

จุดประสงค์ของการเรียนการสอน

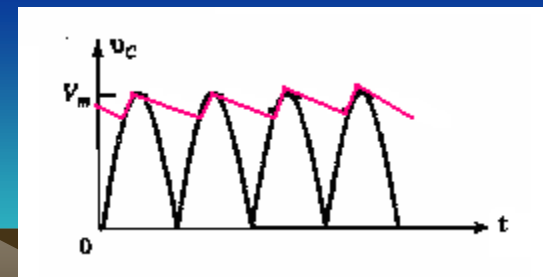
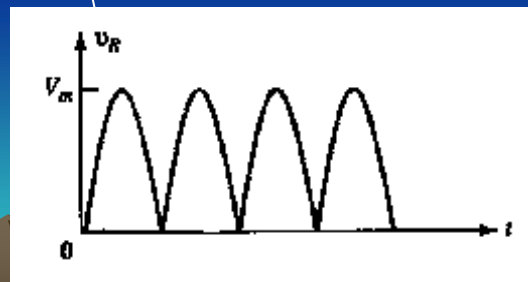
1. บอกชนิดของวงจรฟิลเตอร์ได้
2. อธิบายการทำงานของวงจรฟิลเตอร์แบบต่าง ๆ ได้
3. คำนวณหาค่าแรงดันกระเพื่อม (Ripple Voltage) และแรงดันดีซี ของวงจรฟิลเตอร์แบบต่าง ๆ ได้
4. หาสูตรในการหาค่าแรงดันดีซี และสูตรในการหาค่าแรงดันกระเพื่อมของวงจรฟิลเตอร์แบบต่าง ๆ ได้

วงจรฟิลเตอร์

เอซีโวลต์



ดีซีโวลต์



วงจรฟิลเตอร์

วงจรฟิลเตอร์ คือ วงจรกรองกระแสที่
เชื่อมต่อจากเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสที่มี
แรงดันเอาต์พุตเป็นรูปพัลส์ดีซีที่ไม่เรียบให้เรียบ
ยิ่งขึ้น และทำให้แรงดันกระเพื่อม (Ripple
Voltage) น้อยลง

ชนิดของวงจรฟิลเตอร์

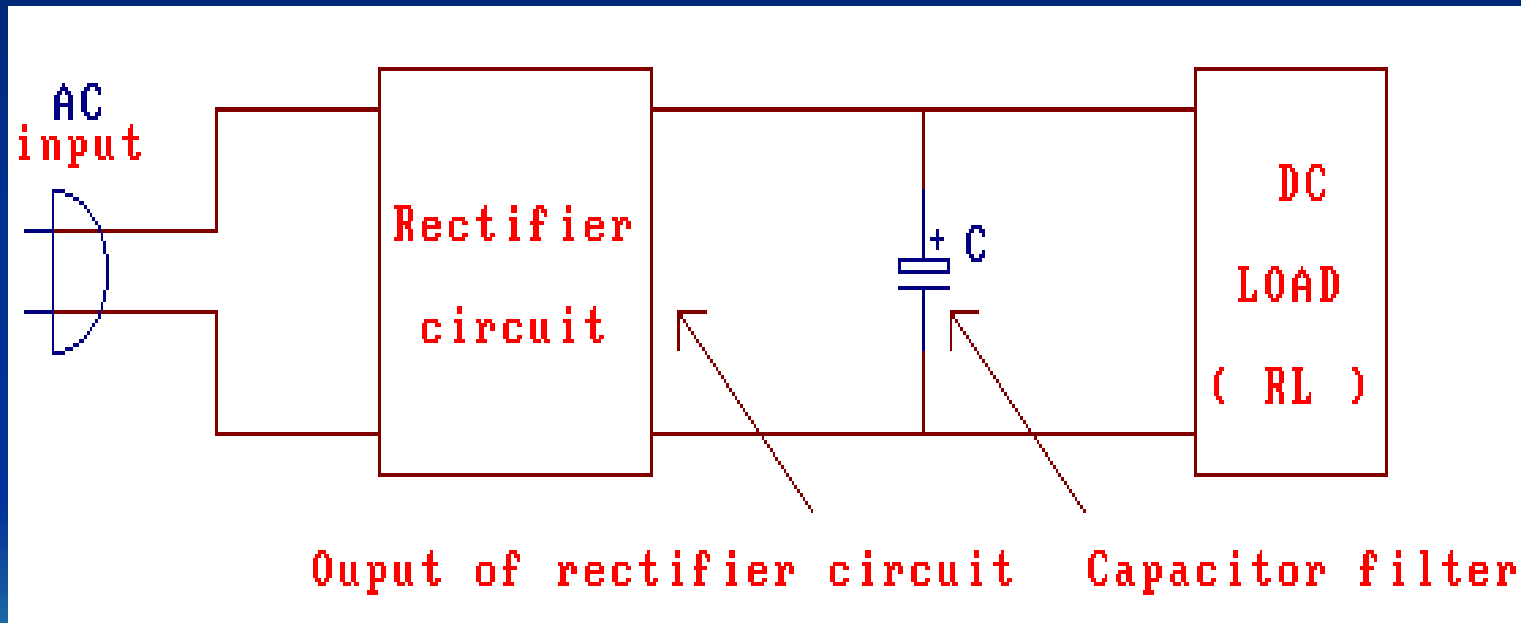
สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดประกอบด้วย

1. วงจรคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์
2. วงจรอาร์ชีฟิลเตอร์
3. วงจรฟิลเตอร์ชนิด π
4. วงจรฟิลเตอร์ชนิด L

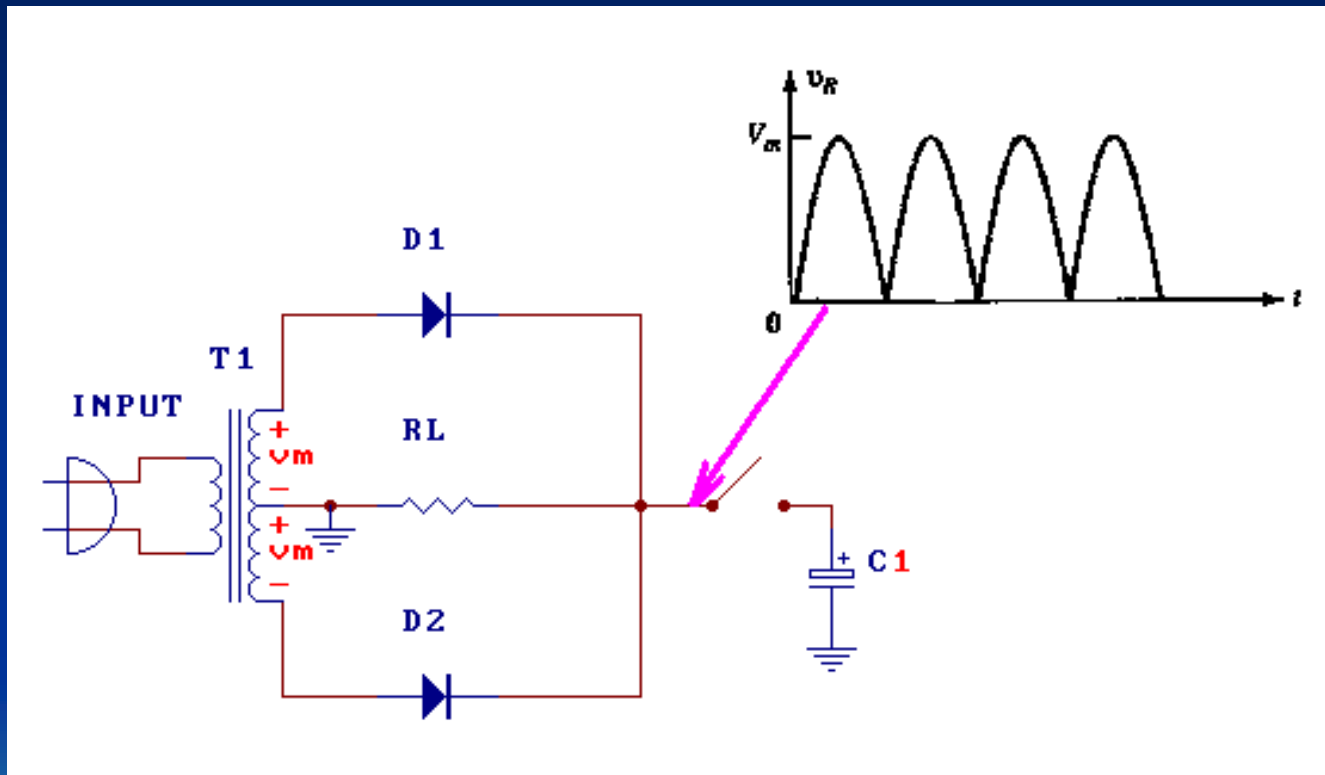
วงจรคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์

วงจรฟิลเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์เป็นวงจรกรองกระแสที่นิยมใช้กันมากทางด้านอิเล็กทรอนิกส์เป็นการต่อวงจรที่ง่ายและประหยัดงบประมาณในการสร้าง ซึ่งลักษณะการต่อวงจรเป็นดังนี้ คือ ต่อคาปาซิเตอร์คร่อมที่เอาต์พุตของวงจรเรกติไฟเออร์

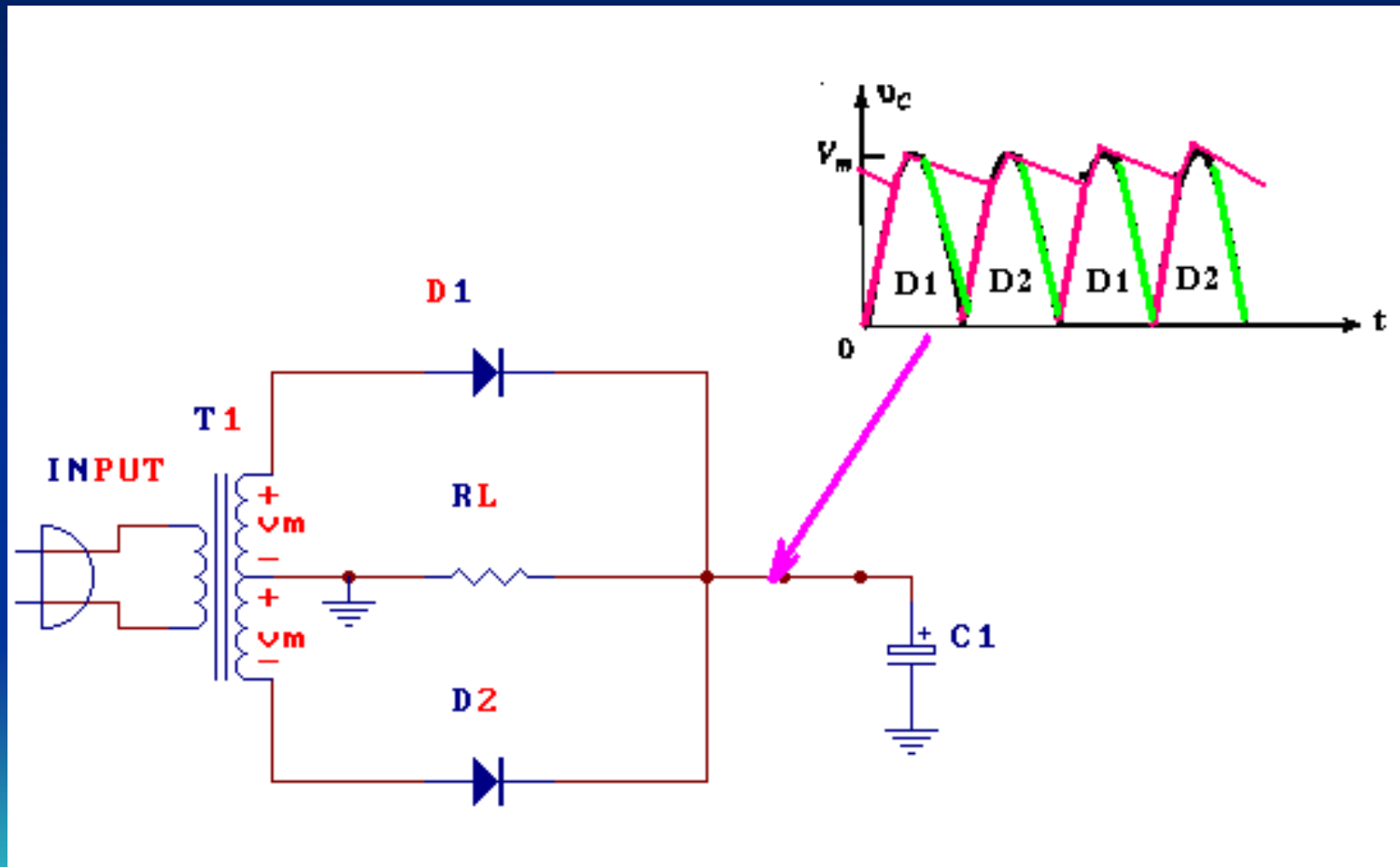
ลักษณะการต่อวงจร



การทำงานของวงจรปาซิเตอร์ฟิลเตอร์



การทำงานของวงจรคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์



4.1.2 การหาค่าแรงดันรีปเปิล ($V_{r(rms)}$)

ค่าแรงดันรีปเปิล เป็นค่าแรงดันกระแสเฟืองที่เกิดขึ้นที่เอาต์พุตของวงจรฟิลเตอร์ วัดได้จากเอซีโวลต์มิเตอร์ ซึ่งค่าแรงดันกระแสเฟืองของวงจรฟิลเตอร์จะขึ้นอยู่กับค่ากระแสที่โหลด และค่าคาปาซิเตอร์ที่ใช้ในวงจรฟิลเตอร์ ถ้ากระแสโหลดถูกใช้มากจะทำให้ค่าแรงดันรีปเปิลมีค่ามากขึ้นด้วย

การหาค่าแรงดันรีปเปิลที่ความถี่ใด ๆ

$$V_{r(rms)} = \left(\frac{I_{dc}}{\sqrt{3}FC} \right) \times \left(\frac{V_{dc}}{V_{rm}} \right) (full-wave)$$

เมื่อ

F = ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟเอ-ซี

I_{dc} = กระแสไฟตรงเฉลี่ยเมื่อต่อโหลด (mA)

C = ค่าคาปาซิเตอร์ที่ทำหน้าที่ฟิลเตอร์

การหาค่าแรงดันรีปเปิลเมื่อเป็นโหลดไฟ (Light Load)

จะทำให้ค่าแรงดัน V_{dc} น้อยกว่าค่าแรงดัน V_m เล็กน้อย จึงทำให้ค่า $V_{dc} \cong V_m$ และสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$V_r(rms) = \frac{I_{dc}}{4\sqrt{3}FC} \text{ (Full-Wave)}$$

ค่าความถี่ของแหล่งจ่ายไฟเอซีมีความถี่ 60 Hz

สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$Vr(rms) = \frac{2.4I_{dc}}{C} \text{ (Full - Wave)}$$

เมื่อ

I_{dc} คือ กระแสที่ไหลผ่านโหลดมีหน่วยเป็น(mA)

C คือ ค่าความจุมีหน่วยเป็นไมโครฟาราด

ตัวอย่างที่ 4.1

จงคำนวณค่า **Ripple Voltage** ของวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น เมื่อค่า คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ มีค่า $47 \mu\text{F}$ และกระแสโหลด 40 mA ที่ความถี่ของ **Line Frequency** มีความถี่เท่ากับ 60Hz



วิธีทำ

จากสูตรสมการที่ 4.1 c

$$Vr(rms) = \frac{2.4(40)}{47}$$

$$= 2.04 \text{ V}$$

ตอบ ค่า Ripple Voltage ของวงจรเรียงกระแสแบบเต็ม

คลื่นมีค่าเท่ากับ 2.04 V

1.3 การหาค่าแรงดันดีซี (Vdc)

การคำนวณหาค่าแรงดันดีซีในวงจรปาซิเตอร์
ฟิลเตอร์ ที่ความถี่ใดๆ ใช้สูตรดังนี้

$$V_{DC} = \frac{V_m}{1 + \frac{I_{dc}}{4FCV_m}}$$

เมื่อ

V_m คือ ค่าแรงดันสูงสุดในช่วงครึ่งไซเคิล

I_{dc} คือ ค่ากระแสที่ไหลผ่านโหลด มีหน่วยเป็น (mA)

F คือ ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟมีหน่วยเป็นเฮิร์ตซ์ (Hz)

C คือ ค่าคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ มีหน่วยเป็น (μF)

ถ้าเราต่อ โหลดด้วยหลอดไฟ (Light Load)

จะใช้สูตรในการหาแรงดันดีซีได้ดังนี้

$$V_{DC} = V_m - \frac{I_{dc}}{4fC} \text{ (Full - Wave, Light Load)}$$

ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟมีความถี่ 60 HZ

จะใช้สูตรในการหาแรงดันดี-ซี ได้ดังนี้

$$V_{dc} = V_m - \frac{4.16(I_{dc})}{C} \text{ (Full - Wave)}$$

เมื่อ V_m = ค่าแรงดันสูงสุดของรูปคลื่น

I_{dc} = กระแสที่ไหลผ่านโหลดมีหน่วยเป็น mA

C = Filter Capacitor มีหน่วยเป็น (μF)

ตัวอย่างที่ 4.2

ถ้าค่าแรงดันสูงสุดของรูปคลื่นที่ได้จากวงจรเรกติไฟเออร์ในตัวอย่างที่ 4.1 มีค่าเท่ากับ 150 V คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์มีค่า 47 (μF) และกระแสโหลด 40 mA ที่ความถี่ของ Line Frequency มีความถี่เท่ากับ 60Hz จงคำนวณหาค่าแรงดันดีซีที่ได้จากวงจรฟิลเตอร์

วิธีทำ

หาค่าแรงดันดีซีที่เอาต์พุตของวงจรได้ดังนี้

จากสูตร

$$V_{dc} = V_m - \frac{4.16(I_{dc})}{C}$$

$$V_{dc} = 150V - \frac{4.16(40)}{47} = 150V - 3.54 = 146.46V$$

4.1.4 การหาค่าริปเปิลแฟกเตอร์(r) ในวงจรคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ (Filter Capacitor Ripple)

ค่าแรงดันริปเปิลแฟกเตอร์เป็นตัวกำหนดให้เราทราบว่าเอาต์พุตของวงจรเกิดริปเปิล หรือการกระเพื่อมของแรงดันเอาต์พุตมีค่าเท่าไร

ค่ารีปเปิลแฟกเตอร์ที่ความถี่ 60 Hz

ค่ารีปเปิลแฟกเตอร์หาได้ดังสมการต่อไปนี้

$$r = \frac{Vr(rms)}{Vdc} = \frac{2.4Idc}{CVdc}$$

ตัวอย่างที่ 4.3

วงจรฟิลเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์มีค่า
ความจุของคาปาซิเตอร์เท่ากับ $2 \mu\text{F}$
กำหนดให้กระแสโหลดเท่ากับ 20 mA ถ้าค่าแรง
ดันสูงสุดของวงจรเรกติไฟเออร์ (V_m) เท่ากับ
 185 V ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟมีความถี่ 60 Hz

ตัวอย่างที่ 4.3

จงคำนวณหา

(ก) V_r (rms)

(ข) V_{dc}

(ค) $\% r$

วิธีทำ

(ก) หาค่าแรงดัน $V_r(rms)$ เอาต์พุตของ
วงจรมีความถี่ของแหล่งจ่ายไฟเท่า 60 Hz ได้
ดังนี้

จากสูตร

$$V_r(rms) = \frac{2.4(I_{dc})}{C}$$

ตัวอย่างที่ 4.3

จากสูตร

$$Vr(rms) = \frac{2.4(I_{dc})}{C}$$

แทนค่าในสูตรจะได้

$$Vr(rms) = \frac{2.4(20)}{2} = 24V$$

ตัวอย่างที่ 4.3

(ข) หาค่าแรงดัน V_{dc} ที่เอาต์พุตของวงจรได้ดัง
สมการต่อไปนี้

$$V_{dc} = \frac{4.16(I_{dc})}{C}$$

แทนค่าในสูตรจะได้

$$V_{dc} = V_m - \frac{4.16(20)}{2} = 143.4V$$

(ค) หาค่าเปอร์เซ็นต์รีปเปิล (% r) ของ
วงจรได้จากสมการต่อไปนี้

$$(\%r) = \frac{2.4I_{dc}}{CV_{dc}} \times 100$$

แทนค่าในสูตรจะได้

$$(\%r) = \frac{2.4(20)}{(2)(143V)} \times 100 = 16.68\%$$

หรือจะใช้สูตร

$$\%r = \frac{Vr(rms)}{Vdc} \times 100$$

แทนค่าในสูตรจะได้

$$\%r = \frac{24V}{143V} \times 100 = 16.7\%$$

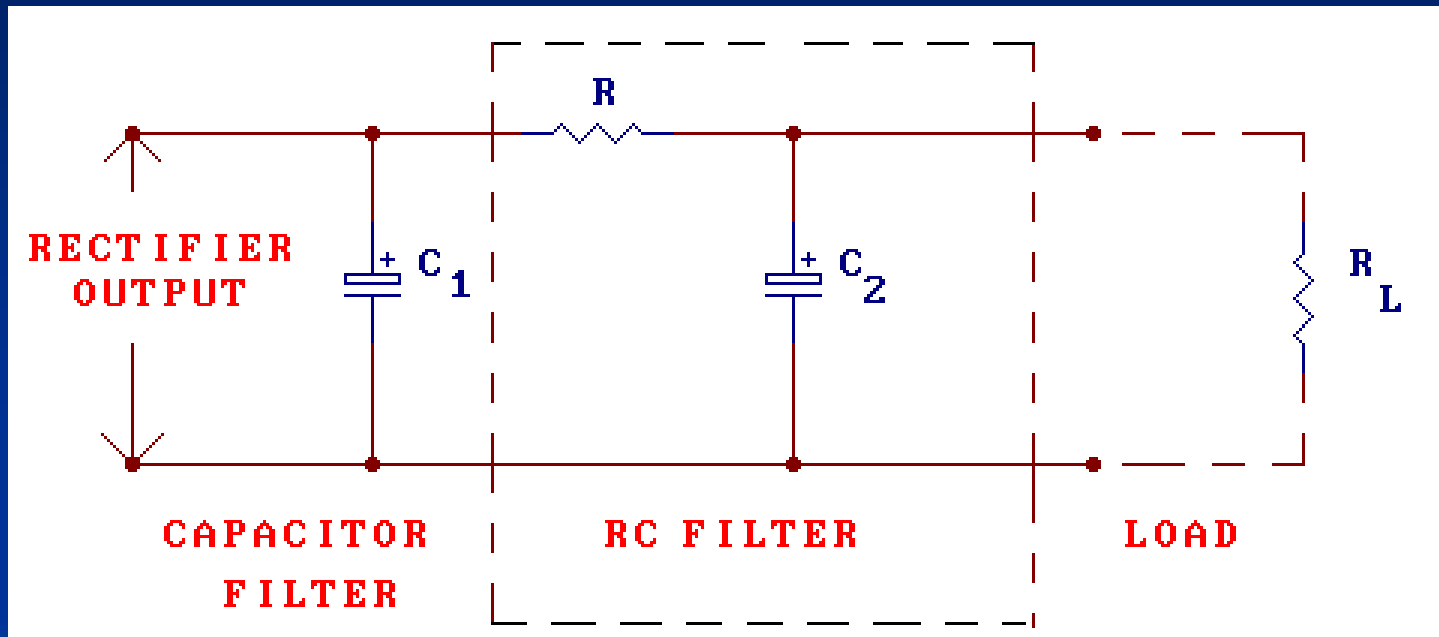
ตอบ (ก) ค่า $Vr(rms) = 24 V$ (ข) ค่า $Vdc = 173.4 V$

$$(ค) \%r = 13.84 \%$$

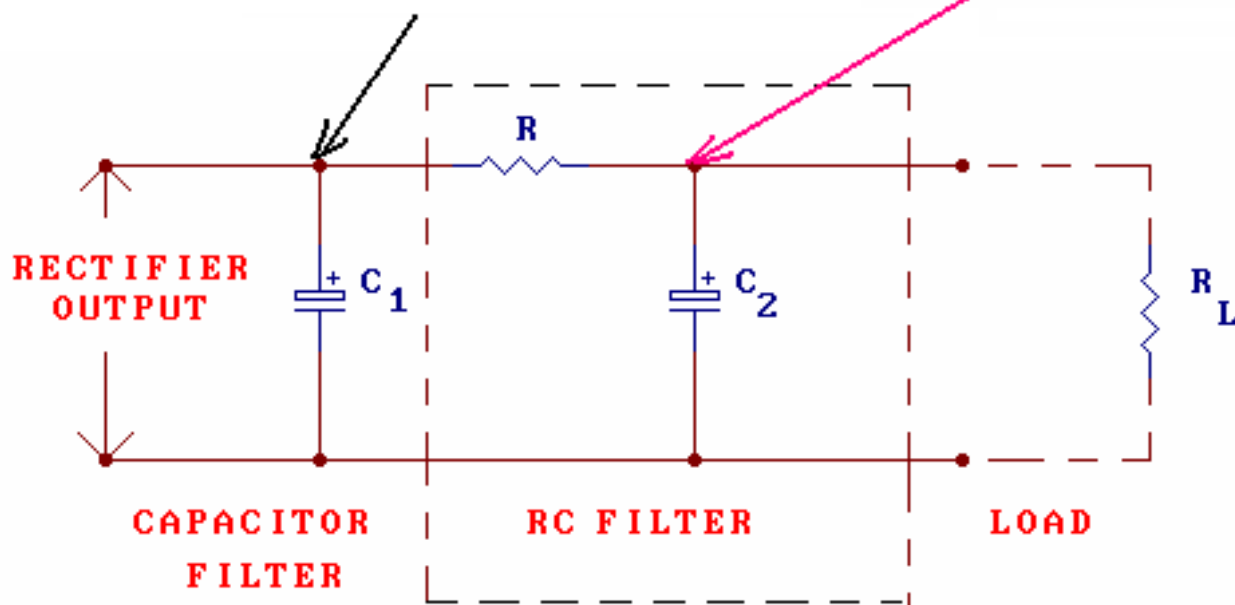
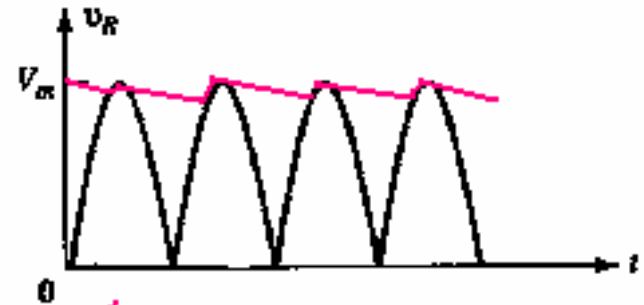
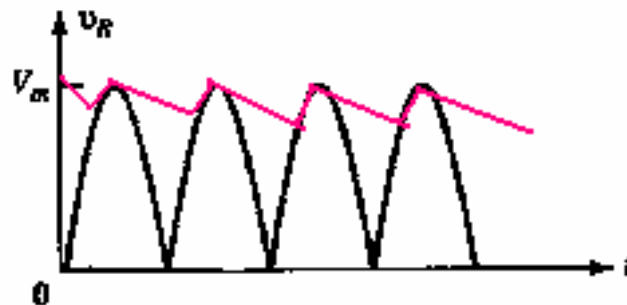
4.2 วงจรฟิลเตอร์ชนิดอาร์ซี (RC Filter)

วงจรอาร์ซีฟิลเตอร์มีตัวกำหนดค่ารีปเปิลของวงจรฟิลเตอร์ คือ ค่าความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุที่ใช้ในวงจร ซึ่งในวงจรฟิลเตอร์ชนิดนี้จะมีค่าแรงดันรีปเปิลและการรักษาระดับแรงดันที่ดีกว่าวงจรคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์

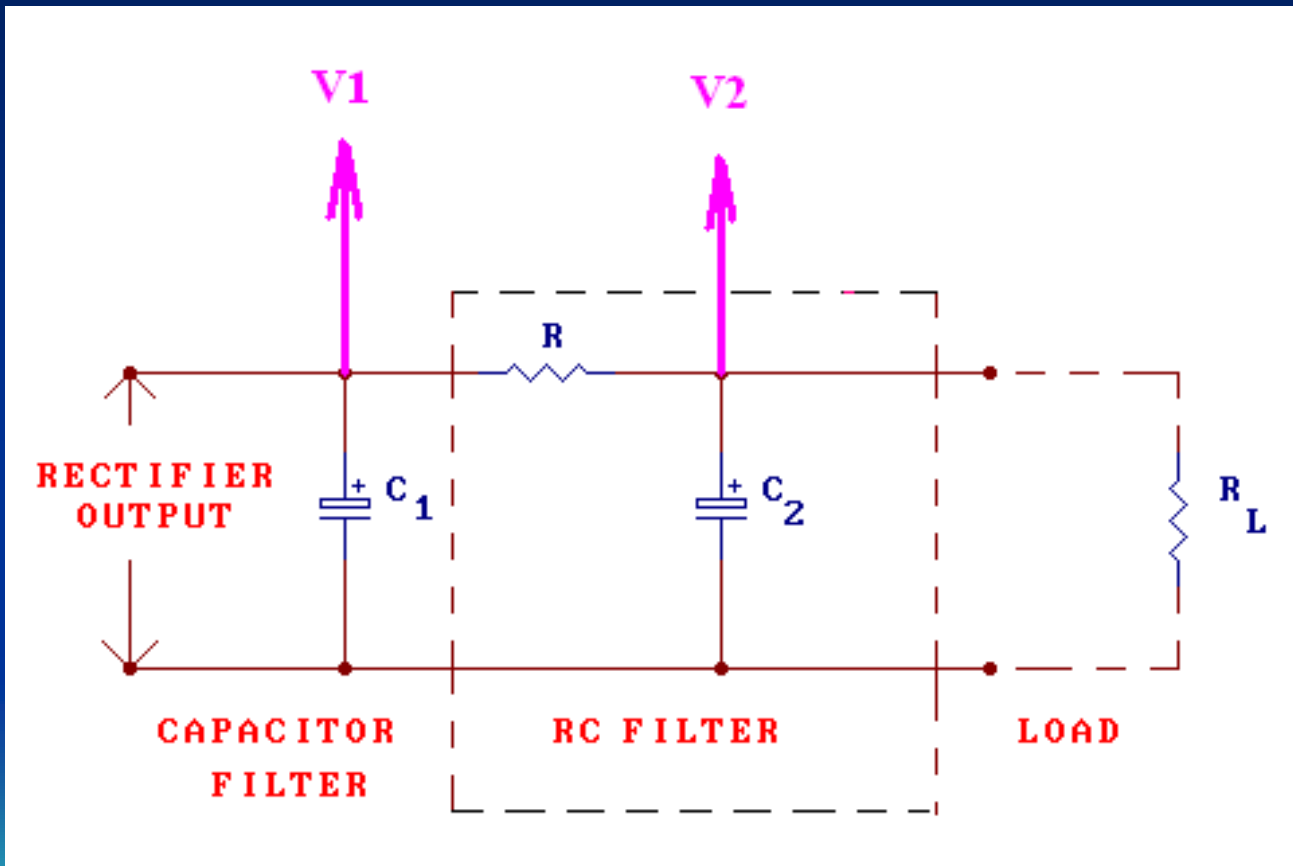
ลักษณะการต่อวงจรอาร์ซีฟิเตอร์



ค่ารีปเปิดเอาต์พุตของวงจรอาชีพิลเตอร์



การประยุกต์ใช้งานวงจรอาร์ซีฟิลเตอร์

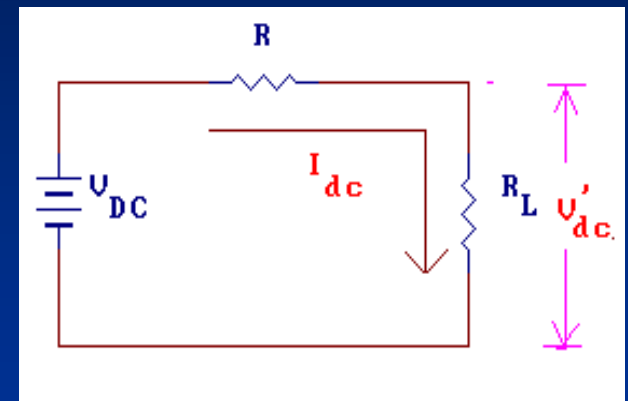
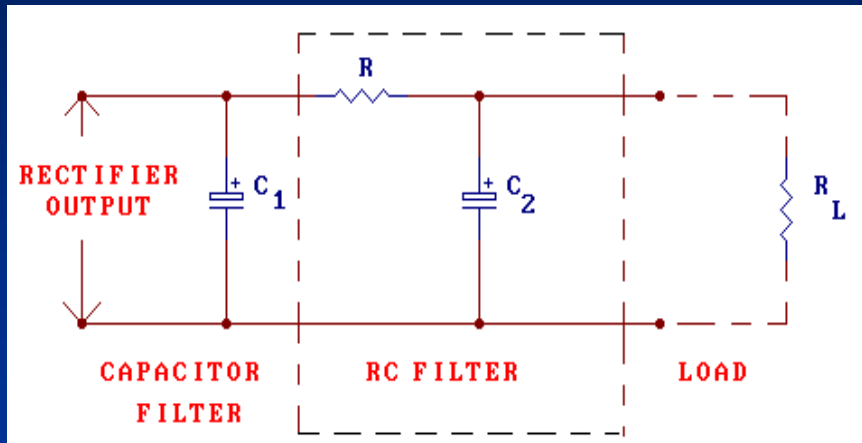


ในวงจร RC Filter สามารถแบ่งการคำนวณ ได้ดังนี้

1. การคำนวณในส่วนของวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
(DC Circuit)

1. การคำนวณในส่วนของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
(AC Circuit)

พิจารณาในส่วนของวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (DC Circuit)

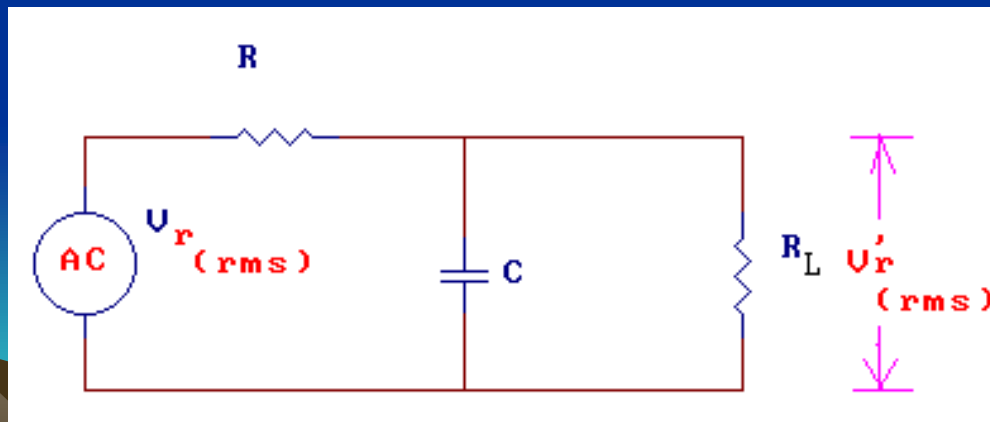
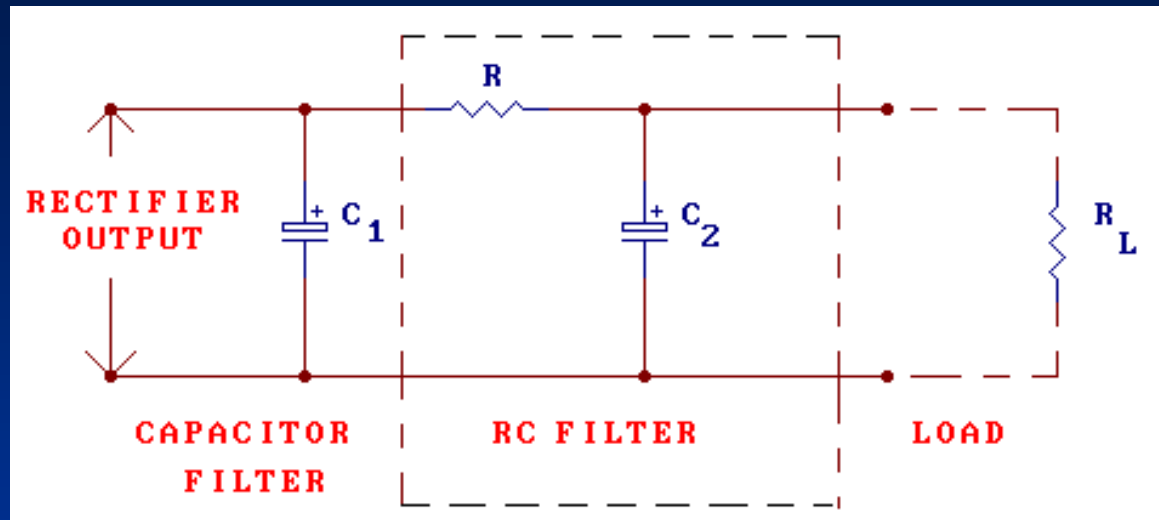


หาค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตกคร่อม R_L ได้ดังสมการต่อไปนี้

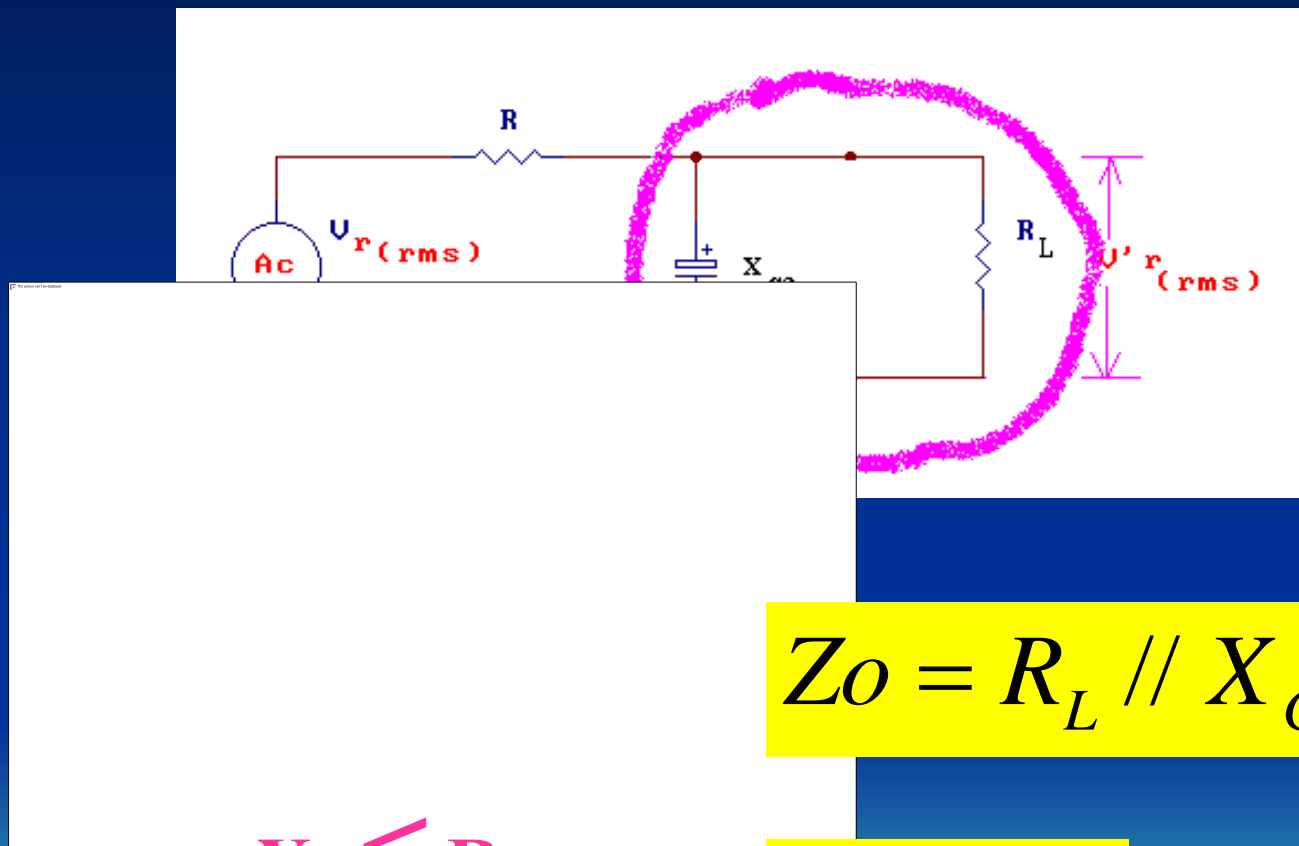
$$V'_{dc} = \frac{R_L}{R + R_L} \times V_{dc}$$

พิจารณาในส่วนของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Circuit)

ได้ดังนี้



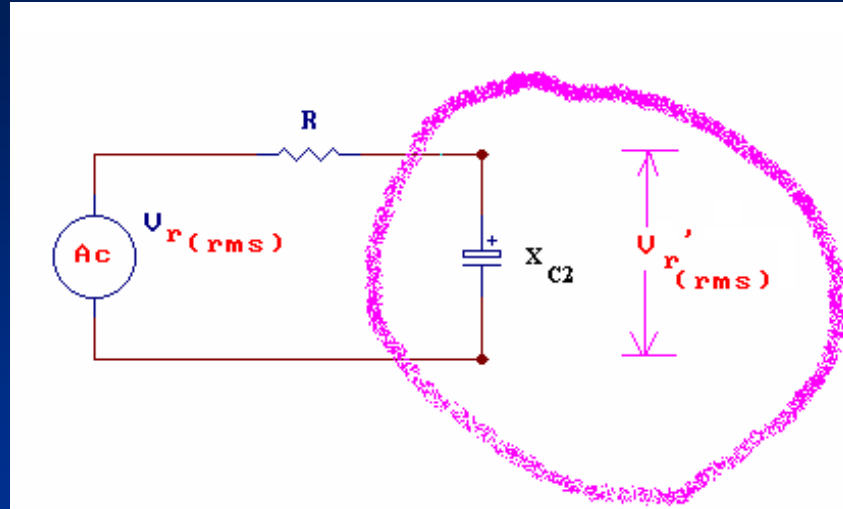
พิจารณาในส่วนเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ (Z_o) จะได้



$$Z_o = R_L // X_C$$

เมื่อ $X_C \leq R_L$ จะเกิด

$$Z_o = X_C$$



ดังนั้นสามารถหาค่า $V_{r(rms)}$ ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V_{r(rms)} = \frac{X_c}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \times V_{r(rms)}$$

การหาค่าคาปาซิแตนซ์ในวงจร RC

และจะค่าคาปาซิแตนซ์ (Capacitance) ของ C2 ที่ความถี่ใดๆ หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$X_{C2} = \frac{1}{\omega C2} = \frac{1}{2\pi F C_2}$$

การหาค่าคาปาซิแตนซ์ในวงจร RC

ในกรณี ที่ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ (Line Frequency) เท่ากับ 60 HZ จะหาค่าคาปาซิแตนซ์ของ C₂ ได้ดังนี้

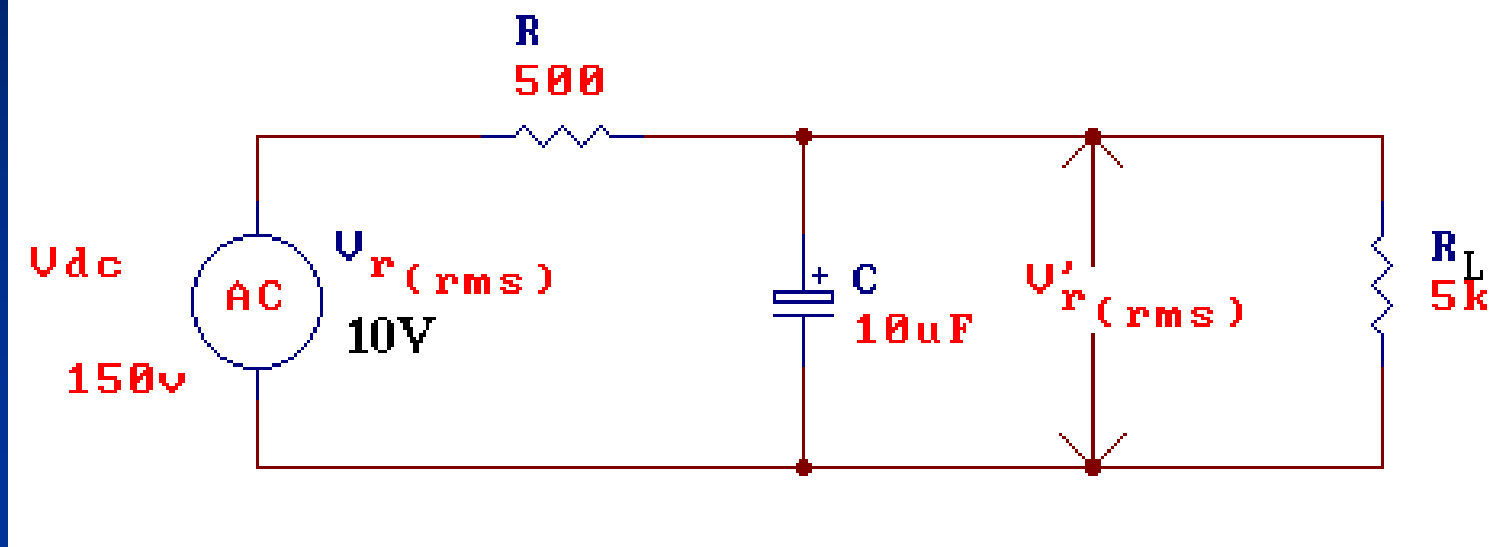
$$X_{C2} = \frac{2.56}{C_2} \quad (\text{Half - Wave})$$

$$X_{C2} = \frac{1.28}{C_2} \quad (\text{Full - Wave})$$

เมื่อ C มีหน่วยเป็นไมโครฟารัด (μF) X_C มีหน่วยเป็นกิโลโอห์ม

ตัวอย่างที่ 4.4

จงหาค่า V_{dc}' และ $V_r'(rms)$ เมื่อ
กำหนดให้ $R_L = 5 \text{ K}\Omega$, $R = 500 \Omega$, $C = 10$
 μF , $V_{dc} = 150 \text{ V}$ และ $V_r(rms) = 10 \text{ V}$
วงจรเรกติไฟเออร์เป็นแบบเต็มคลื่น



การคำนวณในส่วนของวงจรดีซี

คำนวณหาค่า V_{dc}' ได้จากหลักการของ
Voltage Divider Circuit ได้ดังนี้

$$V_{dc}' = \frac{R_L}{(R + R_L)} \times V_{dc}$$

แทนค่าในสูตร

$$V_{dc}' = \left(\frac{5000}{500 + 5000} \right) \times (150) = 136.4V$$

การคำนวณหาค่าในส่วนของวงจรเอซี

คำนวณหาค่า Capacitance (X_C)

$$X_C = \frac{1.28}{C}$$

$$= \frac{1.28}{10} = 0.128k\Omega$$

คำนวณหาค่า $Vr'(rms)$ ได้จากสูตร

คำนวณหาค่า $Vr'(rms)$ ได้จากสูตร

$$Vr(rms)' = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \times Vr(rms)$$

แทนค่าในสูตร

$$Vr(rms)' = \frac{0.128}{\sqrt{0.5^2 + 0.128^2}} \times 10V = 8.2V$$

2.3 การคำนวณหาค่ารีปเปิดเฟกเตอร์

การหาค่ารีปเปิดเฟกเตอร์ของวงจรอาร์ช
ฟิลเตอร์ทำได้ดังสมการต่อไปนี้

$$r' = \frac{Vr'(rms)}{Vdc'}$$

การหาค่ารีปเปิดแฟกเตอร์ในวงจร RC-Filter

หาค่ารีปเปิดแฟกเตอร์ ของวงจร อาร์-ซี
ฟิลเตอร์ (r') ได้ดังนี้

$$r' = \frac{X_C}{R'} \times r$$

$$R' = \frac{R \times R_L}{R + R_L}$$

ตัวอย่างที่ 4.5

จงคำนวณหาค่ารีปเปิลแฟกเตอร์และค่า
เปอร์เซ็นต์ของรีปเปิล ที่คาปาซิเตอร์ C1 และคา
ปาซิเตอร์ C2 เมื่อกำหนดให้ค่า $V_{dc}' = 136.4V$
ค่า $V_r'(rms) = 8.20V$

วิธีทำ

หาค่ารีปเปิลที่ C1 ได้จากสูตร

$$r = \frac{V_{r(rms)}}{V_{dc}}$$

$$r = \frac{10V}{150V} = 0.06 = 6\%$$

หาค่ารีปเปิลที่ C2 จากสูตร

$$r' = \frac{V'_{r(rms)}}{V'_{dc}}$$

$$r' = \frac{2.56V}{136.4V} = 0.018 = 1.8\%$$

ตอบ - ค่ารีปเปิลที่ C1 = 0.06 ; %r = 6 % ค่ารีปเปิลที่ C2 = 0.018 ; %r = 1.8 %

สรุปบทเรียน



- 1. วงจรฟิลเตอร์ คือ วงจรกรองกระแสที่เชื่อมต่อจากเอาต์พุตของวงจรเรกติไฟเออร์ ซึ่ง มีแรงดันเอาต์พุตเป็นรูปพัลส์คี่ซี่ที่ไม่เรียบ ให้เรียบยิ่งขึ้นและทำให้แรงดันกระแสเพื่อม
- (Ripple Voltage) น้อยลง



2. วงจรฟิลเตอร์สามารถจำแนกออกเป็นชนิดได้
เป็น 4 ชนิด ดังนี้

1. วงจรคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์

2. วงจรอาร์ซี ฟิลเตอร์

3. วงจรฟิลเตอร์ชนิด π

4. วงจรฟิลเตอร์ชนิด L

3. ในวงจรฟิลเตอร์จะมีการวิเคราะห์หาค่า
แรงดัน V_{dc} และแรงดัน $V_r(rms)$ เพื่อหาค่ารีป
เบิลแฟกเตอร์ได้จากสูตร

$$r = \frac{V_r(rms)}{V_{dc}}$$

หนังสืออ้างอิง

- สุกนธ์ พุ่มศรี. การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ เล่มที่ 3. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2548
- Boylestad, Robert. Nashelsky, Louis. **Electronic Devices and Circuit Theory 6TH ed.** Newjersey : Prentice Hall, A Division of Simmon & Schuster Engle Wood, 1986.
- Paynter, Robert T. Introductory Semiconductor Electronics Divices and Circuit 2nd ed. New Jersey : Prentice Hall, A Division of Simmon & Schuster Engle Wood, 1996.
- Robert L. Boylestad Louis Nashelsky. **Electronic Devices and Circuit Theory 7^{ed}.** Newjersey : Prentice Hall, Inc. Simmon & Schustre/A Viacom Company.