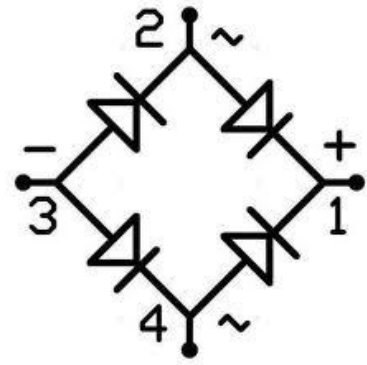


บทที่ 2

วงจรเรียงกระแส



วัตถุประสงค์

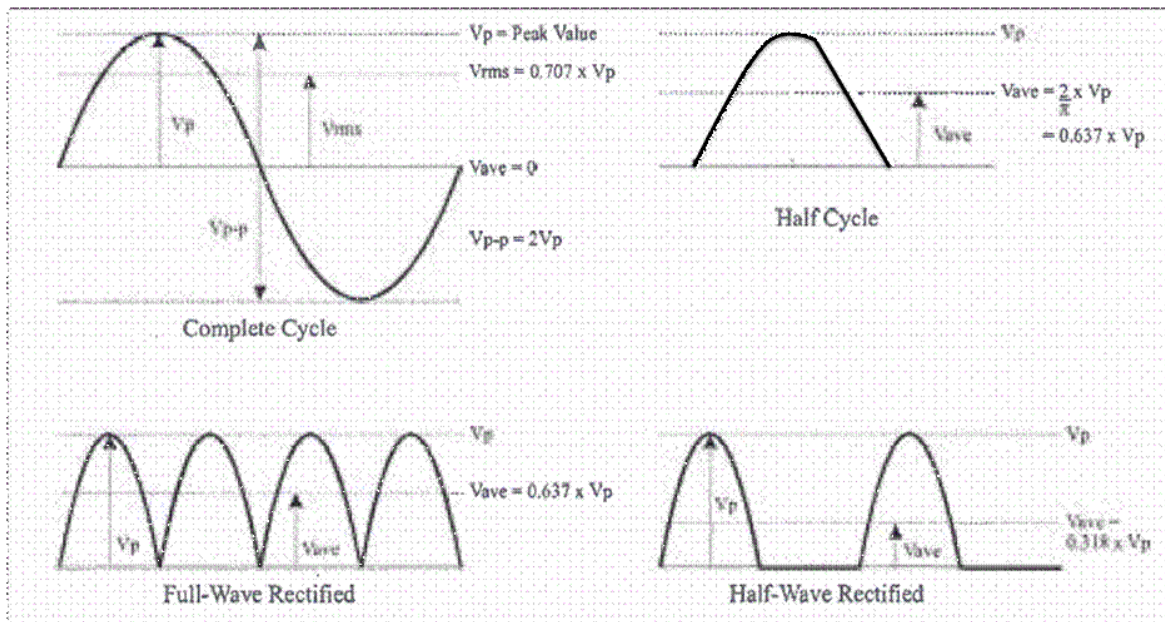
1. คำนวณค่าต่างๆของรูปคลื่นไซน์ได้
2. เข้าใจการทำงานของวงจรเรียงกระแส
3. อธิบายผลของวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุได้
4. คำนวณค่าแรงดันรีปเปิ้ลได้

2-1 บทนำ

วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuits) คือวงจรที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) (แปลง AC เป็น DC) และอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงนี้ คือ ไดโอด วงจรเรียงกระแสจะใช้ไดโอดเป็นตัวเรียงกระแสไฟสลับที่มีคลื่นด้านบวกและลบให้เป็นไฟตรง ที่มีเฉพาะคลื่นด้านบวก หรือลบ เพียงด้านเดียว วงจรเรียงกระแสมีทั้งแบบ 3 เฟส และ 1 เฟส ตามลักษณะของแรงดันอินพุต และหากแบ่งตามลักษณะของแรงดันเอาต์พุต จะแบ่งได้ 2 แบบ คือ (1) การเรียงกระแสเต็มคลื่น (Full-wave Rectification) และ (2) การเรียงกระแสครึ่งคลื่น (Half-wave Rectification) ในรายวิชานี้จะกล่าวเฉพาะวงจรเรียงกระแส 1 เฟส ทั้งแบบเต็มคลื่น และแบบครึ่งคลื่น



2-2 พารามิเตอร์ของรูปคลื่นไซน์ (Sine wave Parameters)



รูปที่ 2-1 พารามิเตอร์ของรูปคลื่นไซน์

- (1) คลื่นไซน์ 1 ไซเคิล จะมีค่าแรงดันที่สำคัญ คือ

V_p = ค่าสูงสุดของยอดคลื่น (Peak Voltage)

V_{p-p} = ค่าสูงสุดของยอดคลื่นถึงยอดคลื่น (Peak to Peak Voltage)

V_{RMS} = ค่าแรงดัน อาร์.เอ็ม.เอส. (Root mean square Voltage)

V_{AVE} = ค่าแรงดันเฉลี่ย (Average Voltage)

และค่าเหล่านั้น หาได้จาก

$$V_{p-p} = 2 V_p \text{ และ } V_{RMS} = 0.707 V_p$$

- (2) ค่าแรงดันเฉลี่ย ของคลื่นไซน์ $\frac{1}{2}$ ไซเคิล

$$V_{AVE} = \frac{2}{\pi} (V_p) = 0.636 V_p$$

- (3) ค่าแรงดันเฉลี่ยของคลื่นเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full – Wave Rectified)

$$V_{AVE} = 0.637 V_p$$

- (4) แรงดันเฉลี่ยของคลื่นเรียงกระแสครึ่งคลื่น (Half – Wave Rectified)

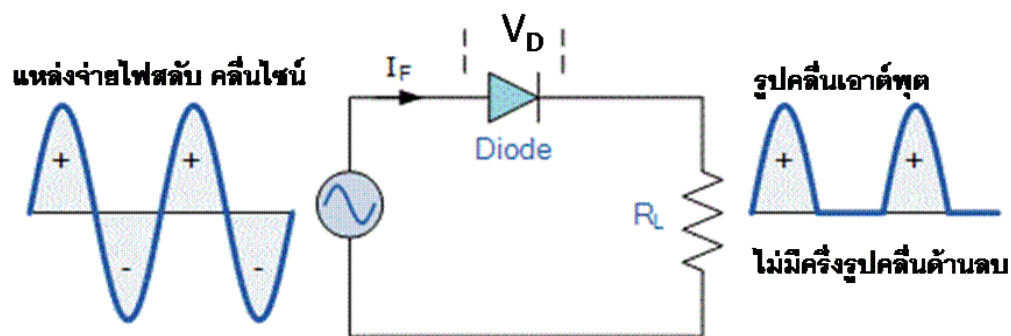
$$V_{AVE} = 0.318 V_p$$

- (5) ถ้าไม่คิดแรงดันตกคร่อม ไดโอดเรียงกระแส

$$\text{ค่า } V_{p \text{ (อินพุต)}} = V_{p \text{ (เอาต์พุต)}}$$

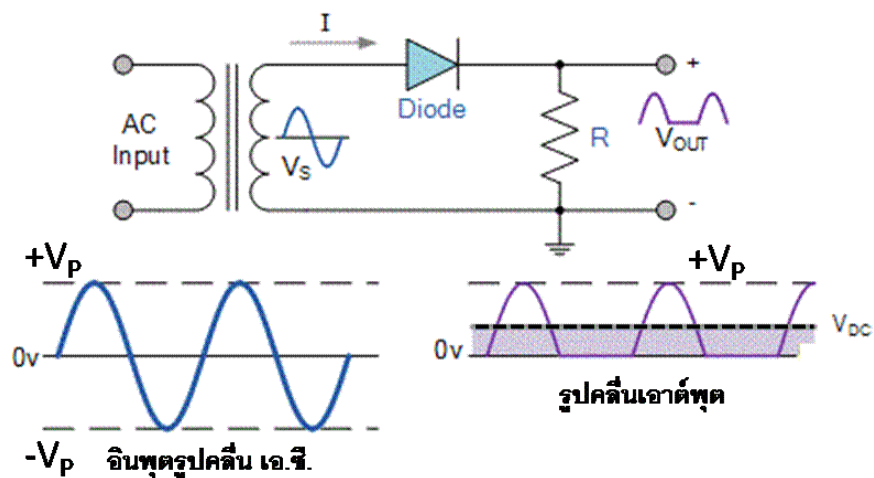
2-3 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น

วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ใช้ไดโอด 1 ตัว ทำหน้าที่เปลี่ยนอินพุต เอ.ซี. (คลื่นไซน์) ให้เป็น ดี.ซี. เฉพาะคลื่นไซ้เกิดบวกของอินพุตเท่านั้น เพราะว่าไดโอดจะทำงาน (นำกระแส : ON) ได้เมื่อได้รับคลื่นไซน์ด้านครึ่งไซ้เกิดบวกเท่านั้น (เพราะว่าช่วงนั้นไดโอดจะได้รับไบแอสตรง) จึงเกิดกระแสไหลจากแหล่งจ่าย (I_F) ผ่านไดโอดไปสู่โหลด (R_L) แต่เมื่อคลื่นไซน์อินพุตเป็นช่วงครึ่งไซ้เกิดลบ ไดโอดจะไม่นำกระแส : OFF จึงไม่มีกระแสไหลผ่านโหลด รูปคลื่นที่เอาต์พุตจึงปรากฏเฉพาะครึ่งไซ้เกิดบวกเท่านั้น จึงเรียกววงจรเรียงกระแสแบบนี้ว่า วงจรครึ่งคลื่น ดังรูปที่ 2-2

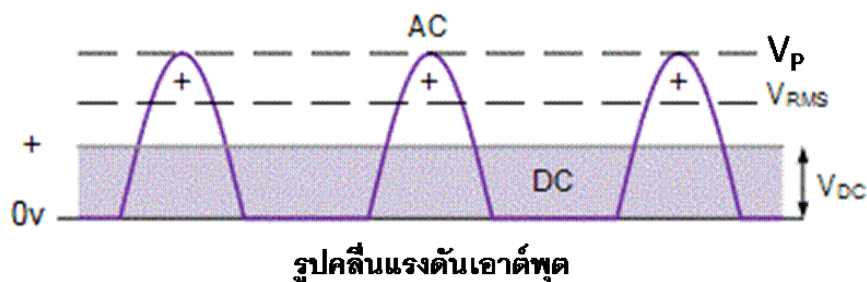


รูปที่ 2-2 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น

เมื่อพิจารณาจากรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นในรูปที่ 2-3 จะพบว่าค่าสูงสุดของคลื่นไซน์อินพุต คือ $+V_p$ และ $-V_p$ ส่วนค่าสูงสุดของคลื่นเอาต์พุต คือ $+V_p$ ทั้งนี้เพราะไม่นำค่าแรงดันตกคร่อมไดโอด ($0.6V$) มาคิดค่า $V_p(\text{input})$ จึงเท่ากับ V_p (Output) แต่ค่าแรงดันเฉลี่ยที่เอาต์พุต (V_{DC}) หรือค่าแรงดันเฉลี่ยที่เอาต์พุต (V_{AVE}) จะเขียนแทนด้วยเส้นตรง ดังแสดงในรูปที่ 2-3 และค่าของแรงดันเอาต์พุตที่ผู้เรียนต้องสามารถหาค่าได้จะมี 3 ค่า คือ (1) แรงดันสูงสุด (V_p) (2) แรงดัน อาร์.เอ็ม.เอส. (V_{RMS}) และ (3) แรงดัน ดี.ซี. (V_{DC}) หรือ แรงดันเฉลี่ย (V_{AVE})



รูปที่ 2-3 แรงดันอินพุตและเอาต์พุต

รูปที่ 2.4 ค่า แสดง V_p , V_{RMS} , V_{DC}

จากรูปที่ 2-4 คำนวณค่า V_{DC} ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V_{DC} = V_{AVE} = 0.318 V_p$$

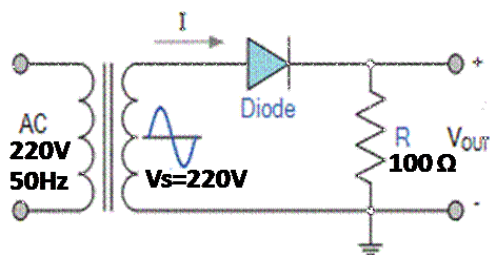
$$V_{DC} = V_{AVE} = 0.45 V_s$$

เมื่อ V_s คือ ค่าแรงดัน อาร์.เอ็ม.เอส. ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าคลื่นไซน์

V_p คือ แรงดันสูงสุดของคลื่นเอาต์พุต

ตัวอย่างที่ 2-1 จากวงจรในรูปที่ 2-5 จงหาค่าของ V_{DC} , I_{DC} และกำลังไฟฟ้าที่โหลด (P_R)

วิธีทำ $V_{RMS} = 220\text{ V}$



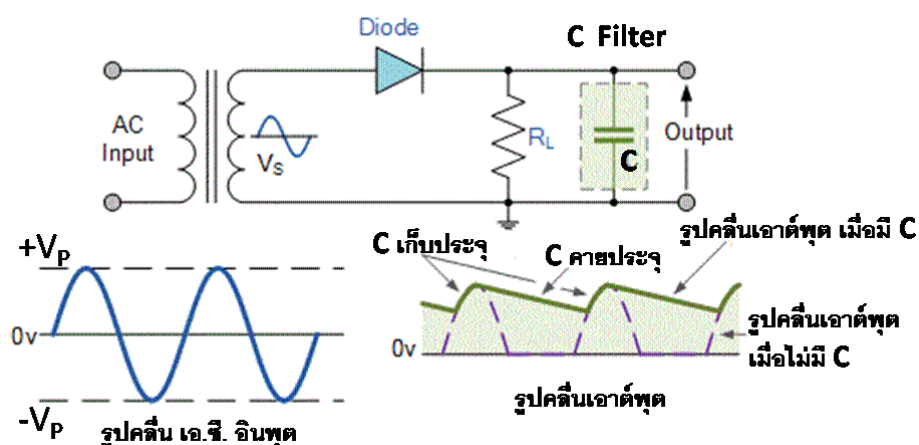
รูปที่ 2-5

$$\begin{aligned}
 V_P &= \sqrt{2} V_{RMS} \\
 \therefore V_P &= 1.414 (220V) \\
 V_{DC} &= 0.318 V_P \\
 &= 0.318 (1.414) (220V) \\
 \therefore V_{DC} &= 98.92V \\
 I_{DC} &= \frac{V_{DC}}{R} = \frac{98.92V}{100\Omega} = 0.989A \\
 \therefore P_R &= V_{DC} \times I_{DC} \\
 &= 98.92V \times 0.989A
 \end{aligned}$$

ตอบ $P_R = 97.85\text{ W}$

2-4 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นและวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ

วงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ (Smoothing Capacitor: Filter Capacitor) มีความสำคัญมากเพราะจะช่วยให้ไฟ ดี.ซี. ที่เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส จ่ายได้อย่างต่อเนื่อง เรียบ (Smooth) ไม่เป็นคลื่น ทำให้แรงดัน ดี.ซี. ที่ได้จากการเรียงกระแสมีคุณภาพใกล้เคียงกับแรงดัน ดี.ซี. ที่ได้มาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แบตเตอรี่ การกรองด้วยตัวเก็บประจุ



นี้ ทำไฟฟ้าโดยใช้ตัวเก็บประจุ (C) ต่อขนาดที่โหลดหรือที่เอาต์พุตของวงจร ดัง รูปที่

2-6

รูปที่ 2-6 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นและวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ

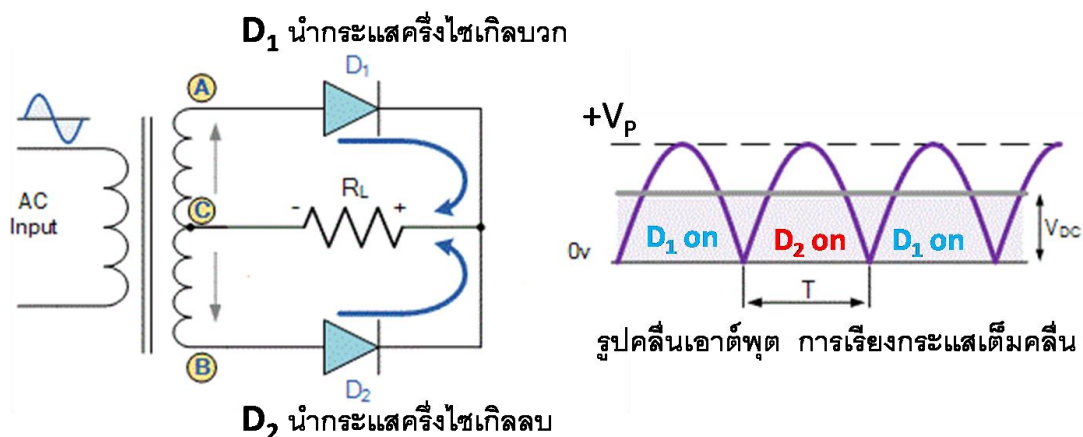
ตัวเก็บประจุ (C) จะเกิดการเก็บประจุ (Charge) ในช่วงที่แรงดันเอาต์พุตสูงกว่าค่าแรงดันตกคร่อม C และ C จะคายประจุ (Discharge) ในช่วงที่แรงดันเอาต์พุตต่ำกว่าค่าแรงดันสูงสุด (V_p) การเก็บประจุและคายประจุของ C ตัวนี้ จะทำให้รูปคลื่นเอาต์พุตเรียบขึ้น จึงเรียกตัวเก็บประจุ (C) ที่ทำหน้าที่นี้ว่า Smoothing Capacitor หรือ Filter Capacitor เมื่อเปรียบเทียบระหว่างรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น ที่มี C ต่ออยู่กับที่ไม่มี C ต่ออยู่จะเห็นว่า ต่างกันและทำให้ค่าแรงดัน ดี.ซี. เอาต์พุต ต่างกันด้วย วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นที่มี C ต่ออยู่จะมี V_{DC} มากกว่า แบบที่ไม่มี C ต่ออยู่ และจะมีค่าแรงดัน V_{DC} เกือบเท่ากับค่า V_p

2-5 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เอ.ซี. 1 เฟส จะมี 2 แบบ คือ (1) วงจรเรียงกระแสมีหม้อแปลงแทปกลาง (ใช้ไดโอด 2 ตัว) (2) วงจรบริดจ์ (ใช้ไดโอด 4 ตัว)

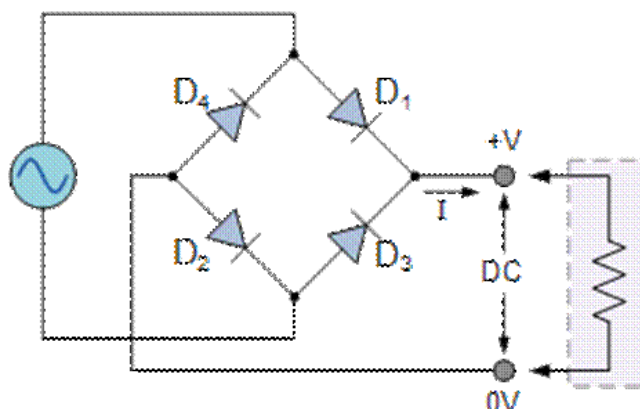
2-5-1 วงจรเรียงกระแสมีหม้อแปลงแทปกลาง (Full-Wave Rectifier with Tapping Transformer)

วงจรนี้แสดงในรูปที่ 2-7 จะได้ไดโอด 2 ตัว และหม้อแปลงแทปกลาง 1 ตัว หม้อแปลงนี้จะต้องมีแรงดันด้านทุติยภูมิเท่ากัน ($V_{AC} = V_{BC}$) ไดโอด D_1 จะทำงานเมื่อ V_{AC} อยู่ในครึ่งไซเคิลบวก และไดโอด D_2 จะทำงานเมื่อ V_{BC} อยู่ในครึ่งไซเคิลลบ ทำให้แรงดันเอาต์พุตที่ได้มาจากไดโอด 2 ตัว เรียงกัน จึงมีรูปคลื่นเป็นแบบเต็มคลื่น และค่า V_{DC} ของวงจรเต็มคลื่นจะมีค่าสูงกว่าแบบครึ่งคลื่นเป็น 2 เท่า ($V_{DC} \text{ เต็มคลื่น} = 2 \times V_{DC} \text{ ครึ่งคลื่น}$)



2-5-2 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Full-Wave Bridge Rectifier)

วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ จะไม่ต้องใช้หม้อแปลงแทปกลาง ซึ่งมีข้อดีมากกว่า เพราะหม้อแปลงแทปกลางจะมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากกว่าหม้อแปลงที่ไม่มีแทปกลาง เพราะว่ามีขดลวดมากกว่า ดังนั้น การใช้วงจรบริดจ์จะลดค่าใช้จ่ายและ ลดขนาดของวงจรได้มากกว่า วงจรบริดจ์ แสดงในรูปที่ 2-8 ซึ่งประกอบด้วย ไดโอดเรียงกระแส 4 ตัว เอาต์พุตของมันจึงเกิดจากการทำงานไดโอด ครึ่งละ 2 ตัว สลับกันทุกครึ่งไซเคิล

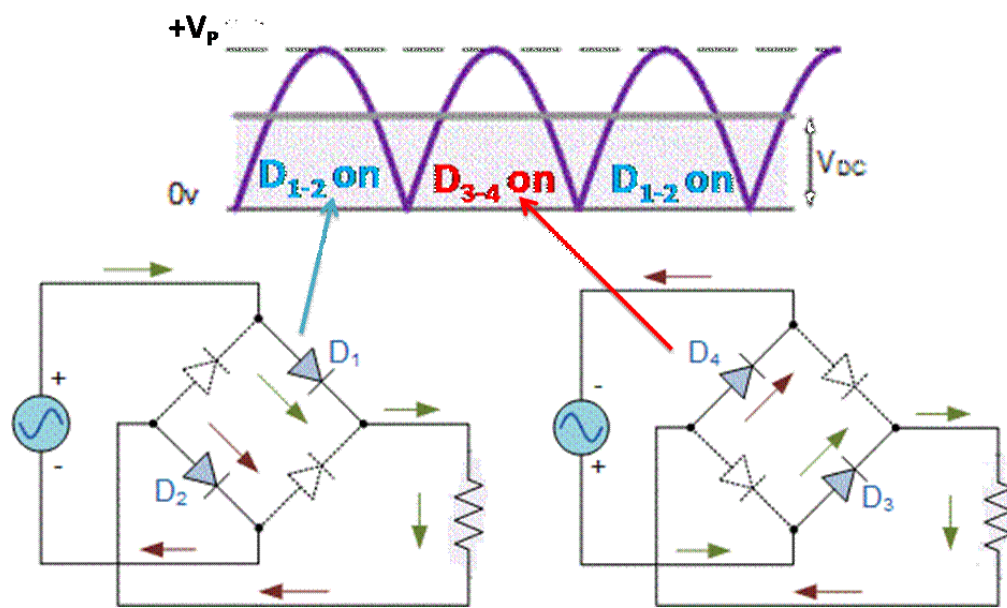


รูปที่ 2-8 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

การทำงานของวงจรเรียงกระแสบริดจ์อธิบายดังรูปที่ 2-9

(1) เมื่อ D_1 และ D_2 นำกระแส (D_{1-2} on) ในช่วงครึ่งไซเคิลบวก (+) ของแรงดันอินพุต จะได้รับคลื่นเอาต์พุต เป็นครึ่งคลื่นในส่วนที่ 1

(2) เมื่อ D_3 และ D_4 นำกระแส (D_{3-4} on) ไดโอด D_1 และ D_2 จะไม่นำกระแส (OFF) กระแสจะไหลผ่านไปที่โหลดในทิศทางเดิม ทำให้ได้เอาต์พุตครึ่งคลื่นในช่วงที่ 2 ของไซเคิล



รูปที่ 2-9 การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

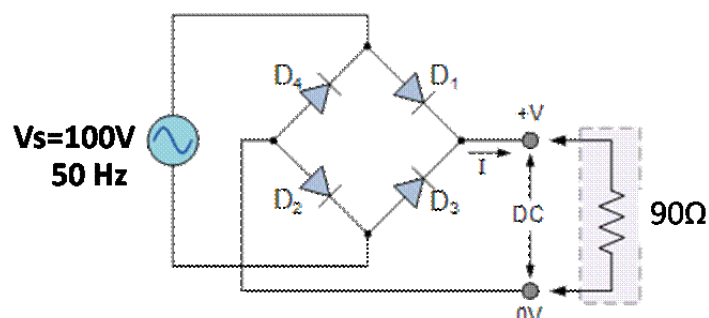
การคำนวณค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$V_{DC} = V_{AVE} = \frac{2V_P}{\pi} = 0.636 V_P$$

$$V_{DC} = V_{AVE} = 0.9 V_{RMS}$$

ตัวอย่างที่ 2-2 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ ดังรูปที่ 2-10 จงหาค่าของ V_{DC} และ I_{DC} เมื่อ $R_L = 90\Omega$

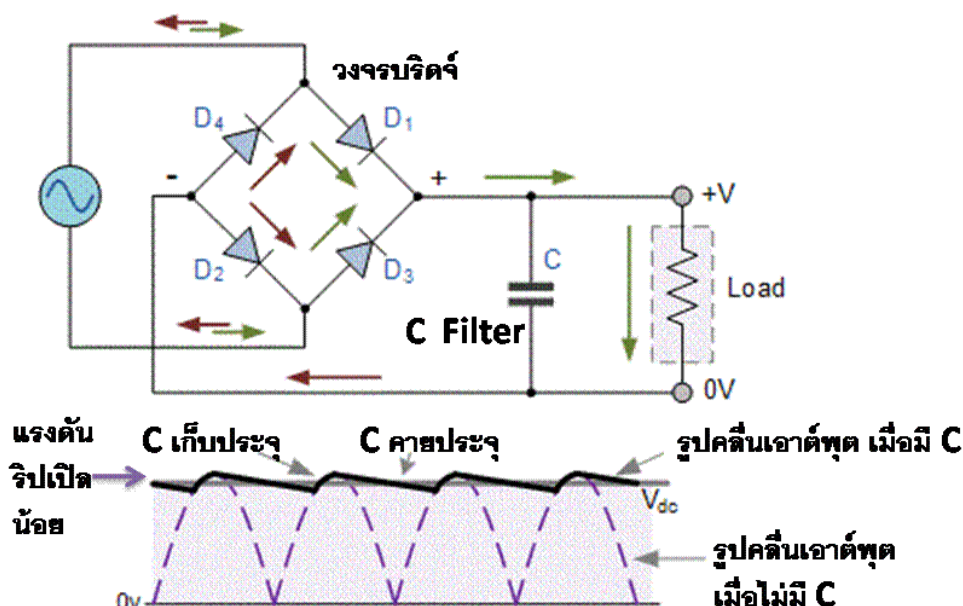
รูปที่ 2-10



วิธีทำ	V_{DC}	=	$0.636 V_p$
	V_p	=	$\sqrt{2} \times 100V = 141.4 V$
	V_{DC}	=	$0.636 \times 141.4 V$
	V_{DC}	=	$90 V$
ตอบ	I_{DC}	=	$\frac{V_{DC}}{R_L} = \frac{90V}{90\Omega} = 1A$

2-5-3 วงจรกระแสเต็มคลื่นและวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ

เมื่อต่อตัวเก็บประจุ (C) ที่เอาต์พุตเพื่อกรองให้รูปคลื่นเอาต์พุตที่เรียบและมีกระแสไหลผ่านโหลดอย่างต่อเนื่อง ต่อวงจรได้ดังรูปที่ 2-11 จะเห็นว่าคลื่น ดี.ซี. เอาต์พุตของวงจรจะเรียบมากขึ้น ใกล้เคียงกับเส้นตรง ซึ่งเป็นข้อดีเพราะวิธีนี้จะทำให้ค่าแรงดันริปเปิล (Ripple) ที่เอาต์พุตลดลง (แหล่งจ่าย ดี.ซี. ที่ดีนั้น ต้องไม่มีค่าแรงดันริปเปิล : ริปเปิล = 0) โดยทั่วไปค่า C นี้จะต้องมีค่าสูงมากกว่า $100\mu F$ จึงจะสามารถทำให้ ดี.ซี. เรียบเป็นเส้นตรงได้ แต่ก็ต้องเลือก C ที่ทนแรงดันใช้งานได้สูงกว่าค่าแรงดันสูงสุด (V_p) อีกด้วย เช่น ถ้า V_p ของแหล่งจ่ายเท่ากับ 100 V ควรเลือก C ที่มีค่า $100\mu F$ 150 V เป็นต้น

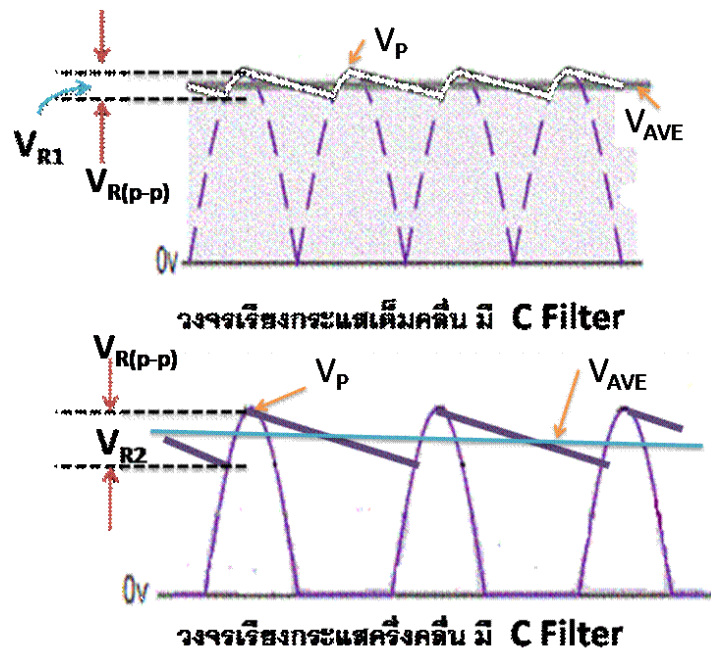


รูปที่ 2-11 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นและวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ

2-6 แรงดันริปเปิล (Ripple Voltage)

แรงดันริปเปิล คือ คลื่นของแรงดัน เอ.ซี. ที่ปะปนออกมายังรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส เป็นคลื่นแรงดันที่ไม่เรียบ (ซึ่งในการแปลงไฟสลับเป็นไฟตรง ไม่ต้องการหรือต้องการให้มีคลื่นนี้น้อยที่สุด)

ดังนั้นแรงดันริปเปิลจึงควรถูกขจัดออกไป จากเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส วิธีการจัดทำได้โดยการใช้อุปกรณ์กรองให้เรียบนั่นเอง รูปคลื่นแรงดันริปเปิลและค่าของมันในวงจรแบบครึ่งคลื่น จะมีมากกว่าวงจรเต็มคลื่น ดังแสดงเปรียบเทียบไว้ในรูปที่ 2-12



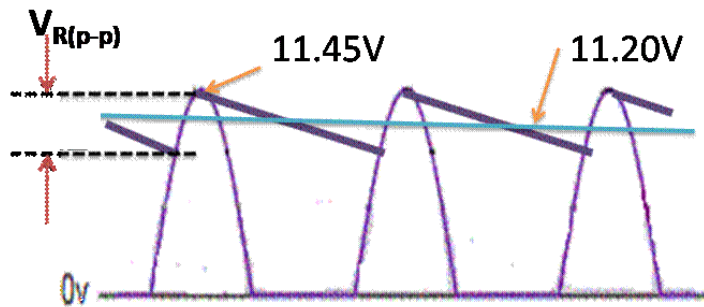
รูปที่ 2-12 แรงดันริปเปิลของการเรียงกระแสครึ่งคลื่นและเต็มคลื่น

จากรูป 2-12 จะเห็นว่า ค่า $V_{R2} > V_{R1}$ และค่า $V_{R(p-p)}$ (Ripple voltage peak to peak) หาได้จากสมการ

$$V_{R(p-p)} = 2V_P - V_{AVE}$$

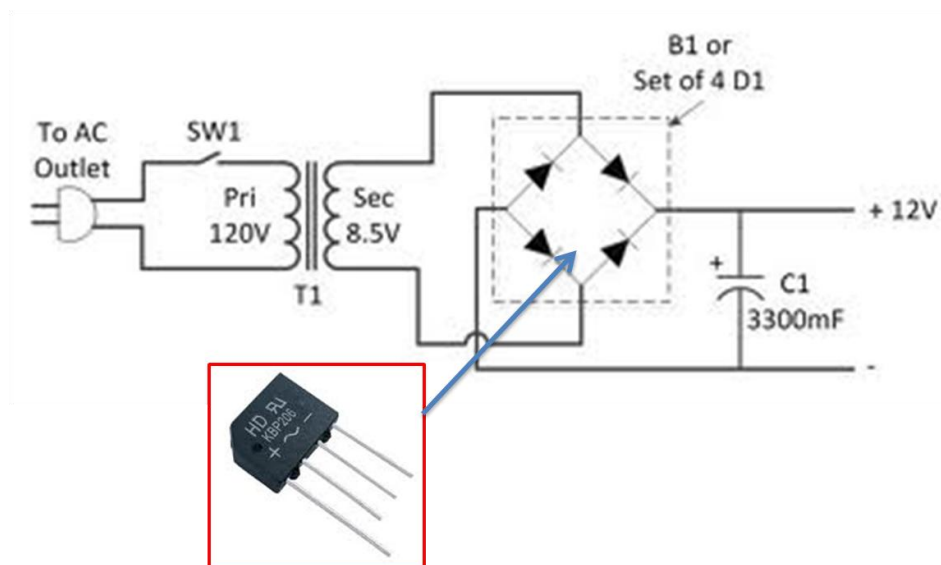
- เมื่อ $V_{R(p-p)}$ คือ แรงดันริปเปิล (P-P)
 V_P คือ ค่าแรงดันเอาต์พุตสูงสุด
 V_{AVE} คือ ค่าแรงดันเฉลี่ยที่โหลด (แรงดัน ดี.ซี.)

ตัวอย่างที่ 2-3 จากรูปต่อไปนี้จะคำนวณหาค่าของแรงดันรีปเปิล ($V_{R(P-P)}$)



วิธีทำ $V_{R(P-P)} = 2 V_P - V_{AVE}$
 $= 2 (11.45 - 11.20)V$

ตอบ $V_{R(P-P)} = 0.50 V$



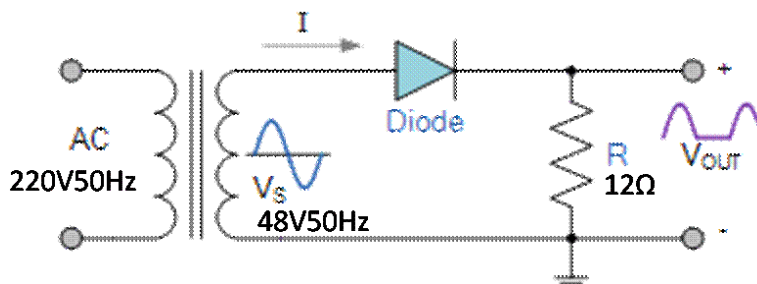
แบบฝึกหัดเรื่องวงจรเรียงกระแส

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับวงจรเรียงกระแส

- ก. แปลงไฟ ดี.ซี. เป็น เอ. ซี.
- ข. แปลงไฟสลับเป็นไฟตรง
- ค. แปลงไฟตรงเป็นไฟสลับ
- ง. แปลงไฟ ดี.ซี. เป็น ดี.ซี.

จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 2 ถึง 4



2. จงหาค่า V_p ของแรงดัน V_s

- ก. 33.94 V
- ข. 48.0 V
- ค. 311.1 V
- ง. 67.87 V

3. จงหาค่า V_{DC} ที่เอาต์พุต เมื่อไม่คิดแรงดันตกคร่อมไดโอด

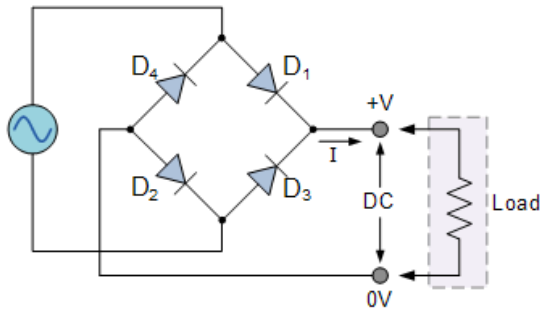
- ก. 21.58 V
- ข. 15.26 V
- ค. 10.79 V
- ง. 42.86 V

4. จงหาค่า V_p ที่เอาต์พุต เมื่อไดโอดมีแรงดันตกคร่อม 0.6 V

- ก. 54.12 V
- ข. 47.3 V
- ค. 66.38 V
- ง. 67.27 V

5. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับ Smoothing Capacitor

- ก. ทำให้กระแสไหลต่อเนื่อง
- ข. ทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าสูงขึ้นมากกว่า เมื่อไม่มี C
- ค. ทำให้รูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสเรียบขึ้น
- ง. ถูกทุกข้อ



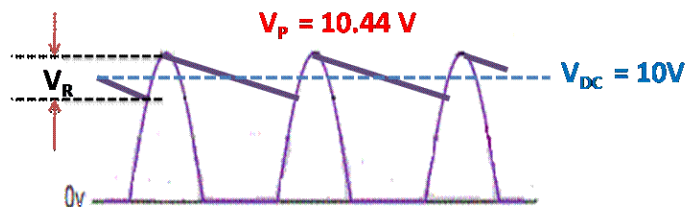
6. จากรูปด้านซ้าย ในครึ่งวัฏจักรลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับไดโอดตัวใดทำงาน

- ก. $D_4 - D_3$
- ข. $D_1 - D_2$
- ค. $D_1 - D_4$
- ง. $D_2 - D_4$

7. วงจรในรูป 6 คือข้อใด

- ก. วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น
- ข. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น
- ค. วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์
- ง. วงจรเรียงกระแสมีหม้อแปลงแทปกกลาง

8. จากรูปข้างล่างนี้จงคำนวณหาค่าแรงดันริปเปิล ($V_{R(P-P)}$)



- ก. V_{P-P}
- ข. V_{P-P}
- ค. V_{P-P}
- ง. V_{P-P}

9. จากรูปที่ 2-15 เป็นรูปคลื่นของข้อใด

- ก. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น ไม่มีวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ
- ข. วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์มีวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ
- ค. วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น
- ง. วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น มีวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ

10. วงจรเรียงกระแสที่มีวงจรกรองด้วยตัวเก็บประจุ ค่า C ในข้อใดที่จะทำให้แรงดันเอาต์พุตเรียบ มากที่สุด

ก. $1000\mu\text{F}$

ข. $500\mu\text{F}$

ค. $100\mu\text{F}$

ง. $50\mu\text{F}$

