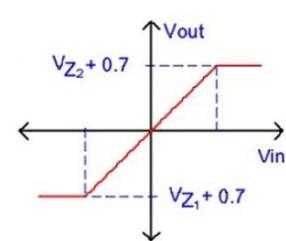
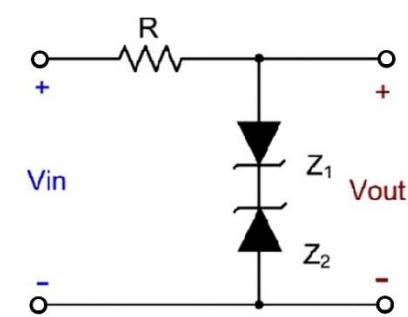
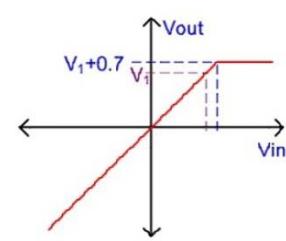
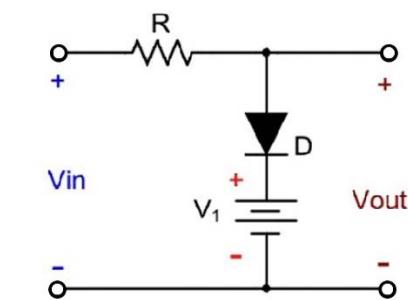
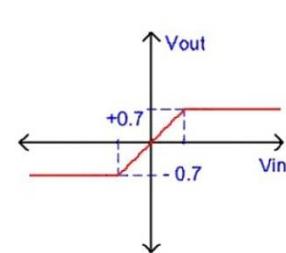
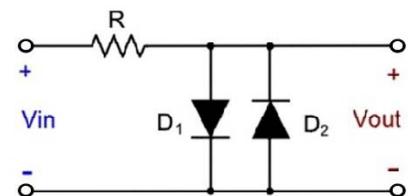
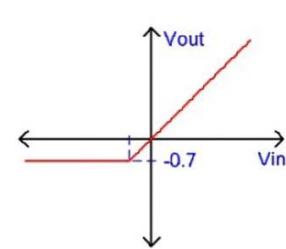
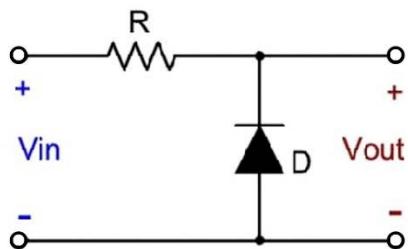
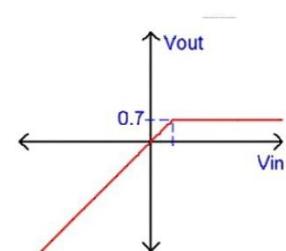
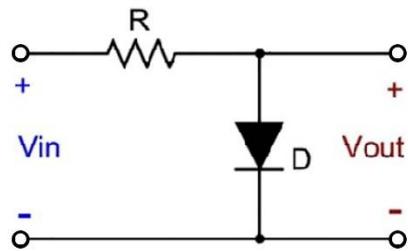


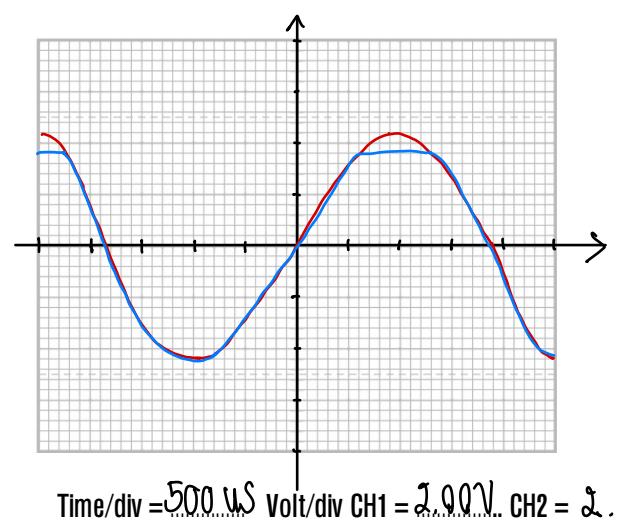
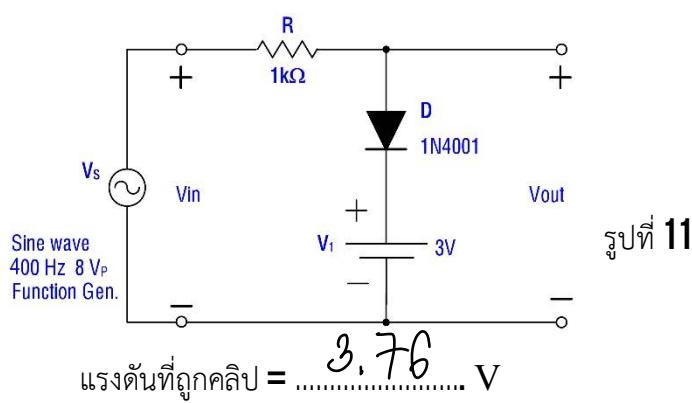
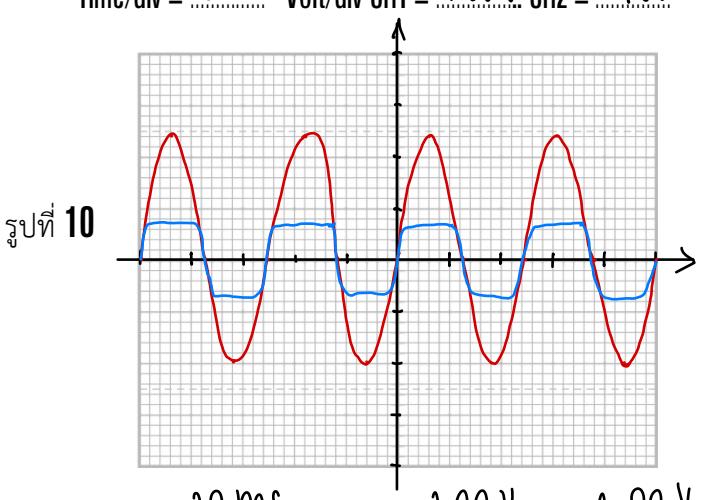
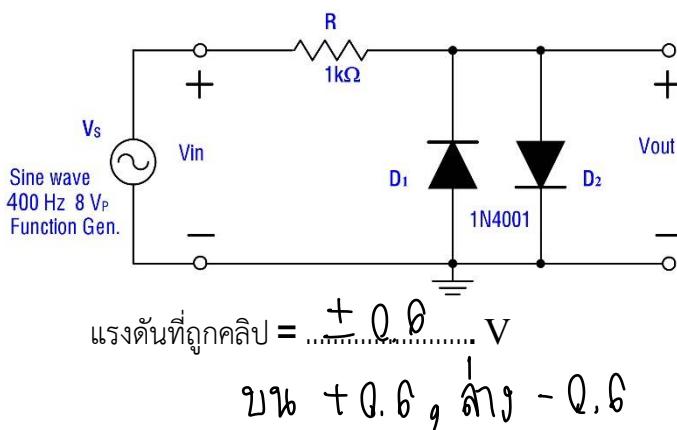
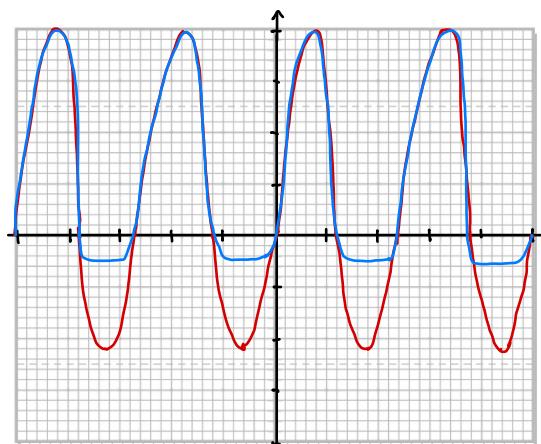
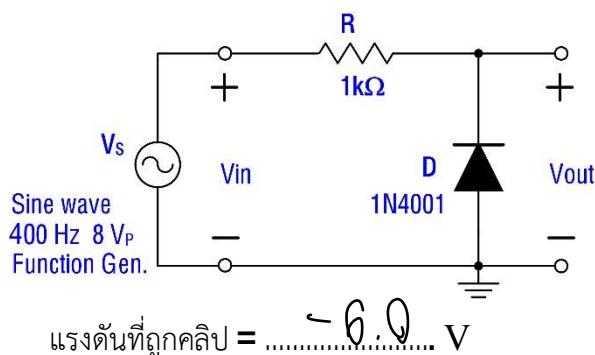
ชนิดของวงจร Diode Clipper และได้ดังรูปที่ 2

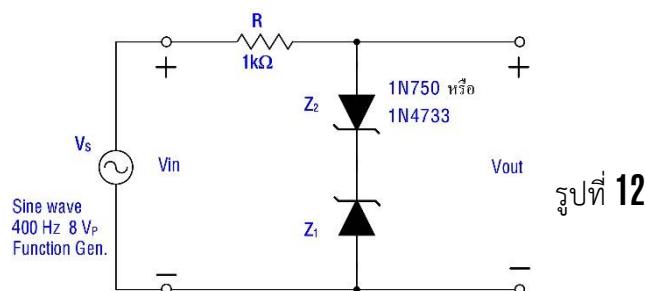


วงจร Diode clipper

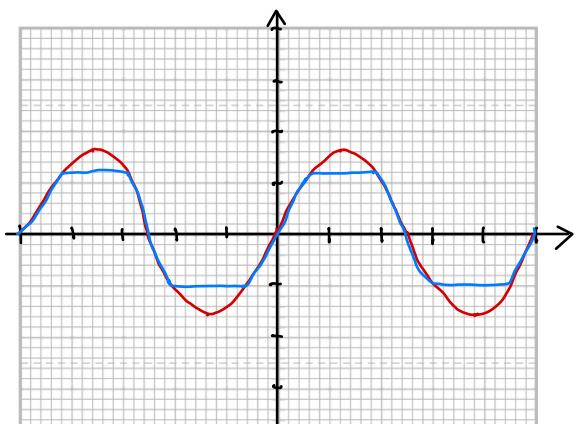
กราฟแสดง Transfer function

รูปที่ 2





แรงดันที่ถูกคลิป = $\pm 2.1 / -2.0$ V



Time/div = 500 μs Volt/div CH1 = 2.00 CH2 = 2.00

..... ลายเซ็นอาจารย์ผู้ควบคุม

* เนื่องจากกระแสจะคงเดิมที่ 1.5 จึงจะต้องตัด
เครื่องพั่งก๊าซ เนื่องจากไฟเลี้ยงไม่เพียงพอ
才 ค่าความต้านทาน *

* ภายนลัง ใจรักษา เมื่อชั้นแล้ว *

2.2 The Diode Clamper

วัตถุประสงค์

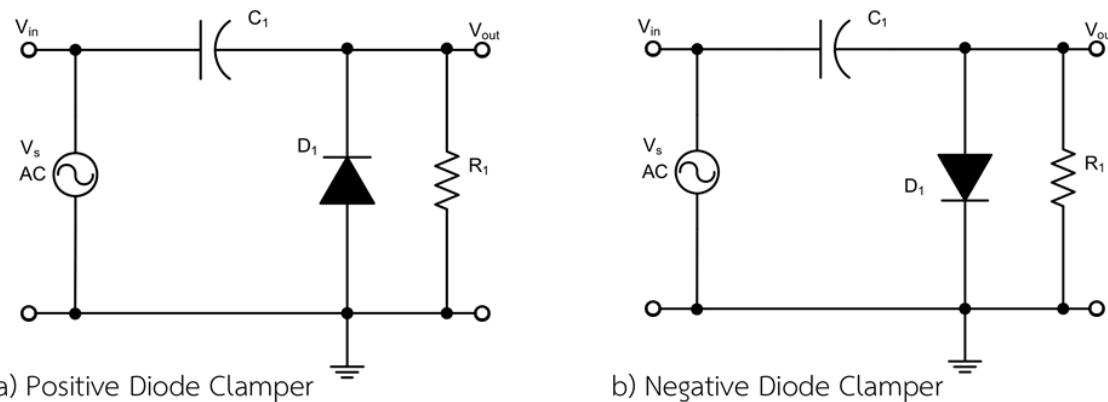
เพื่อให้เข้าใจว่าพื้นฐานและการนำไปใช้ในการเปลี่ยนระดับแรงดัน (**Diode Clamper Circuit**)

เครื่องมือและอุปกรณ์

- | | | |
|---|-----------------------|-----------|
| 1. ไดโอด 1N4001 หรือ 1N4004 หรือ 1N4007 | อย่างใดอย่างหนึ่ง | 1 ตัว |
| 2. เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Signal Generator) | | 1 เครื่อง |
| 3. ออสซิลโลสโคป | | 1 เครื่อง |
| 4. มัลติมิเตอร์ | | 1 เครื่อง |
| 5. ตัวเก็บประจุ 1 µF (ท่านแรงดันได้ตั้งแต่ 16 V ขึ้นไป) | | 1 ตัว |
| 6. ตัวต้านทาน ค่าสูงตั้งแต่ 47 kΩ - 1 MΩ | (ให้ น.ศ.เลือกค่าเอง) | 1 ตัว |

ทฤษฎี

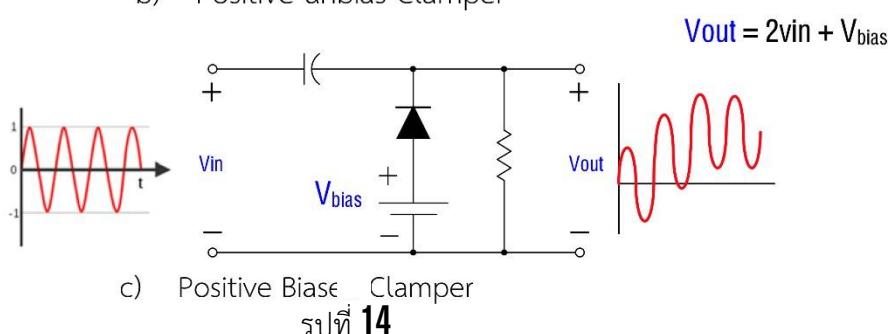
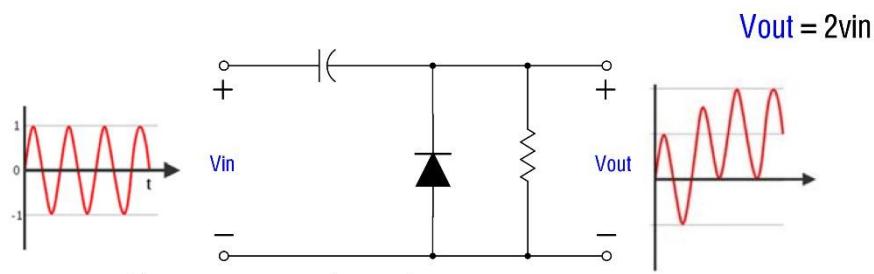
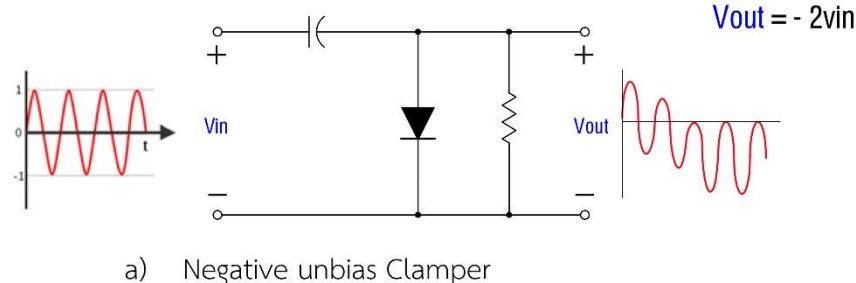
วัตถุประสงค์ของวงจร **Diode Clamper** คือ การรวมระดับแรงดันไฟตรงและสัญญาณไฟสลับเข้าด้วยกัน มีรูปแบบการต่อ วงจรได้หลากหลายดังเช่นวงจรแบบ **Positive Diode Clamper** จะเป็นการรวมระดับไฟตรงบวก ส่วนวงจรแบบ **Negative Diode Clamper** เป็นการรวมระดับไฟตรงค่าลบดังแสดงดังรูปที่ 13(a) และ 13(b) หลักการทำงานของวงจร **Diode Clamper** คือ เมื่อแรงดันอินพุตถูกป้อนเข้าทางหนึ่ง ไดโอดจะทำงานเป็น **Forward Bias** ส่งผลให้ตัวเก็บประจุเกิดการเก็บ ประจุจนแรงดันใกล้เคียงกับแรงดันอินพุตสูงสุด ($V_{in} - 0.7$) โดยที่แรงดันตกครู่เม็ดไดโอดเมื่อ **Forward** จะมีค่าน้อยเมื่อเทียบ กับอินพุต เมื่อถึงคิริ่งค่าของแรงดันอินพุต กระแสจะไหลกลับไปอีกทิศทางหนึ่งทำให้ไดโอดจะถูกจัดวางจะเป็นแบบ **Reverse Bias** จึงไม่มีกระแสไหลในวงจรได้ ส่งผลให้ตัวเก็บประจุที่มีประจุอยู่ทำการจะพยายามมาจึงเกิดกระแสไหลในวงจรจาก คริ่งไชเดลหนึ่งไปอีกไชเดลหนึ่งได้ แรงดันที่ทำให้เกิดกระแสไหลในส่วนนี้จะมีค่าเท่ากับแรงดันของตัวเก็บประจุที่เก็บประจุไว้ จากในตอนแรกการอ kok แบบวงจรจำเป็นจะต้องคำนึงถึงค่า **Time Constant ($\tau = RC$)** ของวงจรด้วย โดยในช่วงที่ไดโอดไม่ นำกระแสเน้นตัวเก็บประจุจะต้องมีค่าของประจุมากพอที่จะ **Discharge** ได้จนคริ่งค่าของรูปคลื่นที่เหลือ



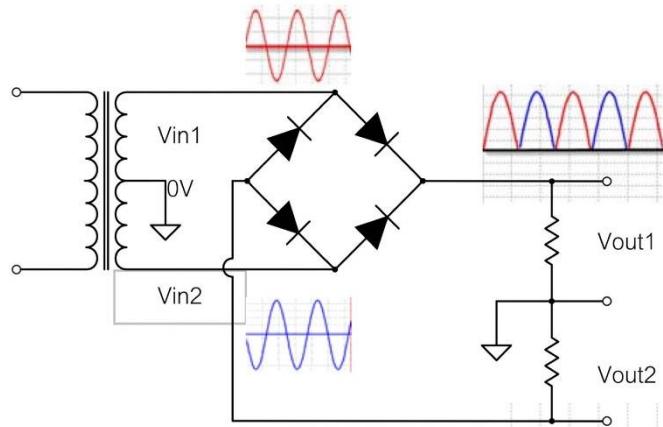
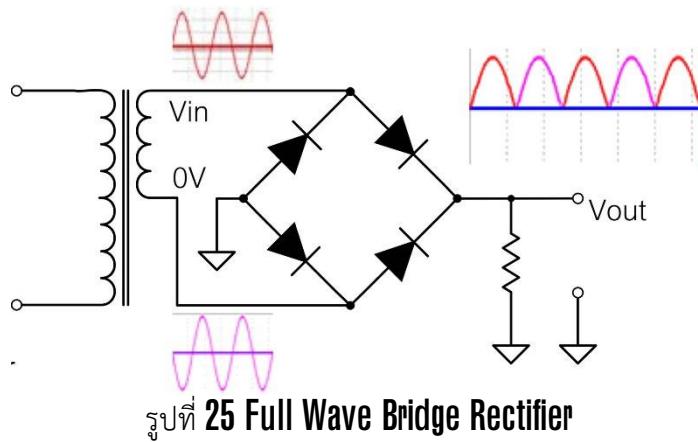
รูปที่ 13

รูปแบบพื้นฐานของวงจร Diode Clamper และดังในรูปที่ 14

$$V_{in} = V_p \sin(\omega t) \quad V.$$

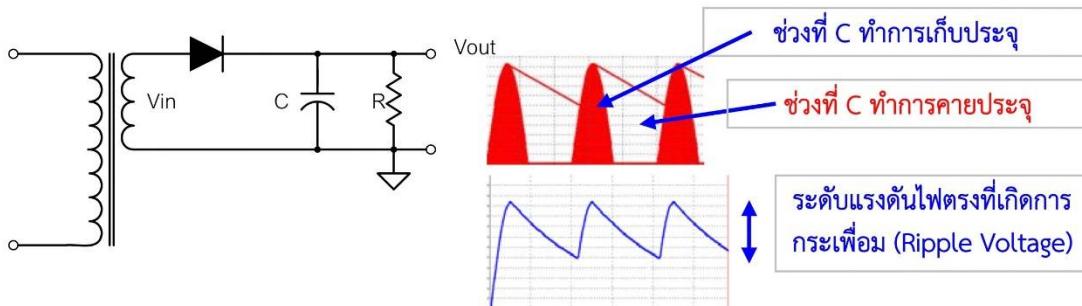


รูปที่ 14

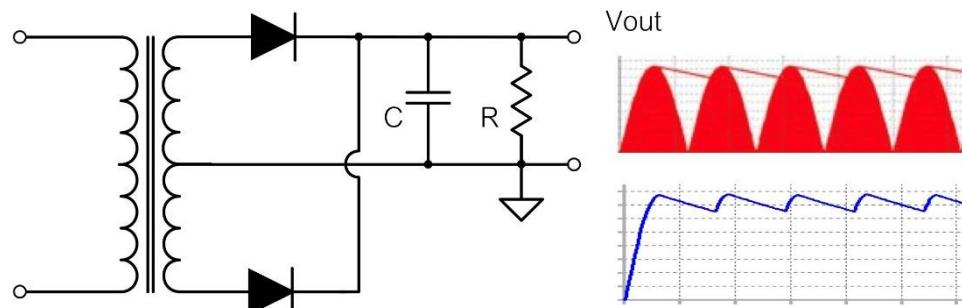


รูปที่ 26 Dual (Positive and Negative) Full Wave Rectifier

เนื่องจากแรงดันไฟตรงที่ได้จากการเรียงกระแสเมื่อการกระแสเพิ่ม (Ripple Voltage) ทำให้มีเพียงต่อการนำไปใช้งานสามารถแก้ไขได้ด้วยการนำเอาตัวเก็บประจุมาต่อวงจรไว้ที่ด้านเอาต์พุตเพื่อทำหน้าที่เป็นวงจรกรองแรงดัน (ตัวเก็บประจุนี้จะเก็บประจุไว้เมื่อแรงดันขึ้นสูงถึงค่า V_p และจะคายประจุออกมานอกช่วงที่แรงดันเริ่มตกจาก V_p) ส่งผลทำให้แรงดันเอาต์พุตเรียบมากขึ้น การต่อวงจรกรองโดยใช้ตัวเก็บประจุแสดงดังรูปที่ 27 และรูปที่ 28



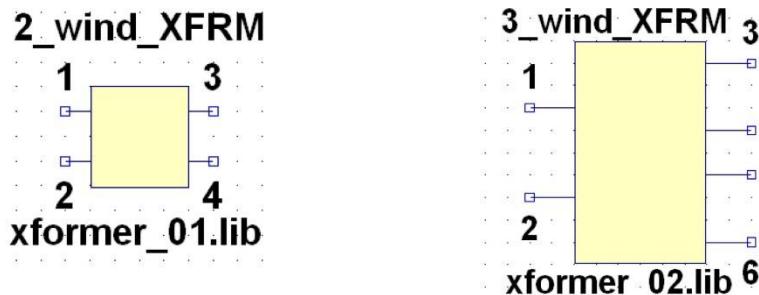
รูปที่ 27 Half Wave Rectifier with Filter



รูปที่ 28 Full Wave Rectifier with Filter

วิธีการทดลอง

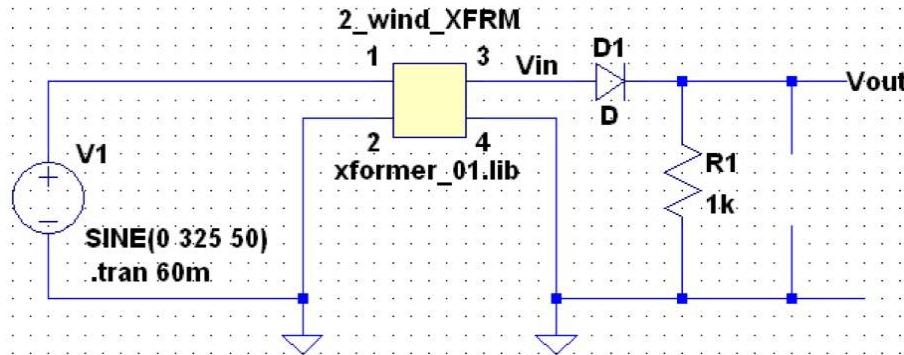
2.3.1. ให้สร้างแบบจำลอง Spice Model ของหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 2 ขดลวดและ 3 ขดลวด โดยมีอัตราส่วนของจำนวนรอบของขดลวดด้าน Primary : Secondary เป็น 20 : 1 ทั้งนี้ให้อ่านรายละเอียดวิธีการสร้าง Spice Model นี้ได้ในเอกสารคู่มือการใช้งาน LTSpice IV 2015 ในหัวข้อหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 2 ขดลวดและ 3 ขดลวดหน้า 30 - 35 เมื่อดำเนินการเสร็จแล้ว จะได้โมเดลหม้อแปลงดังรูปที่ 29



รูปที่ 29 Spice Model ของหม้อแปลงไฟฟ้า

2.3.2. เขียนวงจรตามรูปที่ 30 เพื่อจำลองการทำงานด้วย LTspice IV ในโหมด Transient บันทึกกราฟของ

- รูปคลื่นแรงดันอินพุต เอาร์พุตและรูปคลื่นของกระแสที่ไหลผ่านไดโอด
- ค่าแรงดันเอาร์พุต เมื่อวัดเป็นค่า V_{rms} (Root Mean Square : V_{rms}) และค่าเฉลี่ย (Average : V_{avg})



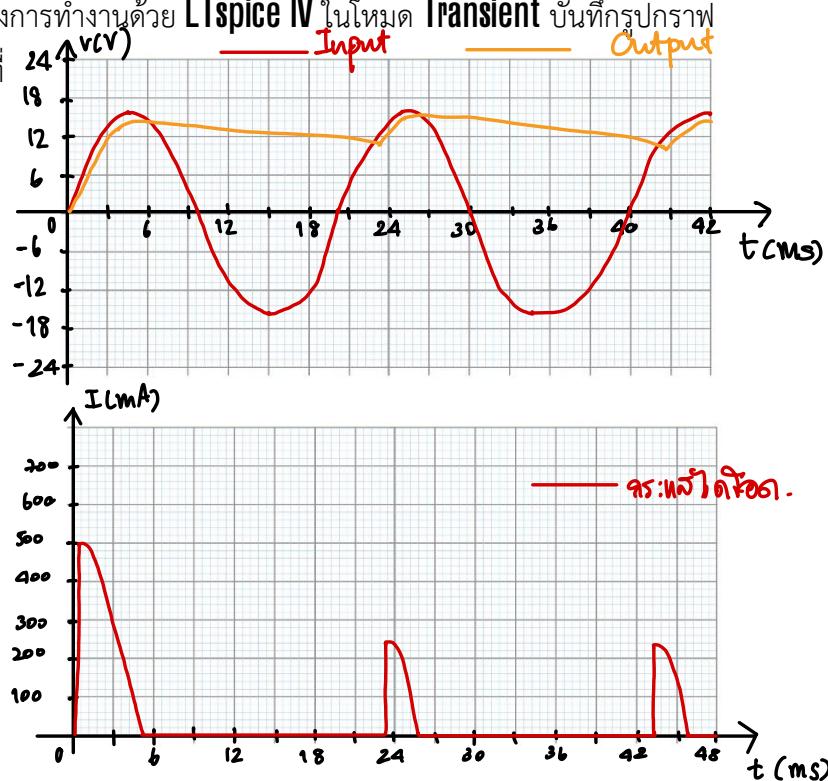
รูปที่ 30

2.3.4. เปลี่ยนตัวเก็บประจุ C_1 ให้มีค่าเป็น $100 \mu F$ จำลองการทำงานด้วย LTspice IV ในโหมด Transient บันทึกกราฟของรูปคลื่นแรงดันอินพุต เอาต์พุตและรูปคลื่นของกระแสที่ไหลผ่านไดโอด I_{D1} ค่าแรงดันเอาต์พุตเมื่อวัดเป็นค่า V_{rms} และค่าเฉลี่ย (V_{avg})

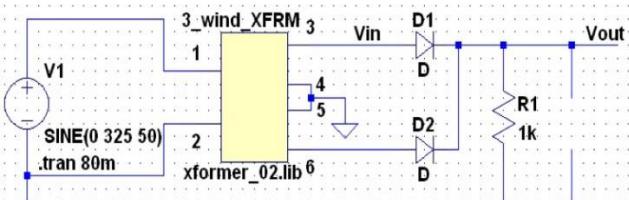
$$\begin{aligned} \text{ค่าแรงดันอินพุต} &= 16.08 \text{ V}_p \\ \text{ค่าแรงดันเอาต์พุต} &= 15.48 \text{ V}_p \\ &= 13.957 \text{ V}_{rms} \\ &= 13.794 \text{ V}_{avg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{out} (\text{ripple}) &= 0.58 \text{ V} \\ \text{ค่ากระแสผ่านไดโอด} &= 500 \text{ mA}_p \\ &= 109.14 \text{ mA}_{rms} \\ &= 35.913 \text{ mA}_{avg} \end{aligned}$$

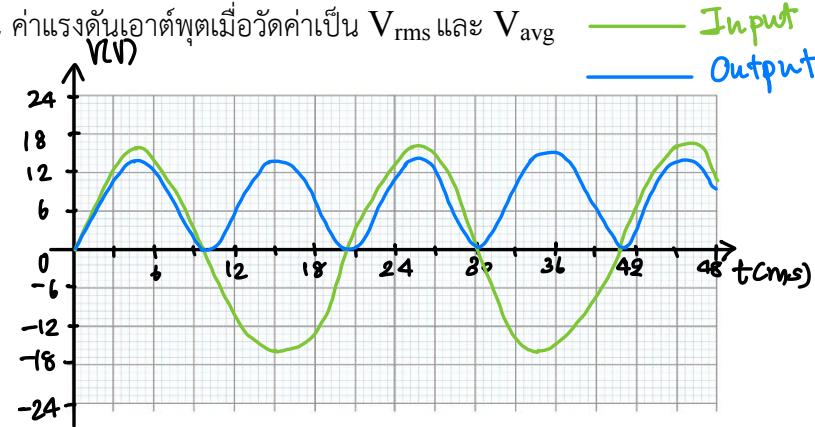
$$\begin{aligned} \text{ช่วงเวลาที่ไดโอดนำกระแส} (\text{ใน Cycle แรก}) & \\ \text{เริ่มนำกระแสที่เวลา} &= 0 \text{ ms} \\ \text{หยุดนำกระแสที่เวลา} &= 5.40 \text{ ms} \end{aligned}$$



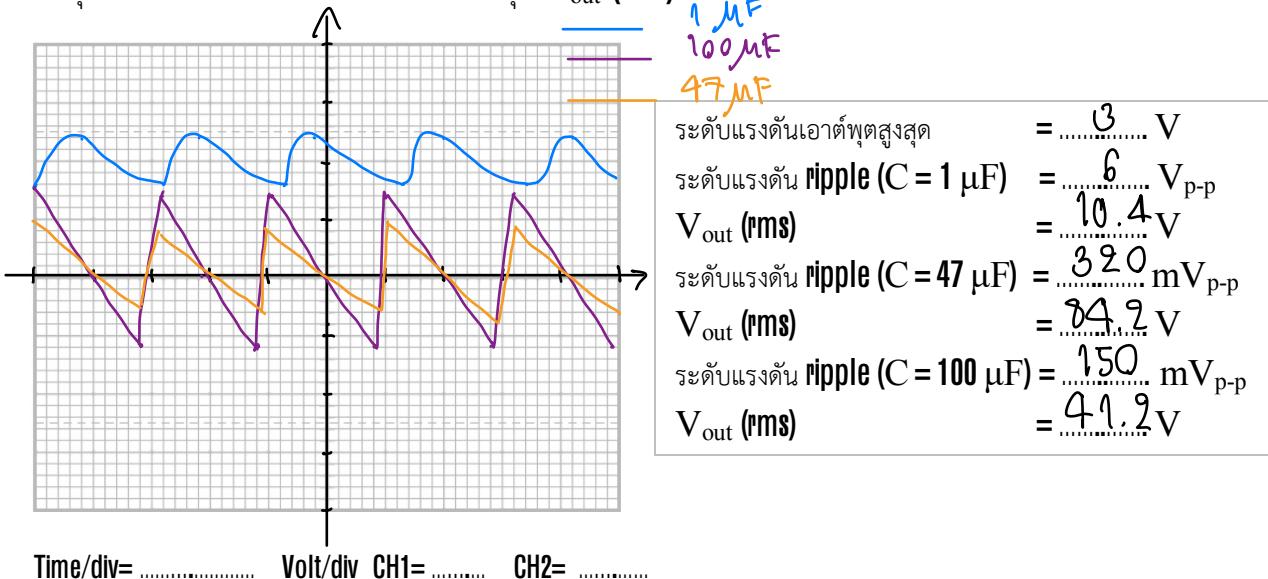
2.3.5. เขียนวงจรตามรูปที่ 32 เพื่อจำลองการทำงานด้วย LTspice IV ในโหมด Transient บันทึกรูปคลื่นแรงดันอินพุต เอาต์พุตและรูปคลื่นของกระแสที่ไหลผ่านไดโอด $D1, D2$ ค่าแรงดันเอาต์พุตเมื่อวัดค่าเป็น V_{rms} และ V_{avg}



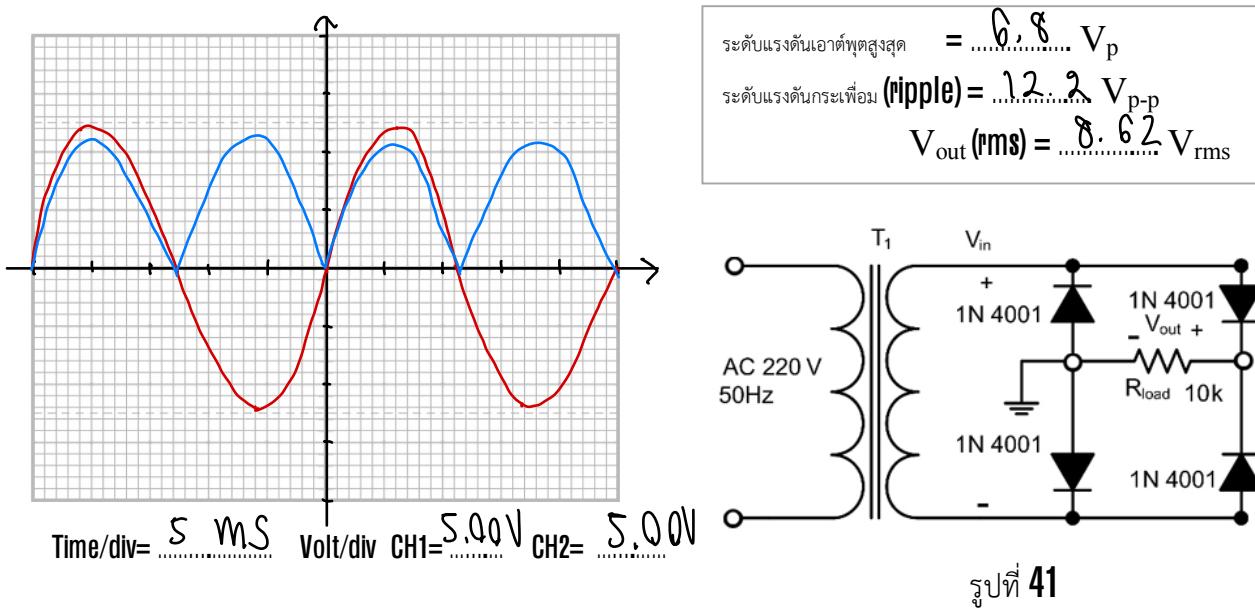
$$\begin{aligned} \text{ค่าแรงดันอินพุต} &= 16.14 \text{ V}_p \quad \text{รูปที่ 32} \\ \text{ค่าแรงดันเอาต์พุต} &= 15.48 \text{ V}_p \\ &= 10.824 \text{ V}_{rms} \\ &= 9.6252 \text{ V}_{avg} \\ V_{out} (\text{ripple}) &= 15.48 \text{ V} \end{aligned}$$



2.3.14. เปเลี่ยนค่าตัวเก็บประจุเป็น $C_1 = 47 \mu F$ และ $C_1 = 100 \mu F$ ตามลำดับ ใช้อสซิลโลสโคปวัดและบันทึกรูปคลื่น เอาท์พุตและใช้วอลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันเอาต์พุต V_{out} (rms)

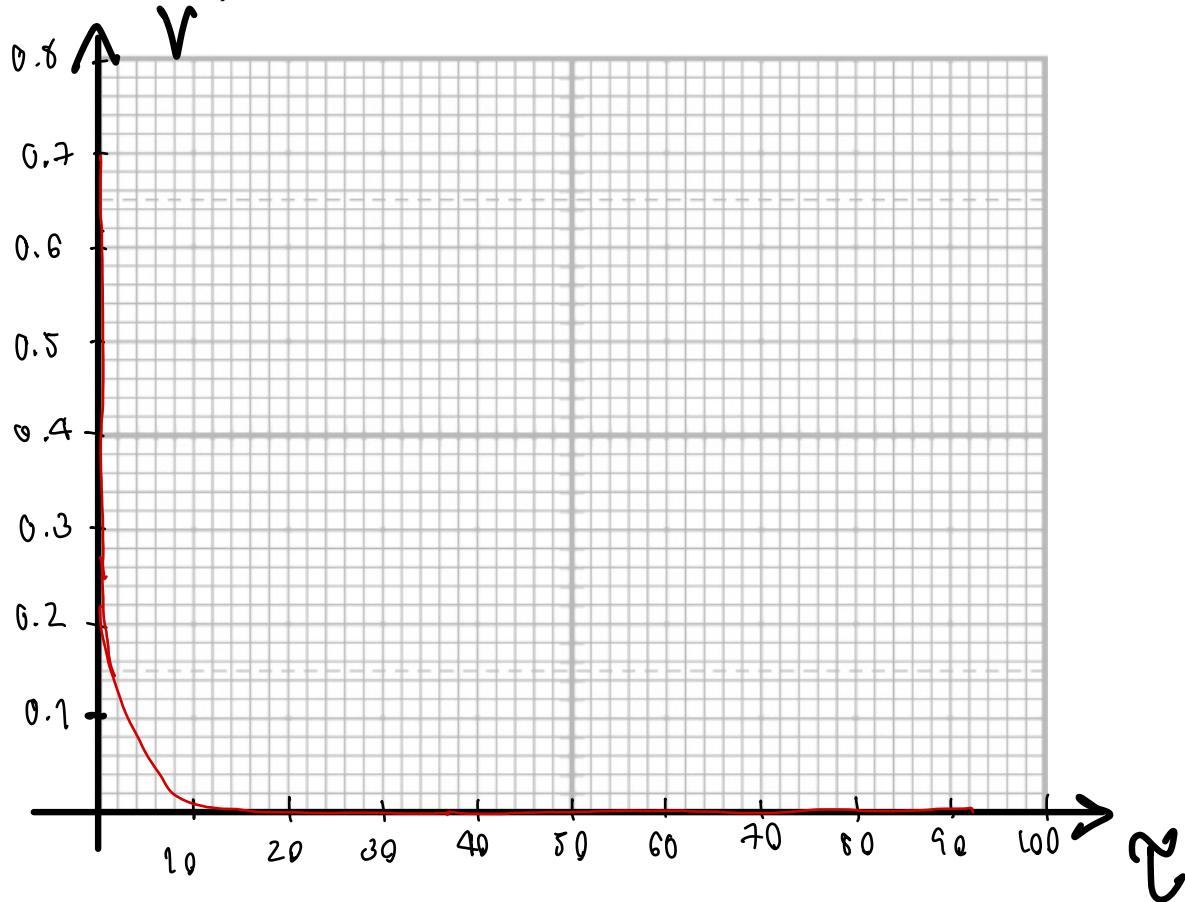


2.3.15. ประกอบวงจรตามรูปที่ 41 ใช้อสซิลโลสโคปวัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตลงในกราฟและใช้วอลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันเอาต์พุต V_{out} (rms)



(ห้ามใช้อสซิลโลสโคปวัดรูปคลื่นอินพุตและเอาต์พุตพร้อมกัน เพราะจะทำให้มีกระแสลัดวงจรระหว่างหน้าจอ แปลงและօอสซิลโลสโคปผ่านสายโปรดอาจทำให้เครื่องมือพังได้)

จากนั้นให้นำค่าของ R_1 และ C_1 ไปคำนวณหาค่า **Time Constant** และนำໄປเขียนบนกราฟ แสดงความสัมพันธ์ของ “**RC Time Constant – Ripple Voltage**” โดยให้แก่นอนเป็นค่าของ **Time Constant** ส่วนแกนตั้งเป็นค่าของแรงดันเอาต์พุต กระแสเพื่อม V_{out} (**Ripple**) (หน่วยและอัตราส่วนของสเกลบนแกนกราฟ ให้ น.ศ. กำหนดเองตามความเหมาะสม เพื่อให้กราฟ ถูกต้องและอ่านเข้าใจได้ง่าย)



.....ลายเซ็นอาจารย์ผู้ควบคุม

คำถามท้ายการทดลอง

1. ให้สรุปความรู้ที่ได้จากการทดลองนี้
2. จากรูปที่ 12 ให้อธิบายการทำงานของซีเนอร์ไดโอดทั้งสองว่า ส่งผลอย่างไรต่อแรงดันเอาต์พุต
3. ให้อธิบายความแตกต่างในการนำใช้งานระหว่างวาระ **Diode Clipper** และ **Diode Clammer**
4. ให้อธิบายการทำงานของวงจรในรูปที่ 11 และรูปที่ 22 (ใช้หลักการและทฤษฎีการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า)
5. จากผลการจำลองวงจรในรูปที่ 17, 18 ให้ น.ศ. วัดรูปกราฟรูปคลื่นของ **2 Cycle** แรกหรือรูปคลื่นในช่วง **Transient State** และทำการวิเคราะห์ว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
6. จากผลการจำลองวงจรตามรูปที่ 30 ขนาดของ **Peak Voltage** ของเอาต์พุตมีค่าต่างจาก **Peak Voltage** ของ อินพุตเท่าใด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
7. จากกราฟการทดลองข้อ 2.3.17
 - a) ให้สรุปความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน **Ripple** กับค่า **Time Constant** ของวงจรกรองความถี่ R_1C_1
 - b) ให้แสดงวิธีการคำนวณค่า **Time Constant** ของวงจร
8. อธิบายความแตกต่างระหว่างวาระเรียงกระแสแบบ **Half Wave** กับ **Full Wave**
9. อธิบายความแตกต่างระหว่างวาระ **Full Wave Center Tab** กับ **Full Wave Bridge** รวมทั้งแสดงข้อเด่น และข้อด้อยของแต่ละแบบให้ชัดเจน
10. ในสภาวะ **Cutoff** ไดโอดที่ใช้ในวงจรรูปที่ 24 ทำงานหนักหรือเบากว่าไดโอดในวงจรรูปที่ 3 เพราะเหตุใด
11. การมีตัวเก็บประจุต่อໄว์ที่ด้านเอาต์พุตของวงจร ส่งผลต่อไดโอด (**ในสภาวะ ON และ Cutoff**) อย่างไร
12. ให้แสดงวิธีการออกแบบ (การคำนวณทั้งหมด) วงจร **Full Wave Rectifier** แรงดันไฟตรงเอาต์พุต **12 V** สามารถจ่ายกระแสให้กับความต้านทานโหลด **120 mA** ได้ และมีส่วนของแรงดันที่เป็น **Ripple** ไม่เกิน **5%**

ค่าคงที่ของทรานซิสเตอร์

1. ให้สรุปความรู้ที่ได้จากการทดลองนี้

ตอบ- เห็นได้จากที่ทางอาจารย์สอน Diode และ Zener diode ในส่วน AC และ DC
- สรุปการใช้งานของ Diode และ Diode & Capacitors

2. จากร่างในรูปที่ 12 ให้อธิบายการทำงานของซีเนอร์ไดโอดทั้งสองว่า ส่งผลอย่างไรต่อแรงดันเอาต์พุต

ตอบ ขอแสดงถึงข้อ, Zener diode ที่ V_z เกิดการ forward bias
เมื่อ Z_1 เกิด Reverse bias ตัวอย่างของ Zener diode
เมื่อเกิด Reverse bias จะมี V_{out} มากกว่า V_z ดังนั้น $V_{out} = V_z + V_d$ เมื่อ V_d คือดิฟเฟอเรนเชียล ของ Z_1 & Z_2 ที่ลับกันเป็นทาง

3. ให้อธิบายความแตกต่างในการนำใช้งานระหว่างวงจร Diode Clipper และ Diode Clamper

ตอบ-Diode Clipper สามารถใช้ในการลดจังหวะ เนื่องจากตัวที่削波形
- Diode Clamper สามารถใช้ในการลดจังหวะ ด้วยการเพิ่มแรงดัน V_{out} ให้เท่ากับ

4. ให้อธิบายการทำงานของวงจรในรูปที่ 11 และรูปที่ 22 (ใช้หลักการและทฤษฎีการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า)

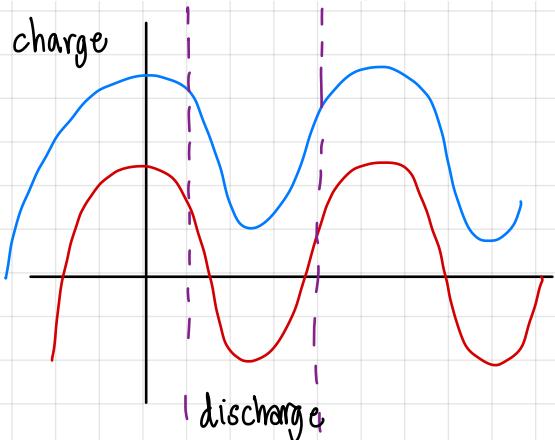
ตอบ ถ้า $V_{in} < 3.76$, V_{out} จะมีค่าตาม V_{in} เมื่อ $V_{out} = 3.76$ ไม่เกิน
ถ้า $V_{in} > 3.76$, V_{out} จะคงที่ที่ $V_{out} = 3.76$

ถ้า $V_{in} < -2.3$, V_{out} จะเท่ากับ $-V_{in}$ นั่นคือ $V_{out} = -2.3$

V_{out} เท่ากับ $V_D - V_{in}$

5. จากผลการจำลองวงจรในรูปที่ 17, 18 ให้ น.ศ. วัดรูปกราฟรูปคลื่นของ 2 Cycle แรกหรือรูปคลื่นในช่วง Transient

State และทำการวิเคราะห์ว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น



เกิดจากการที่ตัวเร่งประจุชาร์จไม่ เต็ม cycle ของตัวเร่งพลังงาน
ทำให้มีการเพิ่มน้ำหนักของตัวเร่งด้วย

6. จากผลการจำลองตามรูปที่ 30 ขนาดของ Peak Voltage ของเอาต์พุตมีค่าต่างจาก Peak Voltage ของ
อินพุตเท่าใด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

ตอบ $V_{p-p}(V_{out})$ มากกว่า $V_{p-p}(V_{in})$ ประมาณ 600 mV ซึ่งเกิดจาก V_{in} ส่วนที่อยู่
ภายนอกไฟฟ้าต้องผ่าน Diode

7. จากกราฟการทดลองข้อ 2.3.17

- a) ให้สรุปความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน Ripple กับค่า Time Constant ของวงจรกรองความถี่ R_1C_1
- b) ให้แสดงวิธีการคำนวณค่า Time Constant ของวงจร

$$\text{ตอบ a)} \quad \tau \propto \frac{1}{V_{\text{ripple}}}$$

$$\text{b)} \quad \tau = RC \quad \text{ เช่น } R = 10k\Omega, C = 1 \mu F$$

$$\tau = (10k)(1\mu) = 0.1$$

8. อธิบายความแตกต่างระหว่างวงจรเรียงกระแสแบบ Half Wave กับ Full Wave

ตอบ การเรียงกระแสแบบ full wave จะมีความต่อเนื่องของกระแสไฟฟ้าทั้งหมด
half wave เนื่องจาก half wave จะมีครึ่งหนึ่งที่ต้องตัดขาดกัน

9. อธิบายความแตกต่างระหว่างวงจร Full Wave Center Tab กับ Full Wave Bridge รวมทั้งแสดงข้อเด่น และข้อด้อยของแต่ละแบบให้ชัดเจน

- ตอบ
คือ Center Tab ปล่อย V_{out} สูงกว่า V_d, ใช้ Diode ต่อ 2 ตัว
Bridge สามารถไฟฟ้า AC ได้โดยตรง ผ่านทาง Center Tab
Center tab จะต้องต่อสิ่งของแม่เหล็กที่มี Center tapper เรียกว่า
หอยสืบ
Bridge ตัวจริงมีความซับซ้อนมาก อาจมีภัยคุกคาม
เนื่องจากต้องต่อ Diode หลายตัว

10. ในสภาวะ Cutoff ไดโอดที่ใช้ในวงจรรูปที่ 24 ทำงานหนักหรือเบากว่าไดโอดในวงจรรูปที่ 3 เพราะเหตุใด

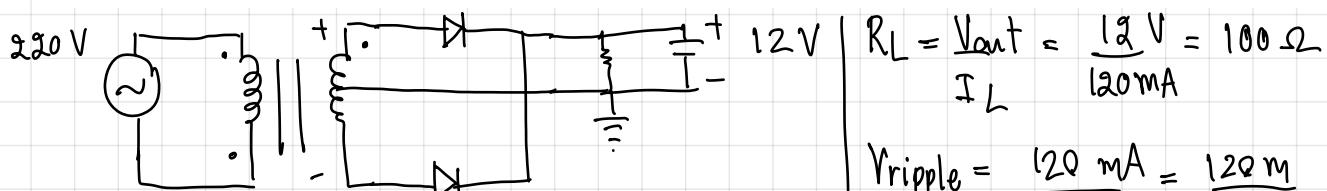
- ตอบ สำหรับ 24 ทำงานเบากว่า สำหรับ Diode ที่วงจรที่ 3 นั้นต้องรับ
PIV ของ Output & diode อีก 2 ตัว ในการที่ สำหรับ 24 รับ PIV จาก Output & Diode
เพียงตัวเดียว ค่า แรงดันที่ V_{out} = V_{output}

11. การมีตัวเก็บประจุต่อไว้ที่ด้านเอาต์พุตของวงจร ส่งผลต่อไดโอด (ในสภาวะ ON และ Cutoff) อย่างไร

สำหรับ diode มีช่วงเวลาที่ ON และ OFF ง่ายๆ นั่นก็คือ แรงดันที่ V_{out} -
ค่าของปริมาณกึ่งชั้งที่ต้องจ่ายให้ Diode เป็นยังไงเมื่อ Capacitors ดูดค้าง

12. ให้แสดงวิธีการออกแบบ (การคำนวณทั้งหมด) วงจร Full Wave Rectifier แรงดันไฟฟ้าเรตติ้งเอาต์พุต 12 V

สามารถจ่ายกระแสให้กับความต้านทานโหลด 120 mA ได้ และมีส่วนของแรงดันที่เป็น Ripple ไม่เกิน 5%



$$V_{ripple} = \frac{120mA}{2(50Hz)} = \frac{120m}{100Hz} \quad (1)$$

$$V_{ripple} < 5\% ; V_{ripple} = \frac{12 \times 5}{100\%} = 0.6V \quad (2)$$

$$(1) = (2) : V_{ripple} = V_{ripple} \Rightarrow C = 2mF \quad \text{X}$$

$$\begin{aligned} \text{PIV ของ Diode} ; \text{ PIV} &= V_{out} + V_D \\ &= 12 + 0.7 \\ &= 12.7V \end{aligned}$$