดสัญญาณยอดแหลมลงมาก และการกระเพื่อมของสัญญาณพบว่ากล่องโลหะที่พ่นสีเคลือบบนฝาครอบด้านในไม่เหมาะกับการทำงานที่ต้องการจุดสัมผัสกราวด์ที่ดี สีจะทำให้จุดสัมผัสของชิ้นโลหะต่อไม่ถึงกันสมบูรณ์และ มีลักษณะเป็นตัวเก็บประจุทำให้มีการกระเพื่อม ของไฟฟ้าแรงสูง

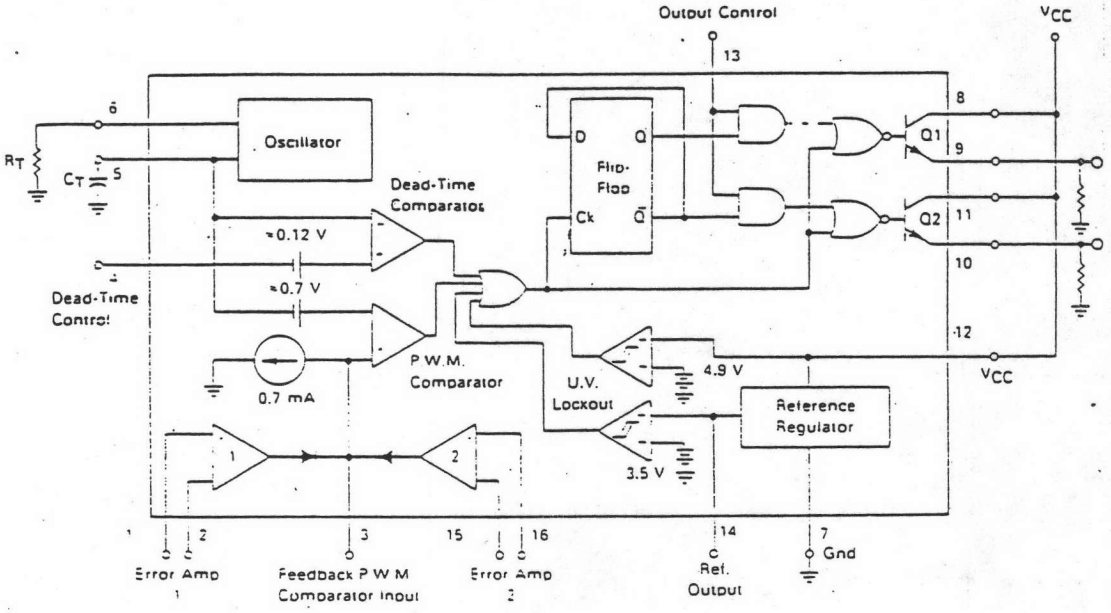
5.1.2.2 วงจรออสซิลเลเตอร์ที่กำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ขับวงจรคอนเวอเตอร์จะต้องมีครึ่งคาบของไซเคิลแรกและหลังเท่ากัน (50 % duty cycle) และต้องมีความถี่เดียวกับความถี่ของพัลส์วิดมอดูเลเตอร์ เพื่อให้การเปิดพัลส์ในขณะโหลดต้องการกระแสสัมพันธ์กัน

5.1.2.3 การจัดตำแหน่งตัวเก็บประจุเพื่อกรองกระแสขั้นสุดท้ายของศักดาไฟฟ้าแรงสูงทางออก จะต้องต่อให้ใกล้กับคอนเนคเตอร์ไฟฟ้าแรงสูงมากที่สุด เพื่อการกรองกระแสที่มีประสิทธิภาพ

5.1.3 จากปัญหาในข้อ 5.1.2.2 เมื่อทำการวิเคราะห์ไอซีเบอร์ TL 494 ซึ่งทำหน้าที่เป็นพัลส์วิดมอดูเลเตอร์ พบว่าวงจรที่ออกแบบไว้ไม่จำเป็นต้องมีออสซิลเลเตอร์ต่างหาก เพราะถ้าต้องการความถี่ที่กำเนิดให้วงจรคอนเวอเตอร์เป็นความถี่เดียวกัน ก็สามารถนำมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์ภายในไอซี ที่ Flip-flop Q และ $\bar{Q}$ ดังแสดงในแผนภาพเวลา (timing diagram) ในรูปที่ 5.1

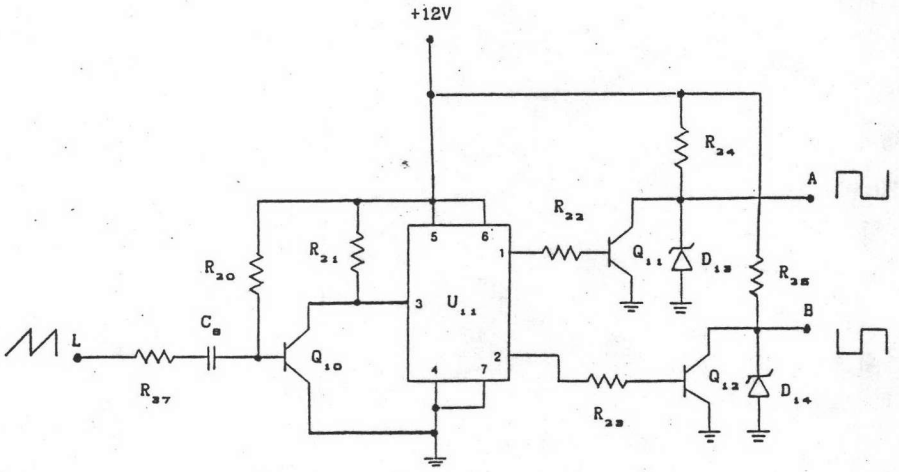


รูปที่ 5.1 แผนภาพเวลาของไอซี TL494



รูปที่ 5.2 แผนภาพวงจรภายในไอซี TL 494

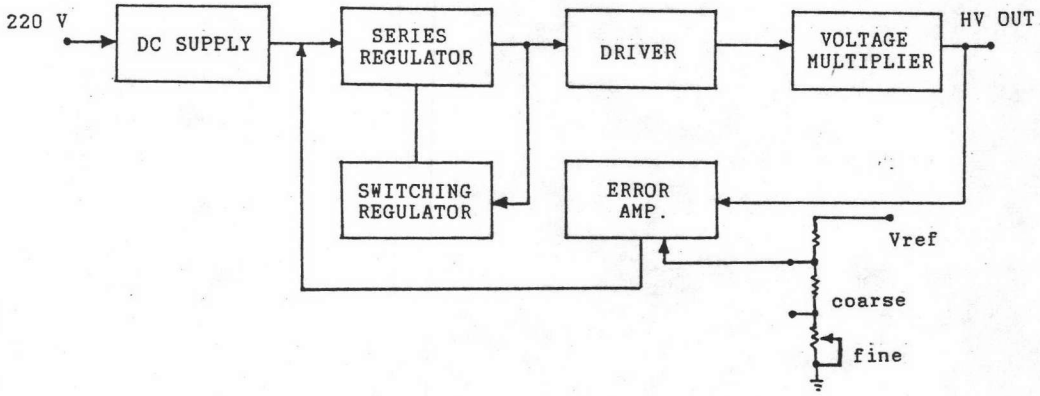
แต่เมื่อพิจารณาที่แผนภาพในรูป 5.2 ดี ฟลิป-ฟลอปภายในที่กำเนิดสัญญาณดังกล่าวไม่ได้ต่อขาออกมาภายนอก จึงจำเป็นต้องแก้ปัญหาโดยเลือกจุดต่อขา 5 ซึ่งให้สัญญาณพันเลื่อยความถี่เป็น 2 เท่าของ ฟลิป-ฟลอป มาแต่งรูปสัญญาณและกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมดังแสดงในรูป 5.3



รูปที่ 5.3 แสดงวงจรเปลี่ยนรูปสัญญาณและกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม

ซึ่งตามทฤษฎีแล้วครึ่งไซเคิลควรจะเท่ากัน แต่ผลของการนำสัญญาณพัลเลื่อยจากออสซิลเลเตอร์ ภายในไอซี TL 494 ให้สัดส่วนของครึ่งไซเคิลประมาณ 48 % ซึ่งสามารถทำงานได้ดี ทำให้ประหยัดวงจร และความถี่ของทั้ง 2 วงจรคือ คอนเวอเตอร์และพัลส์วิดมอดูเลเตอร์ เป็นความถี่เดียวกัน

5.1.4 จากการทดสอบเสถียรภาพการทำงาน ที่ระดับศักดาทางออกที่คงที่ เช่น 1000 โวลต์ 2000 โวลต์ และแต่ละระดับปรับค่า R_T ให้ความกว้างของพัลส์ที่ควบคุมวงจรสวิตช์ เปิดประมาณ 50% และเลือกค่า L,C ที่พอดี จะให้เสถียรภาพดีมีการกระเพื่อมของสัญญาณทางออกน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับผลของการใช้วงจรสวิตชิงกับการปรับค่าศักดาไฟฟ้าในช่วงกว้าง 0-3000 โวลต์ นั้นจึงไม่เหมาะเพราะค่า L,C ซึ่งชดเชยกำลังไฟฟ้าช่วงเปิดนั้นจะเหมาะกับค่าความกว้างของพัลส์ค่าหนึ่งดังนั้นการที่ออกแบบ แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ปรับค่ากว้างโดยใช้สวิตชิงจึงมีปัญหา เรื่องเสถียรภาพของการทำงาน เมื่อเกิดปัญหานี้ได้วิเคราะห์วงจรของแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากต่างประเทศ (ORTEC รุ่น 556) พบว่าไม่ได้ใช้การควบคุมศักดาไฟฟ้าคงที่กับวงจรคอนเวอเตอร์โดยตรงเพื่อที่จะปรับค่าแหล่งจ่ายกำลังในช่วงกว้างแต่ใช้วงจรควบคุมศักดาไฟฟ้าคงที่แบบอันดับแทน และใช้การควบคุมศักดาคงที่แบบสวิตชิง กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำของวงจรควบคุมศักดาไฟฟ้าคงที่แบบอันดับ เป็นการลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าซึ่งจะต้องทำงานกับไฟฟ้าแรงสูงที่ปรับค่าในช่วงกว้าง ซึ่งแผนภาพของวงจรแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แผนภาพแสดงวงจรต่างๆ ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงจากต่างประเทศ

5.1.5 ผลการทดสอบใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงที่พัฒนาขึ้น ให้แก่หัววัดรังสีแบบพรอพอร์ชันแนล และซินทิลเลชัน เปรียบเทียบกับการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงของ ORTEC พบว่าการใช้งานในช่วงสั้นๆ (60 วินาที) การวิเคราะห์สเปคตรัม โดยหัววัดแบบพรอพอร์ชันแนล ที่พลังงาน 5.9 keV และ 22.1 keV นั้นไม่แตกต่างกันมากแต่เมื่อมาพิจารณาที่การใช้หัววัด ซินทิลเลชัน ที่พลังงาน 5.9 keV นั้นผลของแรงดันระลอกคลื่นทำให้รูปสเปคตรัมผิดเพี้ยนไปแต่ความสามารถในการแยกพลังงานไม่ต่างกันมาก เมื่อทดลองใช้งานนานขึ้นเป็น 1 ชม. ผลของความไม่คงที่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงทำให้ขนาดของพีค กว้างขึ้น จนทำให้ความสามารถในการแยกพลังงานลดลง 1.2 %

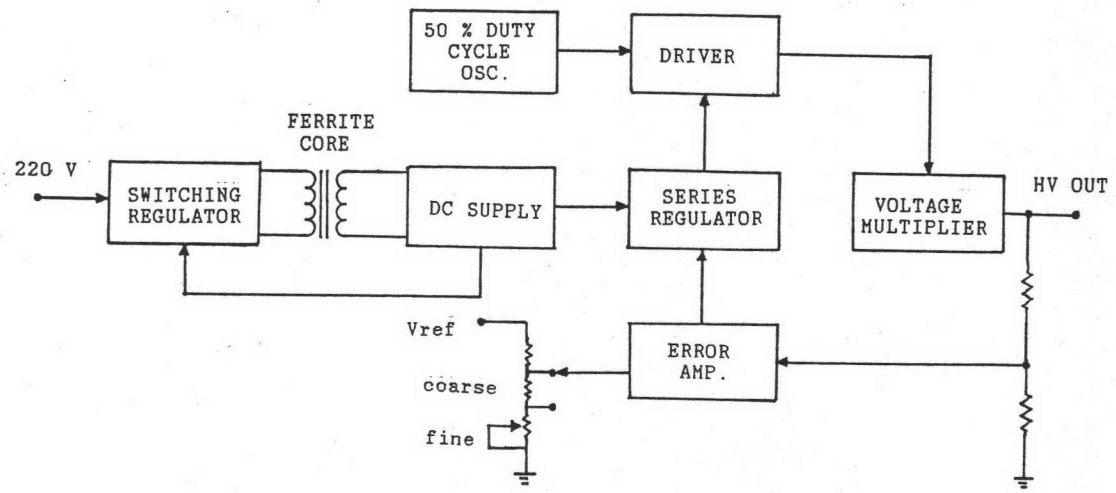
5.1.6 ระหว่างการทดสอบใช้งานพบว่าการปรับค่าศักดาไฟฟ้าแรงสูง ด้วย tenturn pot นั้น ปรับให้ได้ค่าที่ต้องการยาก เนื่องจากความหยาบของสเกล จึงจำเป็นต้องมีการแก้ไขให้ช่วงศักดาไฟฟ้าแรงสูง ปรับได้ละเอียดขึ้น เพื่อจะปรับค่าศักดาได้ง่าย

5.1.7 อุปสรรคในการสร้างนอกจากปัญหาของวงจรและการประกอบที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ข้อจำกัดของการออกแบบยังอยู่ที่ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บางส่วน เช่น สวิตเปลี่ยนขั้วไฟฟ้า สวิตแบ่งสเกลศักดาไฟฟ้าแรงสูง ตัวเก็บประจุทนแรงดันทะลุสูง หาได้ยากภายในประเทศ ซึ่งทำให้วงจรบางส่วนที่ออกแบบขึ้นไม่เป็นไปตามที่ต้องการ

5.2 <u>ข้อเสนอแนะ</u>

จากผลของการปรับปรุงวงจรต้นแบบและการทดสอบใช้งานกับหัววัดรังสี ทำให้เกิดแนวคิดในการปรับปรุงแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงที่จะต้องจ่ายกระแสทางออกสูงและปรับศักดาไฟฟ้าช่วงกว้าง ควรจะเป็นดังนี้

5.2.1 การใช้วงจรสวิตชิ่งนั้นช่วงลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้า และความร้อนสะสมที่จะทำให้เกิดความไม่คงที่ของศักดาไฟฟ้าสูง ขณะเดียวกันการใช้สวิตชิ่งโดยตรงกับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์จะช่วยให้ลดขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าแกนเหล็ก ซึ่งมีขนาดใหญ่น้ำหนักมาก แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงจึงน่าจะมีลักษณะการทำงานดังนี้



รูปที่ 5.5 แผนภาพแสดงแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงในแนวคิดใหม่

5.2.2 ถ้าสามารถจัดหาสวิตแบ่งช่วงศักดาไฟฟ้าสูงจากการควบคุมศักดาอ้างอิง ที่มีหน้าสัมผัสดี มีความเป็นฉนวนดี แทนการปรับ VR_1 ในวงจรที่พัฒนาขึ้นและแบ่งศักดาไฟฟ้าอ้างอิงตามรูปที่ 5.5 จะช่วยให้การปรับค่าศักดาไฟฟ้าทางออกละเอียดขึ้น

5.2.3 แท่นเครื่องในส่วนที่บรรจุวงจรแผ่นพิมพ์ ควรจะเป็นเนื้อโลหะที่สัมผัสกันอย่างดี และเป็นโลหะชนิดเดียวกัน เพื่อลดปัญหาเรื่องระบบกราวด์ของวงจร การจัดวางตำแหน่งของวงจรแผ่นพิมพ์ที่เหมาะสมจะช่วยลดการใช้สายยาว ซึ่งจะทำให้เกิดการรบกวนทางสนามแม่เหล็ก และยังช่วยให้การเดินสายสะดวกขึ้น

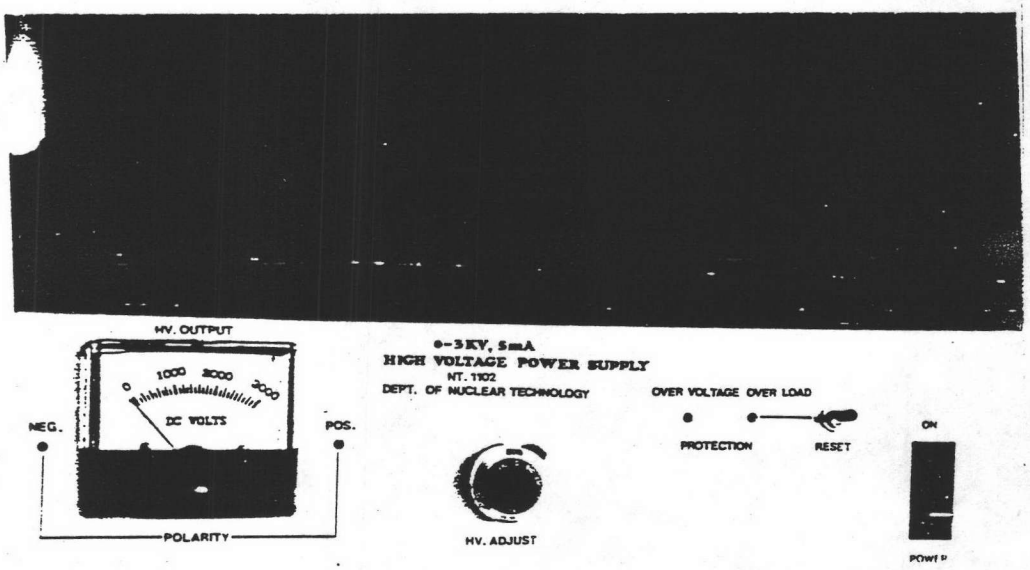
5.3.1 ลักษณะทั่วไป

สามารถปรับค่าความต่างศักย์ทางออกได้	0-3000	โวลต์
จ่ายกระแสสูงสุด	5	มิลลิแอมแปร์
หัวต่อไฟฟ้าแรงสูงแบบ	MHV	
ใช้กับไฟฟ้า	220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์	

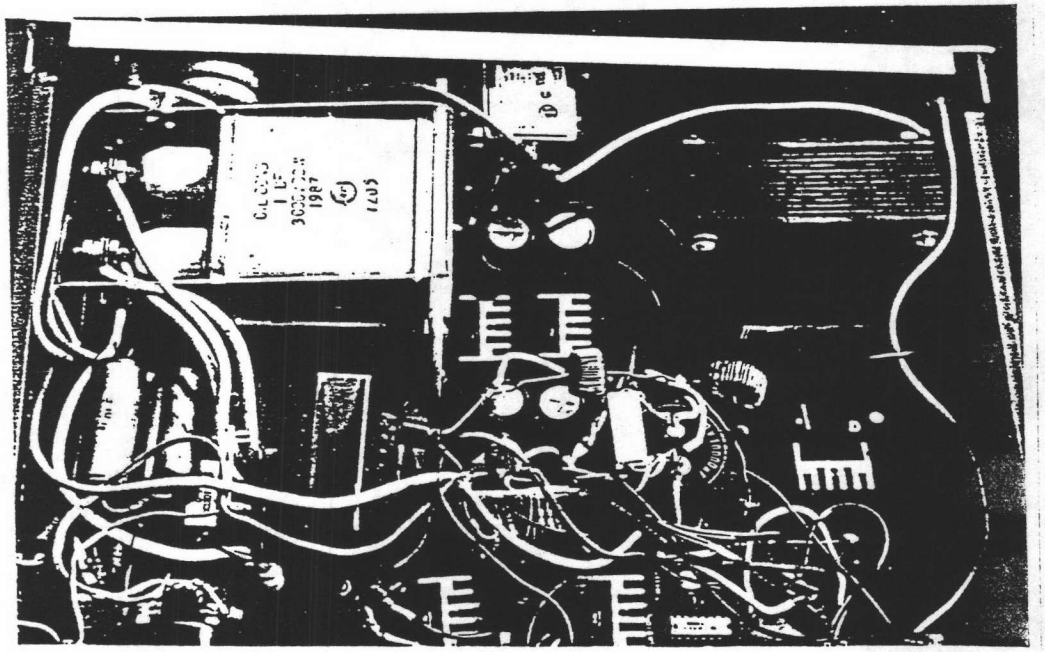
5.3.2 ลักษณะเฉพาะ

แรงดันระลอกคลื่นขณะไม่มีโหลด	25	มิลลิแอมแปร์
แรงดันระลอกคลื่นขณะมีโหลด	48	มิลลิแอมแปร์
regulation ที่โหลดสูงสุด	0.67	%
ความไม่คงที่	0.125	%
ป้องกันการใช้โหลดเกิน (โดยตรวจสอบพัลส์วิด)	5	มิลลิแอมแปร์

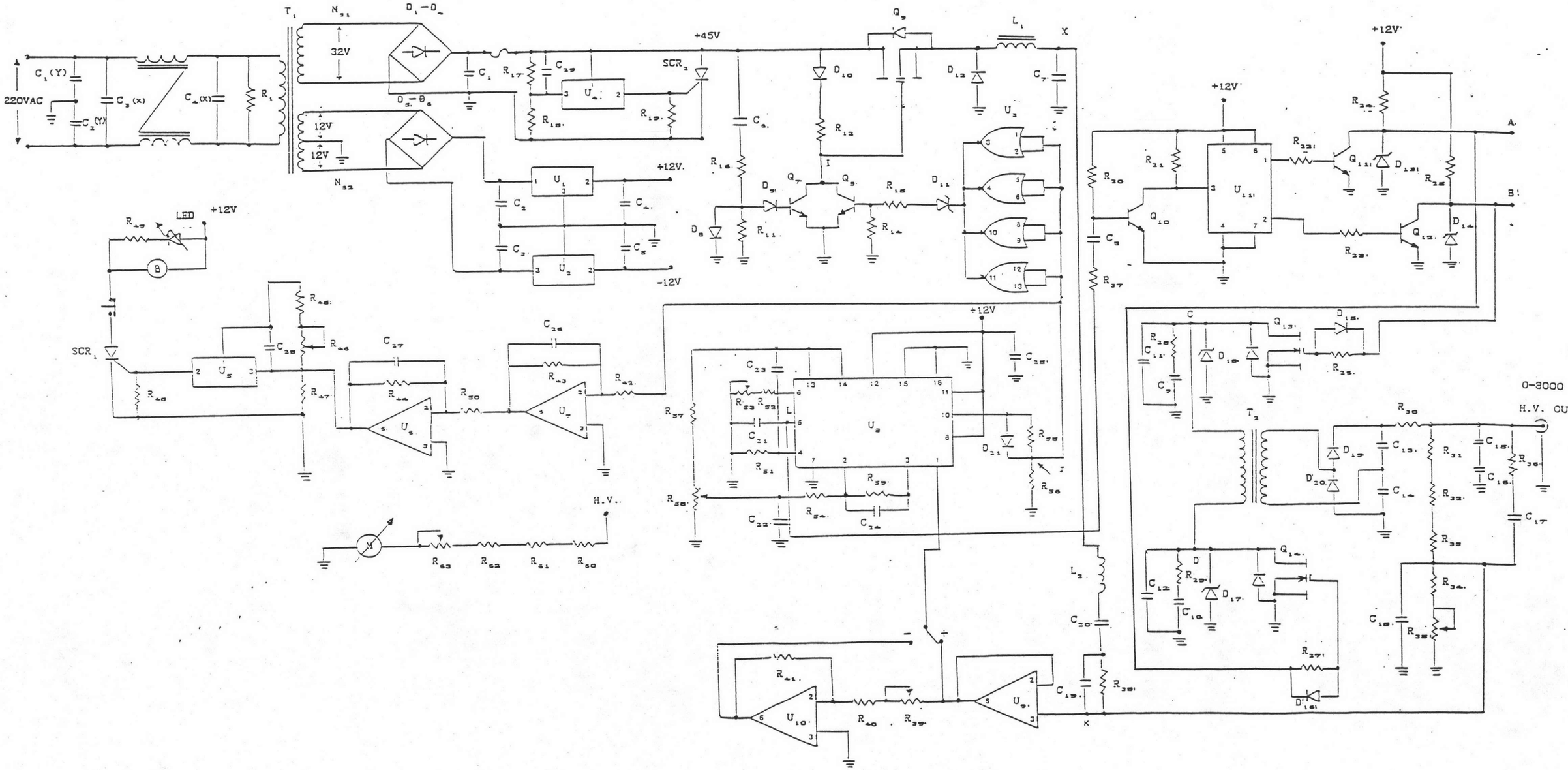
ขนาด	32 x 24 x 9	ซม.
น้ำหนัก	4	กิโลกรัม



รูปที่ 5.6 ภาพแสดงด้านหน้าเครื่อง



รูปที่ 5.7 ภาพแสดงส่วนต่าง ๆ ภายในเครื่อง


220VAC
T1
N31
32V
12V
12V
N32
D1-D4
D5-D8
+45V
+12V
-12V
SCR1
SCR2
LED
H.V.
0-3000 V
H.V. OUT
A
B
X
K
I
J
L
L1
L2
T2
U1
U2
U3
U5
U7
U8
U9
U10
U11