

การทดลองและผลการทดลอง

จากหลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสร้างชุดวงจรชุดนีออน โฆษณา สำหรับแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หม้อแปลงฟลายแบ็คเครื่องรับโทรทัศน์ ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้กำลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า (Solar module) เพื่อให้เกิดการเพิ่มแรงดันไฟตรงจ่ายให้กับหม้อแปลงสวิตซ์ (Flyback TV) ที่มีการควบคุมด้วยเทคนิคแบบ พีดับบลิวเอ็ม (PWM - Technique) ให้เกิดแรงดันไฟสูง (High Voltage) เพื่อชุดนีออน โดยผู้วิจัยได้มีการศึกษา ค้นคว้าข้อมูลและรวบรวมข้อมูลจากหนังสือวารสาร บทความ งานวิจัยและเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต (Internet) เพื่อใช้ประกอบในการออกแบบสร้างชุดวงจรดังกล่าว

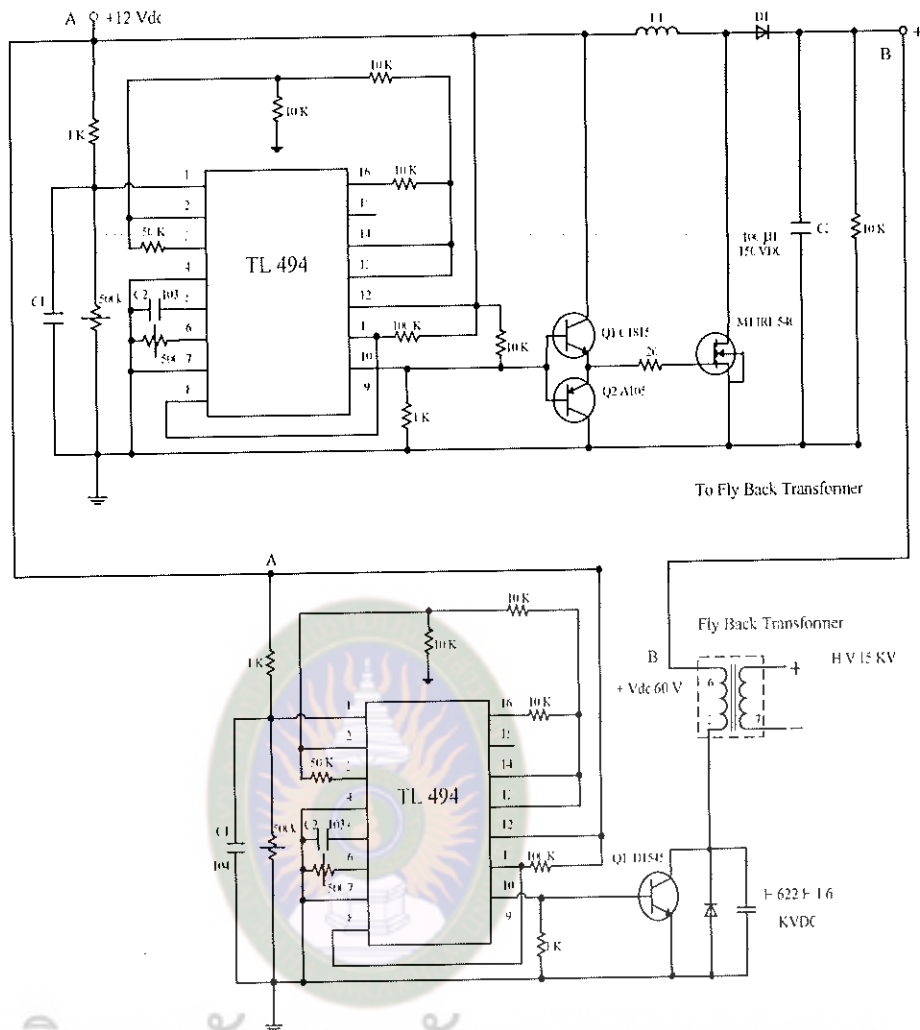
4.1 หลักการทำงานของวงจร

วงจรต้นแบบชุดวงจรชุดนีออน โฆษณาสำหรับแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หม้อแปลงฟลายแบ็คเครื่องรับโทรทัศน์ ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้กำลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า (Solar module) เพื่อให้เกิดการเพิ่มแรงดันไฟตรงจ่ายให้กับหม้อแปลงสวิตซ์ (Flyback TV) ที่มีการควบคุมด้วยเทคนิคแบบ พีดับบลิวเอ็ม (PWM - Technique) ให้เกิดแรงดันไฟสูง (High Voltage) เพื่อชุดนีออน โดยผู้วิจัยได้มีการศึกษา ค้นคว้าข้อมูลและรวบรวมข้อมูลจากหนังสือวารสาร บทความ งานวิจัยและเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต (Internet) เพื่อใช้ประกอบในการออกแบบสร้างชุดวงจรโดยใช้หลักการดังนี้

1. หลักการพื้นฐานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter)
2. หลักการพื้นฐานของวงจรที่มีการควบคุมด้วยเทคนิคแบบ พีดับบลิวเอ็ม

(PWM - Technique)

3. แหล่งจ่ายกำลังสวิตซ์ิ่ง (Switching Power Supply)
4. กำลังหลอดนีออน (Neon tube power)



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
 RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY
 รูปที่ 4.1 แสดงวงจรจุดหลอดนีออน โฆษณาสำหรับแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์
 โดยใช้หม้อแปลงฟลายแบ็คเครื่องรับโทรทัศน์ต้นแบบ

4.2 คุณสมบัติในการทำงานของวงจร

กำหนดให้วงจรจุดหลอดนีออน โฆษณาสำหรับแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หม้อแปลงฟลายแบ็คเครื่องรับโทรทัศน์ มีคุณสมบัติในการทำงานดังต่อไปนี้

- กำลังไฟฟ้าด้านเข้า : $P_i = 40W$
- แรงดันไฟตรงด้านเข้า : $V_{in} = 12-15 Vdc$
- แรงดันไฟตรงด้านออกของวงจรบูตส์ : $V_{o, boost} = 120 Vdv$
- ความถี่ในการสวิตช์ของวงจรบูตส์ : $f_s = 40 kHz, D = 0.9$
- แรงดันไฟตรงด้านออก : $15 KVdc$ ที่ $0 mA$
- ความถี่ในการสวิตช์ของวงจรฟลายแบ็ค : $f_s = 20 kHz, D = 0.9$

4.3 ขั้นตอนและวิธีการทดสอบการทำงานของวงจร

นำผลที่ได้จากการออกแบบไปสร้างวงจรต้นแบบแล้วทำการทดสอบการทำงานของวงจร โดยพิจารณาถึงสัญญาณที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในวงจรและอาศัยผลการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (OrCAD Family Release 9.2) ในบทที่ 4 เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบ ในการทดสอบนี้ นอกจากการพิจารณาถึงรูปร่างของสัญญาณต่าง ๆ แล้ว งานวิจัยนี้ยังได้ทำการทดสอบการจุดหลอดนีออนจากหม้อแปลงไฟนำกระแสสลับที่ใช้กันในปัจจุบันเพื่อเปรียบเทียบกับการใช้ต้นแบบวงจรที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบเพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพการใช้งานของวงจรต้นแบบที่ได้ออกแบบสร้างขึ้น โดยเครื่องมือวัดที่ใช้ ดังนี้

- 1 Digital Multimeter : FLUKE model 177, FLUKE model Series II
- 2 Digital Oscilloscope : YOKOGAWA model DL708

4.4 ผลการทดสอบวัดค่าแรงดันไฟด้านเข้าและด้านออกแบบเทียบกับความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดนีออนที่ความยาว 1-5 ฟุต

ตารางที่ 4.1 การทดสอบแรงดันด้านเข้าและด้านออกของหม้อแปลงไฟฟ้าสลับ 15 KV กับความยาวของหลอดนีออน 1 ฟุต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม.

แสงหลอดนีออน	V_{in} (V)	I_{in} (A)	I_o (mA)
□ ขาว	226	2.01	33.80
■ แดง	226	2.01	33.80
■ เขียว	226	2.01	33.95
■ ม่วง	226	2.01	33.66
■ ฟ้า	226	2.01	33.78

ตารางที่ 4.2 การทดสอบแรงดันด้านเข้าและด้านออกของหม้อแปลงไฟฟ้าสลับ 15 KV กับความยาวของหลอดนีออน 1 ฟุต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 มม.

แสงหลอดนีออน	V_{in} (V)	I_{in} (A)	I_o (mA)
□ ขาว	226	2.01	33.93
■ แดง	226	2.01	33.93
■ เขียว	226	2.01	34.25
■ ม่วง	226	2.01	33.68
■ ฟ้า	226	2.01	33.90

ตารางที่ 4.3 การทดสอบแรงดันด้านเข้าและด้านออกของวงจรต้นแบบกับความยาวของหลอดนีออน 1 ฟุต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม.

แสงหลอดนีออน	V_{in} (V)	I_{in} (A)	I_o (mA)
□ ขาว	14.15	2.51	10.00
■ แดง	14.32	2.51	10.00
■ เขียว	14.36	2.46	10.25
■ ม่วง	14.55	2.46	9.78
■ ฟ้า	14.73	2.42	9.86

ตารางที่ 4.4 การทดสอบแรงดันด้านเข้าและด้านออกของวงจรต้นแบบกับความยาวของหลอดนีออน 1 ฟุต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 มม.

แสงหลอดนีออน	V_{in} (V)	I_{in} (A)	I_o (mA)
□ ขาว	14.30	2.50	10.00
■ แดง	14.24	2.50	9.80
■ เขียว	14.34	2.54	10.20
■ ม่วง	14.50	2.43	9.72
■ ฟ้า	14.70	2.42	9.82

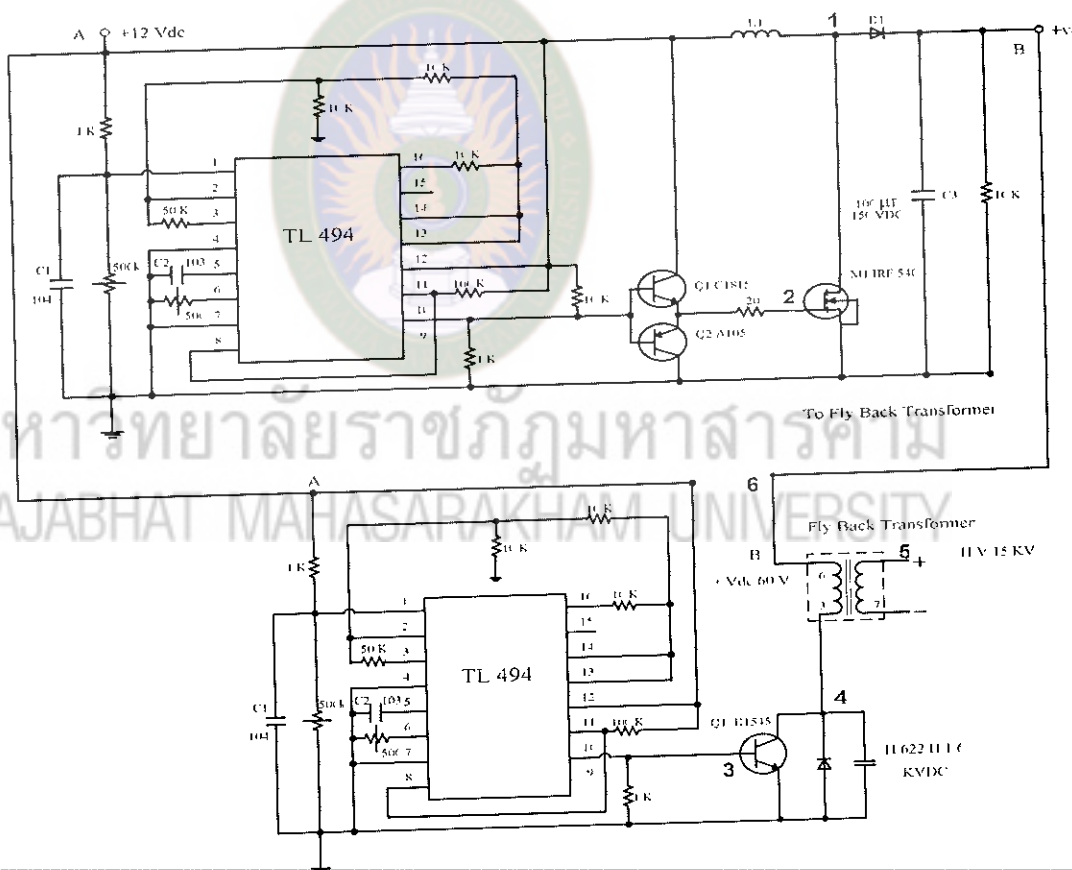
ตารางที่ 4.5 การทดสอบเปรียบเทียบการจุดติดของก๊าซชนิดต่าง ๆ ที่บรรจุภายในหลอดนีออน

แสงหลอดนีออน	ลำดับการจุดติดของก๊าซ			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
□ ขาว	1	1	1	1
■ แดง	-	-	2	2
■ เขียว	-	2	3	3
■ ม่วง	-	-	-	4
■ ฟ้า	2	3	4	5

ตารางที่ 4.6 การทดสอบแรงดันด้านเข้าและด้านออกของวงจรต้นแบบเปรียบเทียบสภาวะที่มีโหลด ที่ความยาวของหลอดนีออน 5 ฟุต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม.

ความยาวหลอดนีออน (ฟุต)	สภาวะที่มีโหลด			
	V_{in} (V)	I_{in} (A)	V_o (V)	I_o (mA)
1	10.82	1.54	15	10
2	10.93	1.43	15	7.24
3	11.06	1.32	15	5.15
4	11.15	1.14	15	3.28
5	11.29	1.08	15	2.60

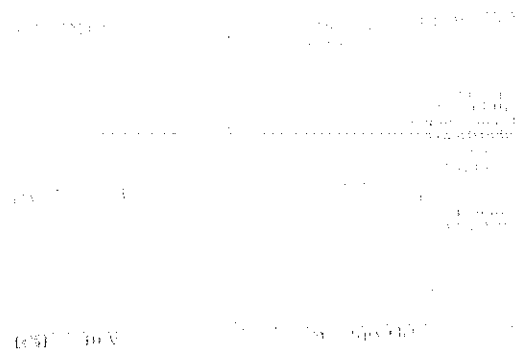
4.5 การทดสอบวัดสัญญาณรูปคลื่นในส่วนต่าง ๆ ของวงจรต้นแบบ



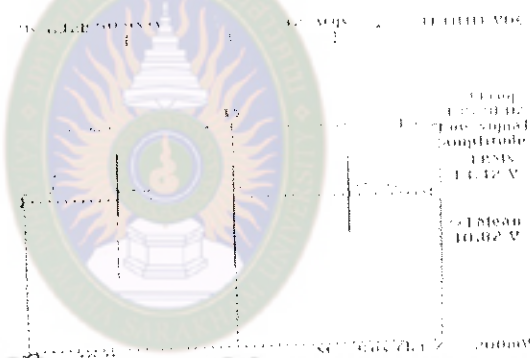
รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งการทดสอบวัดสัญญาณภายในส่วนต่าง ๆ ของวงจรต้นแบบ

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองวัดสัญญาณรูปคลื่นภายในส่วนต่าง ๆ ของวงจรต้นแบบเพื่อเปรียบเทียบสัญญาณที่มีผลต่อขนาดความยาวของหลอดตั้งแต่ 1 ฟุต ถึง 5 ฟุต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม.

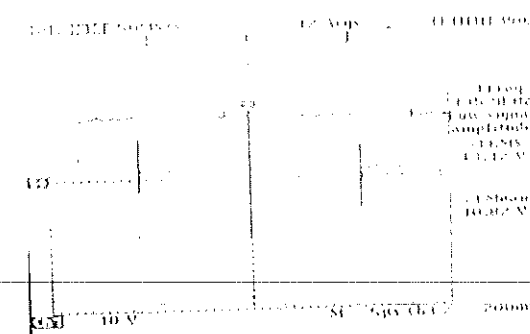
4.6 การทดสอบวัฏรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 1



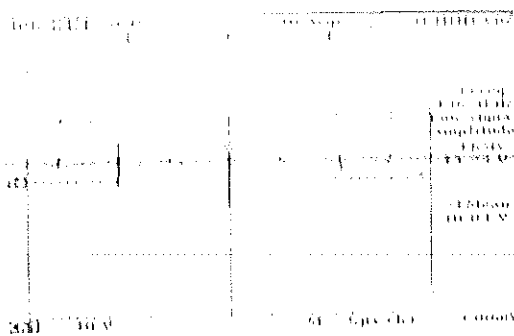
รูปที่ 4.3 แสดงการทดสอบวัฏรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 1 สัญญาณขาออกผ่านขดลวดตัวเหนี่ยวนำ ขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่มีความยาว 1 ฟุต



รูปที่ 4.4 แสดงการทดสอบวัฏรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 1 สัญญาณขาออกผ่านขดลวดตัวเหนี่ยวนำ ขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่มีความยาว 2 ฟุต



รูปที่ 4.5 แสดงการทดสอบวัฏรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 1 สัญญาณขาออกผ่านขดลวดตัวเหนี่ยวนำ ขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่มีความยาว 3 ฟุต



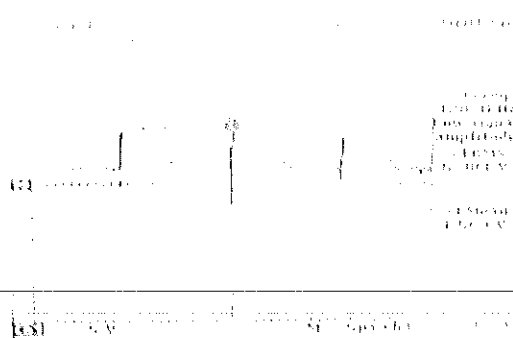
รูปที่ 4.6 แสดงการทดสอบวัฏรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 1 สัญญาณขาออกผ่านขดลวดตัวเหนี่ยวนำ
ขณะมีภาระของการต่อโหลดน็อนที่ความยาว 4 ฟุต



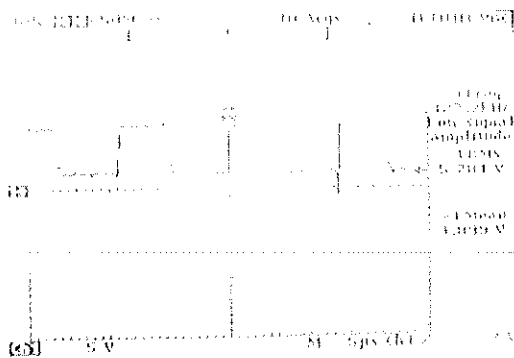
รูปที่ 4.7 แสดงการทดสอบวัฏรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 1 สัญญาณขาออกผ่านขดลวดตัวเหนี่ยวนำ
ขณะมีภาระของการต่อโหลดน็อนที่ความยาว 5 ฟุต

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4.7 การทดสอบวัฏรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 2



รูปที่ 4.8 แสดงการทดสอบวัฏรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 2 สัญญาณพัลส์เข้าขาเกตมอสเฟต
สวิตซ์จิ่งวงจรบูตซ์ขณะมีภาระของการต่อโหลดน็อนที่ความยาว 1 ฟุต



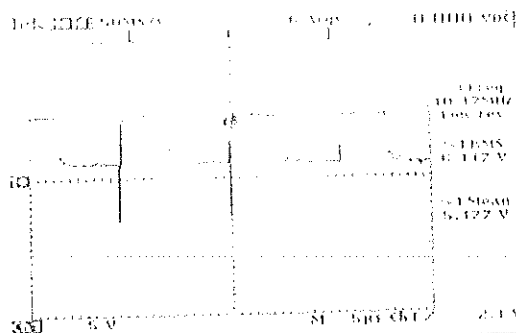
รูปที่ 4.9 แสดงการทดสอบวัฏรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 2 สัญญาณพัลส์เข้าขาเกตมอสเฟต สวิตซ์วงจรบรูสท์ขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่มีความยาว 2 ฟุต



รูปที่ 4.10 แสดงการทดสอบวัฏรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 2 สัญญาณพัลส์เข้าขาเกตมอสเฟต สวิตซ์วงจรบรูสท์ขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่มีความยาว 3 ฟุต



รูปที่ 4.11 แสดงการทดสอบวัฏรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 2 สัญญาณพัลส์เข้าขาเกตมอสเฟต สวิตซ์วงจรบรูสท์ขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่มีความยาว 4 ฟุต

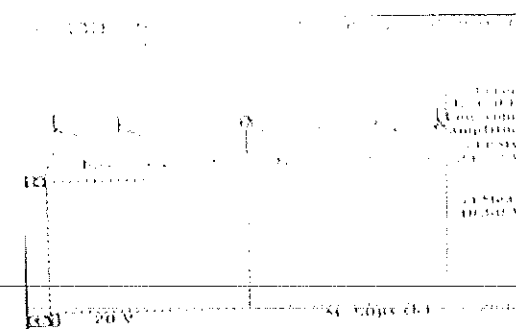


รูปที่ 4.12 แสดงการทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 2 สัญญาณพัลส์เข้าขาเกตมอสเฟต สวิตซ์วงจรบูสท์ขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่ความยาว 5 ฟุต

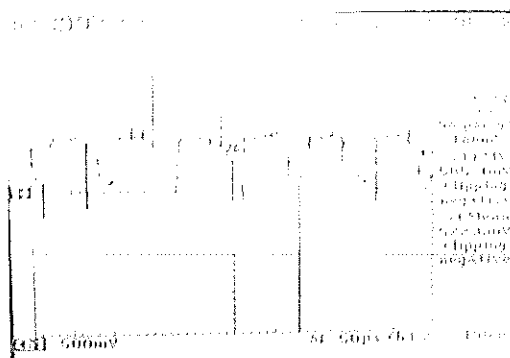
4.8 การทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 3



รูปที่ 4.13 แสดงการทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 3 สัญญาณพัลส์เข้าขาเกตทรานซิสเตอร์สวิตซ์ขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่ความยาว 1 ฟุต



รูปที่ 4.14 แสดงการทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 3 สัญญาณพัลส์เข้าขาเบสทรานซิสเตอร์สวิตซ์ขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่ความยาว 2 ฟุต



รูปที่ 4.15 แสดงการทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 3 สัญญาณพัลส์เข้าขาเบส
ทรานซิสเตอร์สวิตซึ่งขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่ความยาว 3 ฟุต

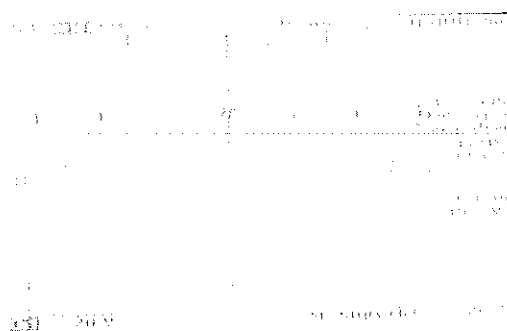


รูปที่ 4.16 แสดงการทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 3 สัญญาณพัลส์เข้าขาเบส
ทรานซิสเตอร์สวิตซึ่งขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่ความยาว 4 ฟุต



รูปที่ 4.17 แสดงการทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 3 สัญญาณพัลส์เข้าขาเบส
ทรานซิสเตอร์สวิตซึ่งขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่ความยาว 5 ฟุต

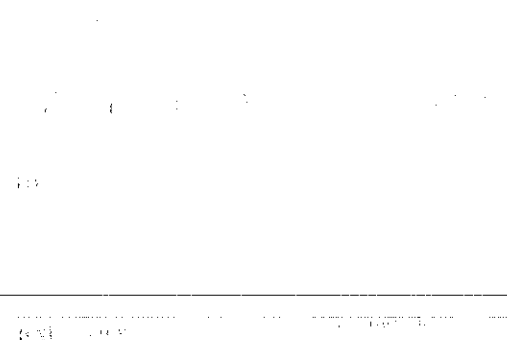
4.9 การทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 4



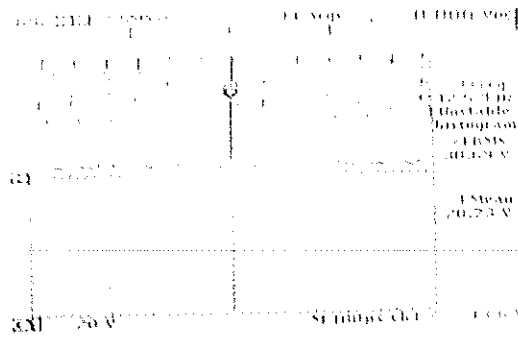
รูปที่ 4.18 แสดงการทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 4 สัญญาณแรงดัน VCE ของทรานซิสเตอร์สวิตช์ซึ่งขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่มีความยาว 1 ฟุต



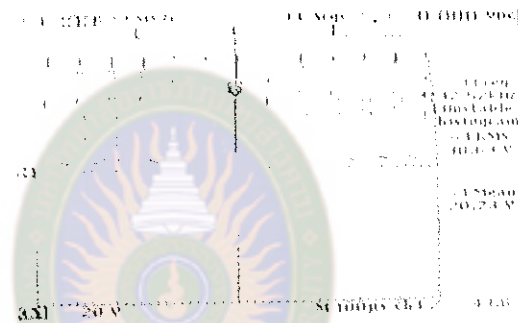
รูปที่ 4.19 แสดงการทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 4 สัญญาณแรงดัน VCE ของทรานซิสเตอร์สวิตช์ซึ่งขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่มีความยาว 2 ฟุต



รูปที่ 4.20 แสดงการทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 4 สัญญาณแรงดัน VCE ของทรานซิสเตอร์สวิตช์ซึ่งขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่มีความยาว 3 ฟุต



รูปที่ 4.21 แสดงการทดสอบวัตรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 4 สัญญาณแรงดัน VCE ของ
ทรานซิสเตอร์สวิตซ์ซึ่งขณะมีภาวะของการต่อหลอดนีออนที่ความยาว 4 ฟุต

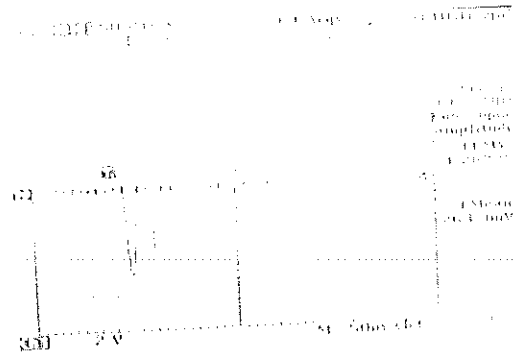


รูปที่ 4.22 แสดงการทดสอบวัตรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 4 สัญญาณแรงดัน VCE ของ
ทรานซิสเตอร์สวิตซ์ซึ่งขณะมีภาวะของการต่อหลอดนีออนที่ความยาว 5 ฟุต

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

4.10 การทดสอบวัตรูปคลื่นสัญญาณจุดที่ 5

รูปที่ 4.23 แสดงการทดสอบวัตรูปคลื่นสัญญาณ จุดที่ 5 สัญญาณแอมเปอร์ที่สายไฟแรงสูง
(High Volt) ขณะมีภาวะของการต่อหลอดนีออนที่ความยาว 1 ฟุต



รูปที่ 4.24 แสดงการทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณ จุดที่ 5 สัญญาณแอมป์เปอร์ที่สายไฟแรงสูง (High Volt) ขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่มีความยาว 2 ฟุต



รูปที่ 4.25 แสดงการทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณ จุดที่ 5 สัญญาณแอมป์เปอร์ที่สายไฟแรงสูง (High Volt) ขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่มีความยาว 3 ฟุต

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 4.26 แสดงการทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณ จุดที่ 5 สัญญาณแอมป์เปอร์ที่สายไฟแรงสูง (High Volt) ขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่มีความยาว 4 ฟุต

รูปที่ 4.27 แสดงการทดสอบวัฏรูปคลื่นสัญญาณ จุดที่ 5 สัญญาณแอมป์เปอร์ที่สายไฟแรงสูง (High Volt) ขณะมีภาระของการต่อหลอดนีออนที่ความยาว 5 ฟุต

4.11 การวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการจำลองด้วยโปรแกรม Orcad Family Release 9.2 ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ทางทฤษฎี แต่ผลการวัดจากวงจรเครื่องต้นแบบมีความแตกต่างกับการวิเคราะห์ทางทฤษฎี เนื่องจากการสูญเสียในตัวมอสเฟตและทรานซิสเตอร์ที่ใช้ทำหน้าที่เป็นสวิตช์และแกนเฟอร์ไรต์ที่ใช้ในหม้อแปลงและตัวเหนี่ยวนำเพราะวงจรแปลงผันที่ทำงานในโหมดการนำแบบไม่ต่อเนื่องจะมีกระแสค่ายอดสูง ทำให้การสมมุติประสิทธิภาพของวงจรไว้ 100 เปอร์เซ็นต์ในขั้นตอนการวิเคราะห์ไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมที่แท้จริงของวงจรแปลงผันในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์ที่ใช้ในตัวเหนี่ยวนำและหม้อแปลง จากการเกิดฟลักซ์รั่วในหม้อแปลง เนื่องจากหม้อแปลงหลายแฉกของทรานซิสเตอร์ที่นำมาประยุกต์ใช้นั้นมีขดลวดหลายขดที่พันอยู่ภายในแกนเดียวกัน ซึ่งทรานซิสเตอร์ที่ใช้นั้นมีการออกแบบในการสวิตช์ที่ 15,625 Hz ตามสัญญาณแนวนอน (Horizontal) ในการสร้างภาพที่จอโทรทัศน์ แต่การทดสอบเพื่อใช้งานจริงควมถี่ที่เลือกใช้ 20 kHz หลอดนีออนจึงจะสว่างได้เต็มที่ ทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์นั้น มีความร้อนสูงขึ้นและเกิดการสปายด์ (spike) ในสัญญาณสวิตช์สูง จึงต้องมีการออกแบบแผ่นระบายความร้อน (Heat Sink) ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยสิ่งที่สำคัญที่ทำให้วงจรดังกล่าวนี้มีประสิทธิภาพต่ำ คือ การแปลงพลังงานถึงสองครั้ง จึงทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานต่ำกว่าวงจรแปลงผันไฟตรงแบบปกติ ซึ่งมีประสิทธิภาพประมาณ ร้อยละ 80 จึงทำให้ประสิทธิภาพในการสร้างแรงดันไฟสูงลดลงต่ำกว่าการทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Orcad Family Release 9.2)

จากการทดสอบคุณสมบัติของหลอดนีออนการเปลี่ยนภาระของวงจรโดยการเพิ่มความยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดนีออนเพิ่มความยาวขึ้น ครั้งละ 1 ฟุต มีผลทำให้กำลังไฟที่ด้านขาออกของวงจรมีค่าลดต่ำลง กระแสไฟที่าลดลงประมาณ 2 มิลลิแอมป์ต่อความยาว 1 ฟุต เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ

กับผลการทดสอบจากหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาด 220/15,000 โวลต์ ที่ใช้สำหรับหลอด
นีออนโฆษณาที่ใช้กันในปัจจุบันผลของกระแสไฟฟ้าลดลงประมาณ 0.05-0.8 มิลลิแอมป์ต่อ
ความยาว 1 ฟุต นอกจากนี้แล้วจากการทดลองยังพบว่า ค่าของแรงดันไฟฟ้ามีผลต่อการจุดติดของ
ก๊าซที่เติมเข้าไปในหลอดนีออนโฆษณา



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY