บทที่ 1
เรกติไฟเออร์ (Rectifier)

ไฟฟ้ากระแสตรงมีความสำคัญและจำเป็นสำหรับงานทางอิเล็กทรอนิกส์อยู่มาก ในงานแต่ละอย่างความต้องการของกระแสและแรงดันไฟตรงจึงมีค่าต่างๆ กัน ทำให้วงจรที่ใช้แปลงไฟกระแสสลับให้เป็นกระแสตรง (Rectifier) ต้องมีหลายชนิดหลายแบบเพื่อเหมาะสมกับงานชนิดต่างๆ นอกจากนี้ความราบเรียบสม่ำเสมอของแรงดันและกระแสก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องพิจารณาในการนำเอาวงจรไปใช้งาน

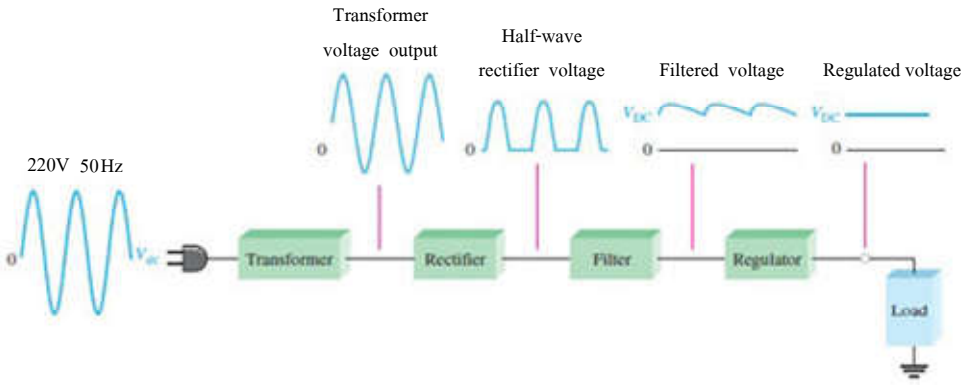
ในบทนี้จะกล่าวถึง วงจรเรกติไฟเออร์ หลักการทำงานของวงจรเรกติไฟเออร์ การคำนวณค่าแรงดันเฉลี่ย และการประยุกต์ใช้งานวงจรเรกติไฟเออร์ เพื่อเป็นพื้นฐานในการออกแบบวงจรจ่ายไฟตรงให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป

1.1 พื้นฐานวงจรแหล่งจ่ายไฟตรง

แหล่งจ่ายไฟตรงมีความสำคัญกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นเครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องขยายเสียง เครื่องคอมพิวเตอร์หรือในห้องปฏิบัติการ ล้วนแล้วแต่ต้องอาศัยการแปลงไฟแทบทั้งนั้นดังภาพที่ 1 แสดงเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องที่ต้องการไฟตรงมาทำการจ่ายให้กับวงจรภายใน วงจรแปลงไฟหรือที่ถูกเรียกว่าวงจรเรกติไฟเออร์ (Rectifier) คือวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง จากภาพที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการเปลี่ยนจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ปัจจุบันมีการนำเอาเซมิคอนดัคเตอร์ไดโอดมาใช้เนื่องจากคุณสมบัติที่ดี ราคาที่ถูก และมีขนาดที่เล็ก

วงจรเรกติไฟเออร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ 1. วงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น (Half wave rectifier) 2. วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น (Full wave rectifier) และ3. วงจรเรกติ-ไฟเออร์แบบบริดจ์ (Bridge rectifier)

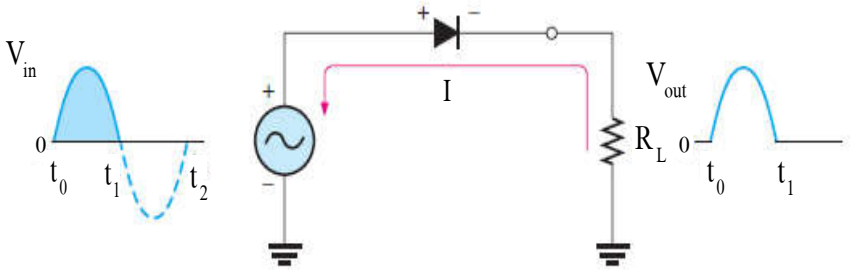
ภาพที่ 1.1 เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการไฟตรงมาจ่ายให้กับวงจรภายใน



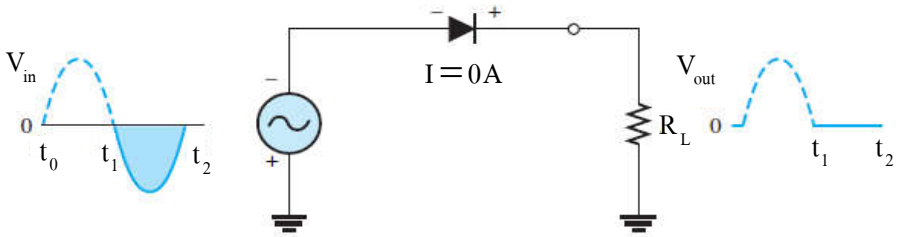
ภาพที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมการเปลี่ยนจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
ที่มา (Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 45)

1. วงเรกติไฟเออร์ครึ่งคลื่น (Half wave rectifier)

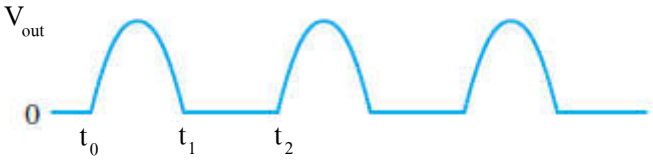
จากภาพที่ 1.3 เรียกกระบวนนี้ว่าการเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น โดยไดโอดจะถูกต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ และตัวต้านทาน R_L จะถูกต่อเป็นโหลดของวงจร เมื่อแรงดัน V_{in} ถูกป้อนเข้ามาที่ขั้วของไดโอดแรงดันในช่วงบวก $t_0 - t_1$ สามารถผ่านไดโอดไปได้ จึงทำให้มีแรงดันรูปคลื่นบวก $t_0 - t_1$ ออกไปตกคล่อม R_L ทางเอาต์พุต แต่เมื่อแรงดัน V_{in} ถูกป้อนเข้ามาที่ขั้วของไดโอดแรงดันในช่วงลบ $t_1 - t_2$ ไม่สามารถผ่านไดโอดไปได้จึงทำให้ไม่มีแรงดันรูปคลื่นลบ $t_1 - t_2$ ออกไปตกคล่อม R_L ทางเอาต์พุตดังภาพที่ 1.4



ภาพที่ 1.3 วงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นที่ทำงานในช่วงบวกของแรงดันอินพุต
(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 46)



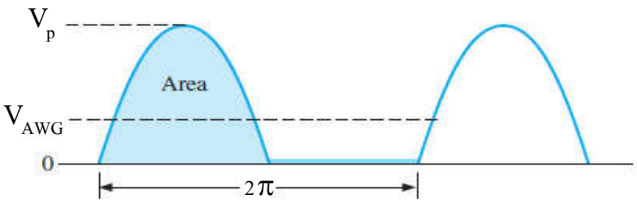
ภาพที่ 1.4 วงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นที่ทำงานในช่วงลบของแรงดันอินพุต
(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 46)



ภาพที่ 1.5 คลื่นทางเอาต์พุตของวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นที่อินพุต 3 ไซเคิล
(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 46)

จากภาพที่ 1.4 เมื่อแรงดัน V_{in} ที่เป็นลบเข้ามาที่อินพุตของไดโอดจะทำให้ไดโอดอยู่ในสภาวะไม่นำกระแส ผลที่ได้ก็คือจะทำให้มีรูปคลื่นที่เป็นบวกออกทางเอาต์พุตเท่านั้น ค่าความถี่จะมีค่าเท่ากับค่าความถี่ที่ถูกป้อนเข้ามาที่อินพุต V_{in} ของวงจร

ค่าเฉลี่ยของแรงดันขาออกของวงจรเรกติไฟเออร์ครึ่งคลื่น (Average Value of the Half-Wave output Voltage ; AVG) แรงดันไฟฟ้าขาออกของวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นวัดด้วยโวลต์มิเตอร์แบบดีซี จะเป็นการหาค่าภายใต้เส้นโค้งในวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นดังภาพที่ 1.6

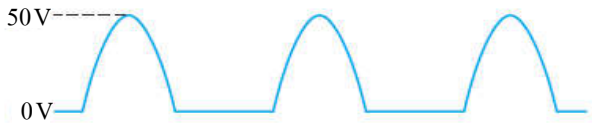


ภาพที่ 1.6 ค่าแรงดันเฉลี่ยขาออกของวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น
(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 47)

ผลจากภาพที่ 1.6 สามารถเขียนสมการข้างล่าง ซึ่ง V_p คือค่าสูงสุดของแรงดันไฟฟ้า สมการนี้แสดงให้เห็นว่า V_{AVG} จะมีค่าประมาณ 31.8% ของ V_p ค่าแรงดันเฉลี่ยของวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นสามารเขียนเป็นสมการได้

$$V_{AVG} = \frac{V_p}{\pi}$$

ตัวอย่าง ให้หาค่า V_{AVG} ของวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นจากภาพที่ 1.7



ภาพที่ 1.7 วงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น

วิธีทำ

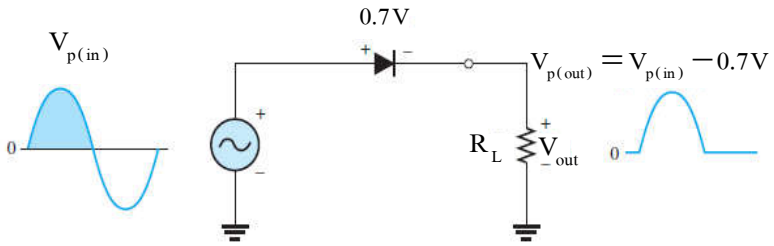
$$V_{AVG} = \frac{V_p}{\pi} = \frac{50\text{V}}{\pi} = 15.9\text{V}$$

ถ้าคิดค่า V_{AVG} ที่ 31.8 % จะได้ $\frac{31.8}{100} \times 50\text{V} = 15.9\text{V}$

ผลกระทบต่อค่าแรงดันเอาต์พุตเมื่อนำไดโอดมาต่อเป็นวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น

จากคุณสมบัติของไดโอดที่เมื่ออยู่ในสภาวะนำกระแสจะเกิดแรงดันตกคล่อมที่ตัวของไดโอดอยู่ที่ 0.7V จากภาพที่ 1.8 ที่ลูกคลื่นช่วงบวกของแรงดันอินพุต $V_{p(in)}$ ถูกป้อนเข้ามาที่ขั้วแอโนดซึ่งส่งผลให้เอาต์พุตของวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นมีค่าสูงสุดที่ 0.7 V น้อยกว่าค่าสูงสุดของอินพุตดังแสดงในภาพที่ 1.8 ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ตกคล่อม R_L สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

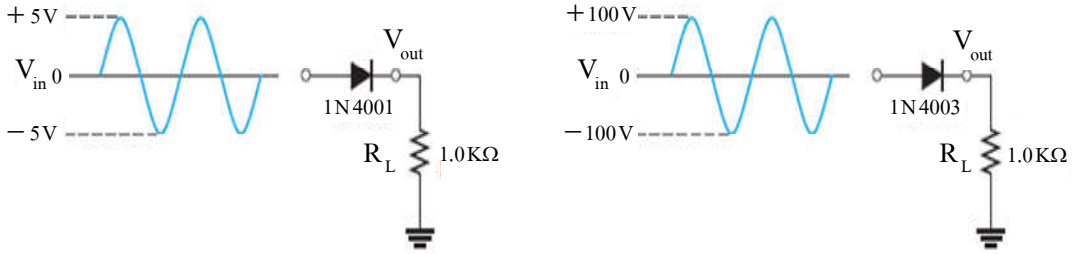
$$V_{p(out)} = V_{p(in)} - 0.7\text{V}$$



ภาพที่ 1.8 ผลกระทบต่อค่าแรงดันเอาต์พุตเมื่อนำไดโอดมาต่อเป็นวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น

(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 47)

ตัวอย่าง จากวงจรในภาพที่ 1.9 ให้หาค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น โดยใช้โอดเบอร์ 1N4001 และเบอร์ 1N4003



ก) ไดโอดเบอร์ 1N4001 ข) ไดโอดเบอร์ 1N4003

ภาพที่ 1.9 วงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นใช้โอดเบอร์ 1N4001 และเบอร์ 1N4003

วิธีทำ ค่าแรงดันเอาต์พุตสูงสุดของวงจรในภาพที่ 1.9 ก)

$$V_{p(out)} = V_{p(in)} - 0.7V = 5V - 0.7V = 4.30V$$

ค่าแรงดันเอาต์พุตสูงสุดของวงจรในภาพที่ 1.9 ข)

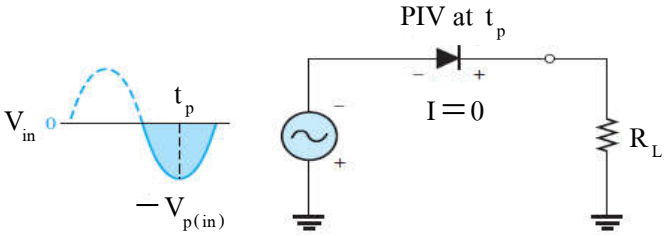
$$V_{p(out)} = V_{p(in)} - 0.7V = 100V - 0.7V = 99.3V$$

ก) แรงดันเอาต์พุตไดโอดเบอร์ 1N4001 ข) แรงดันเอาต์พุตไดโอดเบอร์ 1N4003

ภาพที่ 1.10 ค่าแรงดันเอาต์พุตสูงสุดที่ตกคล่อม R_L 1KΩ ของโอดเบอร์ 1N4001 และเบอร์ 1N4003

ค่าแรงดันย้อนกลับสูงสุด(Peak Inverse Voltage ; PIV)

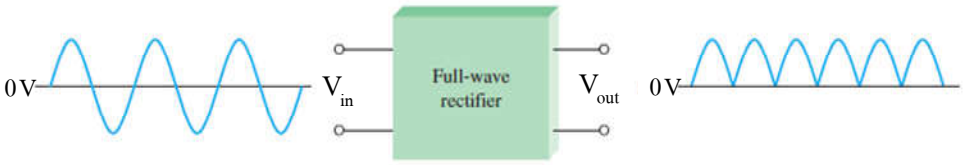
ค่าแรงดันย้อนกลับสูงสุด (Peak Inverse Voltage ; PIV) จะมีค่าเท่ากับค่าสูงสุดของแรงดันอินพุต ($V_{(in)}$ ของวงจรและไดโอดสามารถทนต่อแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับนี้ซ้ำๆ ได้ ดังภาพที่1.11 ค่าสูงสุดของแรงดันย้อนกลับซึ่งกำหนดให้เป็น PIV จะเกิดขึ้นที่จุดสูงสุดของลูกคลื่นทางลบของแรงดันไฟฟ้าขาเข้า เมื่อไดโอดถูกไบอัสกลับกลับควรมีค่าอย่างน้อย 20% ของค่า PIV



ภาพที่ 1.11 การเกิดขึ้นของค่า PIV ในวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น
(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 49)

2 วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier)

การเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นจะเป็นการเรียงกระแสแบบทิศทางเดียว โดยกระแสจะไหลผ่านโหลดครบ 360° ของอินพุตในหนึ่งไซเคิล ในขณะที่วงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นจะเห็นว่ากระแสที่ไหลผ่านโหลดจะได้เพียงครึ่งคลื่น 180° เท่านั้น ทำให้การเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นมีความถี่เป็นสองเท่าของการเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นจากภาพที่ 1.12



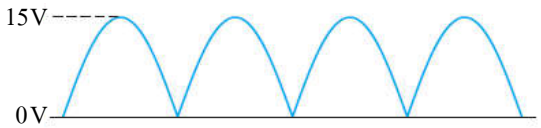
ภาพที่ 1.12 บล็อกไดอะแกรมของการเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น
(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 51)

จำนวนของลูกคลื่นทางด้านบวกของวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นจะเป็นสองเท่าของวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นในเวลาเดียวกัน ค่าเฉลี่ยซึ่งเป็นค่าที่วัดได้จากโวลต์มิเตอร์แบบดีซี สำหรับแรงดันไฟฟ้าแบบเต็มคลื่นเป็นสองเท่าของครึ่งคลื่นตามที่แสดงในสมการต่อไปนี้

$$V_{AVG} = \frac{2V_p}{\pi}$$

โดยค่า V_{AVG} จะมีค่าประมาณ 63.7% ของแรงดันจากวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น

ตังอย่าง ให้หาค่าปริมาณแรงดันเฉลี่ยของวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นจากภาพที่ 1.13



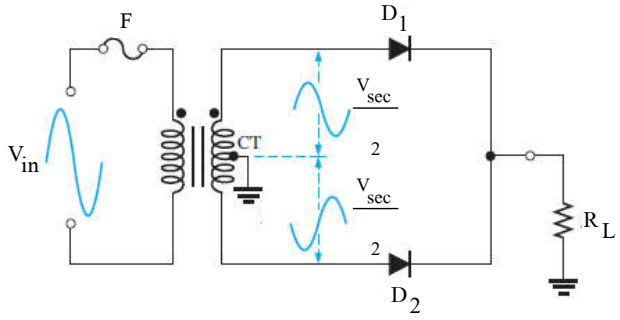
ภาพที่ 1.13 รูปคลื่นของวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น

วิธีทำ จากสมการ $V_{AVG} = \frac{2V_p}{\pi} = \frac{2(15V)}{\pi} = 9.55V$

V_{AVG} จะมีค่า 63.7% ของค่า V_p

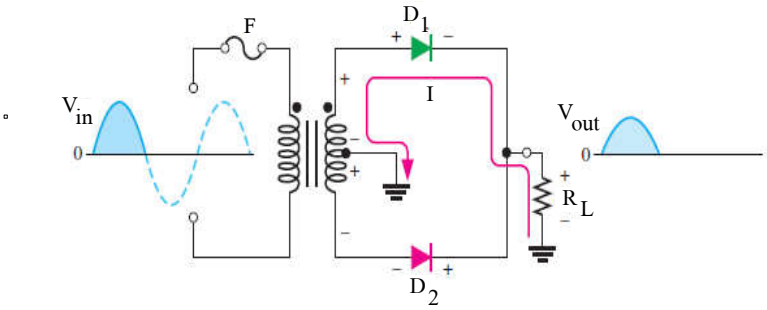
การทำงานของวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นโดยใช้หม้อแปลงแบบเซ็นเตอร์แท็ป

การเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นโดยใช้หม้อแปลงแบบเซ็นเตอร์แท็ป จะมีการใช้ไดโอดสองตัวในการต่อทางด้านขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงแบบเซ็นเตอร์แท็ปดังแสดงในภาพที่ 1.14แรงดันอินพุตจะถูกส่งเข้าขดลวดปฐมภูมิผ่านหม้อแปลงไปยังขดลวดทุติยภูมิ ค่าแรงดันที่ขดลวดทุติยภูมิจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่ง ที่ปรากฏขึ้นระหว่างเซ็นเตอร์แท็ปกับปลายแต่ละด้านของขดลวดทุติยภูมิ

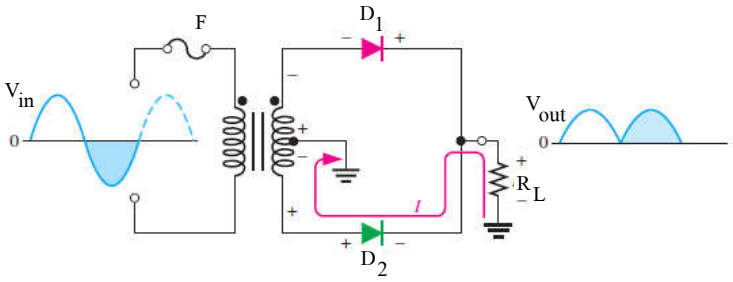


ภาพที่ 1.14 วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นโดยใช้หม้อแปลงแบบเซ็นเตอร์แท็ป
(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 52)

จากภาพที่ 1.15 ก) พิจารณาลูกคลื่นช่วงบวกที่ป้อนเข้ามาที่ขดลวดปฐมภูมิผ่านหม้อแปลงไปยังขดลวดทุติยภูมิ ไดโอด D_1 สภาวะไบแอสตรงและ D_2 จะถูกไบแอสกลับ กระแสสามารถที่จะไหลผ่าน D_1 ไปยังโหลด R_L ได้ จากภาพที่ 1.15 ข) ไดโอด D_1 สภาวะไบแอสกลับและ D_2 จะถูกไบแอสตรง กระแสสามารถที่จะไหลผ่าน D_2 ไปยัง R_L การเกิดขึ้นของของแรงดันที่ตกคล่อม R_L จะเป็นลักษณะเต็มคลื่นดังภาพ ข)



ก) ระหว่างลูกคลื่นช่วงบวก D_1 ถูกไบแอสตรงและ D_2 ถูกไบแอสกลับ



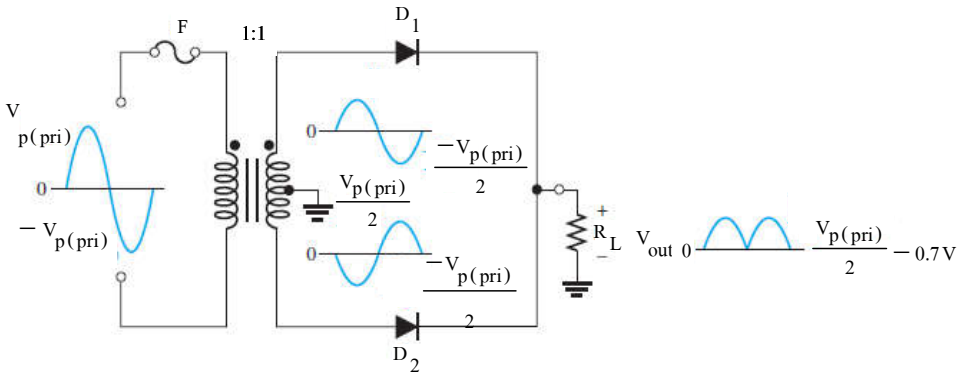
ข) ระหว่างลูกคลื่นช่วงลบ D_1 ถูกไบแอสกลับและ D_2 ถูกไบแอสตรง

ภาพที่ 1.15 พื้นฐานการทำงานของวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบเซ็นเตอร์แท็ป โดยมีตัวต้านทาน R_L เป็นโหลดของวงจร

(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 52)

ผลกระทบแรงดันเอาต์พุตของอัตราส่วนของขดลวด

ถ้าหม้อแปลงมีอัตราส่วนของขดลวดเท่ากับหนึ่งของค่าแรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าแรงดันอินพุตปฐมภูมิดังภาพที่ 1.16 ค่าแรงดันที่ตกคล่อม R_L จะมีค่าเท่ากับหรือค่าแรงดันตกคล่อมขดลวดทุติยภูมิจะมีค่าเท่ากับ $V_p(sec) = V_p(pri)$

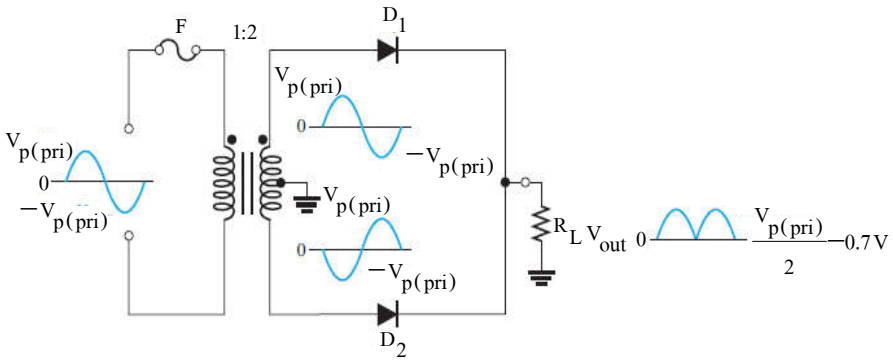


ภาพที่ 1.16 วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นใช้หม้อแปลงที่มีอัตราส่วนเท่ากับหนึ่ง

(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 53)

จากภาพที่ 1.17 เป็นหม้อแปลงแบบแปลงขึ้นมีอัตราส่วนของขดลวดเท่ากับสอง ค่าผลรวมของแรงดันขดลวดทุติยภูมิ (V_{sec})จะมีค่าเป็นสองเท่าของแรงดันขดลวดปฐมภูมิ ($2V_{pri}$)ในส่วนของแรงดันเอาต์พุตที่ตกคล่อม R_L จะมีค่าเท่ากับ

$$V_{out} = \frac{V_{sec}}{2} - 0.7V$$



ภาพที่ 1.17 วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นมีอัตราส่วนของหม้อแปลงเท่ากับสอง (Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 53)

ค่าแรงดันย้อนกลับสูงสุด (Peak Inverse Voltage; PIV)

เป็นค่าแรงดันสูงสุดเมื่อไดโอดอยู่ในสภาวะการไบแอสกลับ ของแรงดันสูงสุดทางด้านขดลวดทุติยภูมิ $V_{p(sec)}$ ดังแสดงในภาพที่ 1.17 เมื่อ D_2 ถูกไบแอสกลับและ D_1 ถูกไบแอสตรง เมื่อ V_{sec} เป็นค่าแรงดันของขดลวดทุติยภูมิแรงดันสูงสุดที่ขาแอโนด D_1 เท่ากับ $+\frac{V_{p(sec)}}{2}$ และค่าแรงดันสูงสุดที่ขาแอโนด D_2 เท่ากับ $-\frac{V_{p(sec)}}{2}$

สามารถเขียนเป็นสมการได้

$$PIV = \left(\frac{V_{p(sec)}}{2} - 0.7V\right) - \left(-\frac{V_{p(sec)}}{2}\right) = \frac{V_{p(sec)}}{2} + \frac{V_{p(sec)}}{2} - 0.7V$$

$$PIV = V_{p(sec)} - 0.7V$$

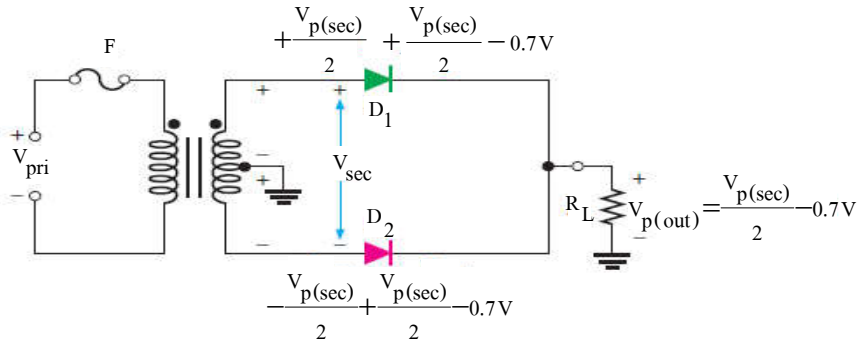
เมื่อ

$$V_{p(out)} = \frac{V_{p(sec)}}{2} - 0.7V$$

ในวงจรในภาพที่ 1.18 ใช้ไดโอดสองตัวสามารเขียนเป็นสมการได้

$$V_{p(sec)} = 2V_{p(out)} + 1.4V$$

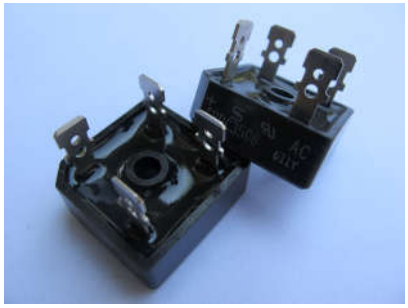
$$\therefore \quad PIV = 2V_{p(out)} + 0.7V$$



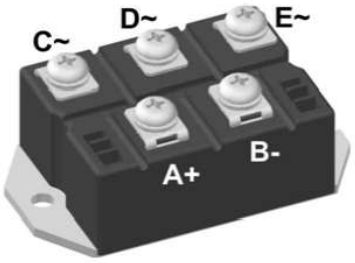
ภาพที่ 1.18 ไดโอดถูกไบแอสกลับ (D_2 ถูกไบแอสกลับและ D_1 ถูกไบแอสตรง)
(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 53)

3 วงจรเรกติไฟเออร์แบบบริดจ์ (Bridge Rectifier)

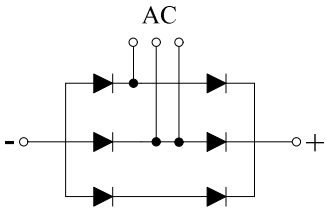
วงจรเรกติไฟเออร์แบบบริดจ์เป็นที่นิยมใช้กันมาก จึงมีการผลิตมาในรูปแบบสำเร็จรูปขึ้นมาเพื่อความสะดวกในการใช้งาน โดยมีโครงสร้างเหมือนกับบริดจ์ที่ใช้ไดโอด 4 ตัวและถ้าเป็นวงจรที่ใช้ไฟ 3 เฟส จะต้องใช้ไดโอดเพิ่มขึ้นอีก 2 ตัวกลายเป็นไดโอดบริดจ์ 5 ขา แทนที่จะเป็นแบบ 4 ขา ดังภาพที่ 1.19 และภาพที่ 1.20



ภาพที่ 1.19 ไดโอดบริดจ์เรกติไฟเออร์แบบสำเร็จ 1 เฟส

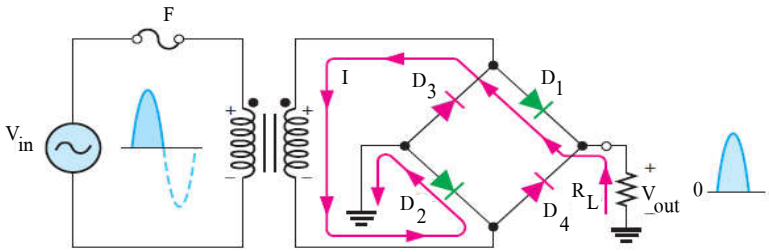


ภาพที่ 1.20 โดโอดบริดจ์เรกติไฟเออร์แบบสำเร็จ 3 เฟส

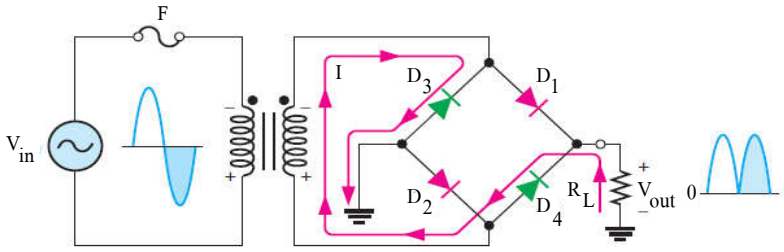


ภาพที่ 1.21 โครงสร้างภายในของโดโอดบริดจ์เรกติไฟเออร์แบบสำเร็จ 3 เฟส

วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์จะเป็นการเรียงกระแสโดยใช้ไดโอด 4 ตัวดังแสดงในภาพที่ 1.22เมื่อป้อนอินพุทลูกคลื่นช่วงบวกเข้ามาที่ขอลวดปฐมภูมิไดโอด D_1 และ D_2 ถูกไบแอสตรง ดังภาพที่ 1.22 ก) เส้นลูกศรจะแสดงการไหลของกระแสที่เกิดขึ้นในวงจร ในเวลาเดียวกัน D_3 และ D_4 จะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส



ก) ลูกคลื่นบวกถูกป้อนเข้าที่อินพุต D_1 และ D_2 ถูกไบแอสตรง D_3 และ D_4 ถูกไบแอสกลับ



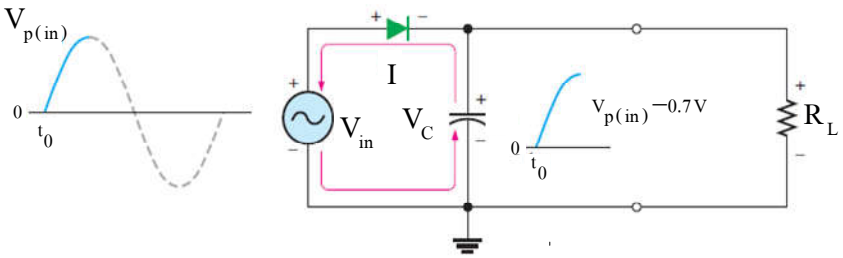
ข) ลูกคลื่นลบถูกป้อนเข้าที่อินพุต D_3 และ D_4 ถูกไบแอสตรง D_1 และ D_2 ถูกไบแอสกลับ

ภาพที่ 1.22 การทำงานของการวงจรเรกติไฟเออร์แบบบริดจ์ (Bridge Rectifier)
(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 55)

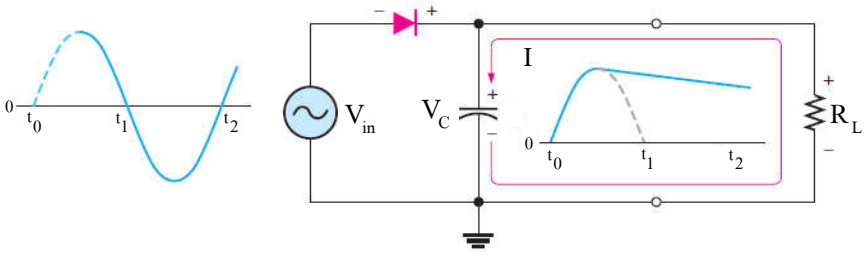
จากภาพที่ 1.22 ข) ลูกคลื่นลบถูกป้อนเข้ามาไดโอด D_3 และ D_4 จะอยู่ในสภาวะไบอัสตรงและกระแสจะไหลผ่าน R_L ได้ลูกคลื่นช่วงบวก ส่วนไดโอด D_1 และ D_2 จะถูกไบอัสกลับ แรงดันที่ตกคล่อม R_L จะเป็นแบบเต็มคลื่น

1.2 คาปาซิเตอร์กรอง (Capacitor filter)

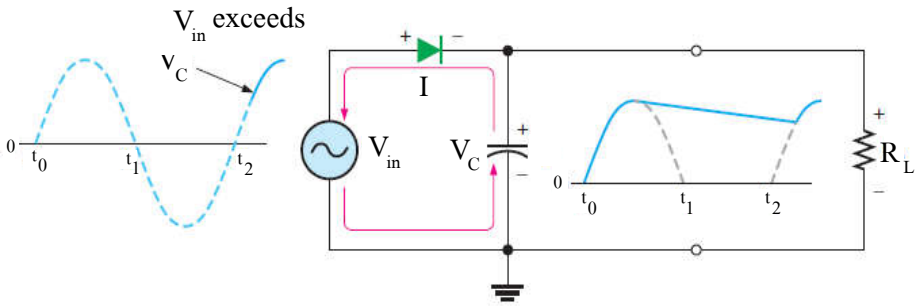
วงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นมีการทำงานร่วมกับตัวเก็บประจุโดยมีตัวต้านทาน R_L ทำหน้าที่เป็นโหลดให้กับวงจร จากวงจรจะอาศัยการเก็บประจุและคายประจุของคาปาซิเตอร์เพื่อทำให้หัวของรูปคลื่นมีความต่อเนื่องกันดังภาพที่ 1.23 ค) ภาพที่ 23 ก) เมื่อลูกคลื่นบวกถูกป้อนเข้ามาที่ไดโอด ไดโอดจะอยู่ในสภาวะนำระแสคาปาซิเตอร์จะเริ่มทำการเก็บประจุไปถึงค่าสูงสุดของลูกคลื่น จากภาพที่ 1.23 ค) คาปาซิเตอร์จะทำการคายประจุทำให้แรงดันคอยๆ ลดลงจนลูกคลื่น t_2 เข้ามาคาปาซิเตอร์ก็จะทำการเก็บประจุอีกครั้ง



ก) การเริ่มต้นการเก็บประจุของคาปาซิเตอร์เมื่อไดโอดถูกไบแอสตรง



ข) คาปาซิเตอร์คายประจุผ่าน R_L เมื่อไดโอดถูกไบแอสกลับ

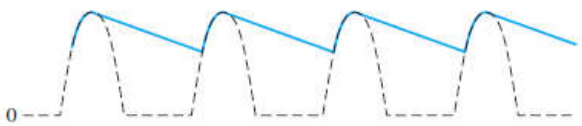


ค) คาปาซิเตอร์จะเริ่มทำการเก็บประจุอีกครั้งเมื่อไดโอดถูกไบแอสตรง

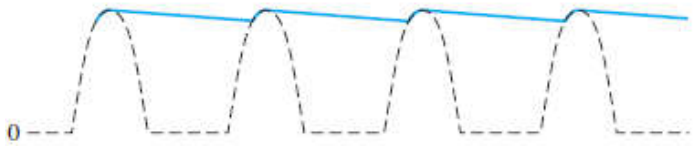
ภาพที่ 1.23 การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น กับคาปาซิเตอร์ทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบ

(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 59)

ปัจจัยการกระเพื่อม (Ripple) ของแรงดันเอาต์พุตจากวงจรเรกติไฟเออร์เมื่อทำการแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จะทำให้เกิดการกระเพื่อมของสัญญาณเมื่อมีการต่อโหลดเข้าที่เอาต์พุตของวงจร การที่จะทำให้การกระเพื่อมของแรงดันให้มีปริมาณที่ลดลงสามารถทำได้โดยการเอาตัวเก็บประจุมาใช้โดยอาศัยคุณสมบัติการเก็บประจุและคายประจุ

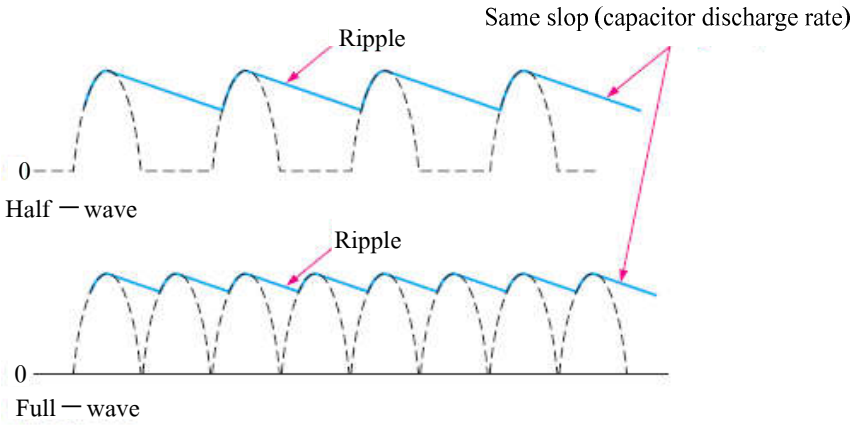


ก) การกระเพื่อมที่มากเนื่องจากการใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่าน้อย



ข) การกระเพื่อมที่น้อยลงเนื่องจากการใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่ามากขึ้น

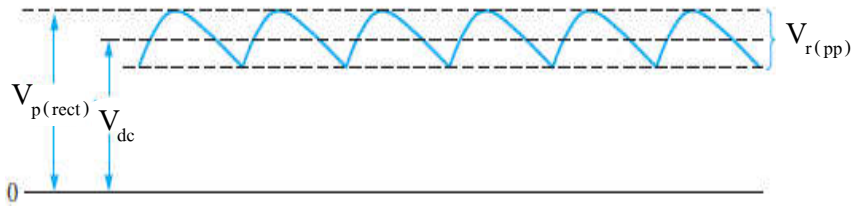
ภาพที่ 1.24 ผลกระทบของการกระเพื่อมของแรงดันเมื่อค่าตัวเก็บประจุมีการเปลี่ยนแปลง ของวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น



ภาพที่ 1.25 การเปรียบเทียบการกระเพื่อมของวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นเทียบกับวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น เมื่อใส่ตัวเก็บประจุที่มีค่าที่เท่ากันในวงจร

(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 60)

จากภาพที่ 1.25 จากการเปรียบเทียบวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นเทียบกับวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น สิ่งที่เกิดขึ้นจะเห็นว่าสโลป และระยะเวลาที่เกิดการกระเพื่อมของวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นจะมีค่าที่น้อยกว่า เนื่องจากวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นจะมีค่าความถี่เป็นสองเท่าของวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น



ภาพที่ 1.26 อัตราส่วนของการกระเพื่อม (Ripple Factor)

(Thomas L. Floyd, 2012, หน้า 60)

อัตราส่วนของการกระเพื่อม (Ripple Factor) เมื่อใส่ตัวเก็บประจุสามารถแสดงได้จากสมการ

$$r = \frac{V_r}{V_{dc}}$$

เมื่อ V_r คือ ค่าแรงดันจากยอดถึงยอดของแรงดันแรงดันกระเพื่อม

V_{dc} คือ แรงดันเฉลี่ยของแรงดันกระเพื่อม

อัตราส่วนของการกระเพื่อม (Ripple Factor) สามารถหาได้จากอัตราส่วนของค่า RMS ของปริมาณกระแสไฟฟ้าของไฟสลับต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าของไฟตรงหรือ อัตราส่วนของปริมาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับต่อปริมาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ดังสมการ

$$\text{Ripple Factor} = \frac{I_{ac}}{I_{dc}}$$

$$\text{Ripple Factor} = \frac{V_{ac}}{V_{dc}}$$

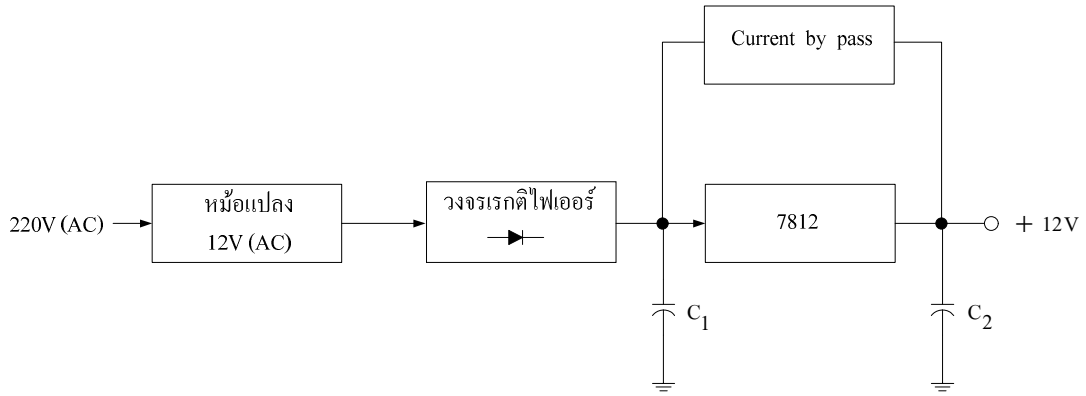
ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบของวงจรเรกติไฟเออร์ทั้ง 3 แบบ

ลำดับ	รายการ	Half-wave	Full-wave	Bridge
1	จำนวนไดโอด	1	2	4
2	ค่าประสิทธิภาพสูงสุด	40.6%	81.2%	81.2%
3	ปัจจัยการกระเพื่อม	1.21	0.48	0.48
4	ความถี่	f_{in}	$2f_{in}$	$2f_{in}$
5	แรงดันย้อนกลับสูงสุด	v_m	$2v_m$	v_m

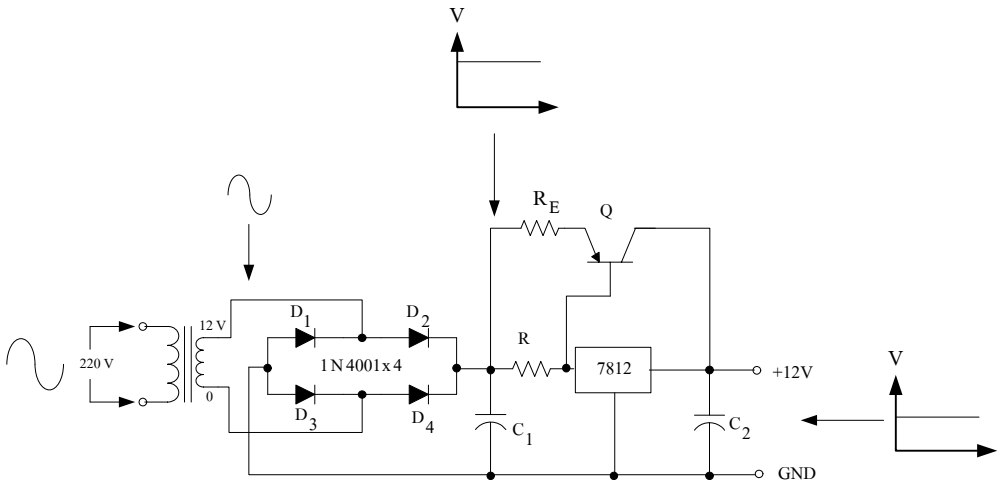
1.3 การประยุกต์ใช้งาน

วงจรเรกติไฟเออร์นั้นส่วนมากเมื่อถูกนำมาใช้งานจะทำงานร่วมกับวงจรอื่นๆ เช่น วงจรรักษาระดับแรงดันแบบค่าคงที่ตระกูล 78XX หรือ 79XX และตระกูล LM371 วงจรรักษาระดับแรงดันด้วยซีเนอร์ไดโอด เป็นต้น

ในการประยุกต์ใช้งานวงจรเรกติไฟเออร์ในบทนี้จะเป็นการนำเอาไอซีเรกกูเลเตอร์ตระกูล 78XX มาทำงานร่วมเพื่อรักษาระกับแรงดันให้คงที่ที่ 12V จากภาพที่ 1.27 บล็อกไดอะแกรมการต่อวงจรเรกติไฟเออร์ร่วมกับไอซี 7812 จากภาพเมื่อแรงดันไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ถูกป้อนเข้ามาที่อินพุตของหม้อแปลง หม้อแปลงจะทำการลดแรงดันที่เข้ามาให้เหลือแรงดันขนาด 12 โวลต์แรงดันที่ตำแหน่งนี้ยังเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ เมื่อแรงดัน 12 โวลต์ผ่านวงจรเรกติไฟเออร์จะทำการเปลี่ยนแรงดันให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง แต่แรงดันไฟตรงยังไม่เรียบพอจึงต้องนำตัวเก็บประจุ C_1 มาทำการกรองแรงดันให้เรียบ เมื่อผ่านไอซี 7812 แรงดันจะมีระดับที่คงที่ที่แรงดัน 12 โวลต์ เนื่องจากไอซี 7812 และจะมี C_2 กรองแรงดันให้เรียบอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะปล่อยออกทางเอาต์พุตดังภาพที่ 1.28 เนื่องจากไอซี 7812 สามารถให้กระแสไหลผ่านได้เพียง 1A ดังนั้นเมื่อต้องการกระแสที่มากกว่า 1A จึงจำเป็นที่จะต้องมีการสร้างชุดทางผ่านให้กระแสได้ไหลเมื่อโหลดต้องการกระแสมากกว่า 1A บล็อกนี้จะถูกเรียกว่า Current by pass การบายพาสกระแสจะใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ให้กระแสไหลผ่าน จะใช้ทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็น (NPN หรือชนิดพีเอ็นพี (PNP) ก็ได้ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบที่จะเลือกใช้



ภาพที่ 1.27 แสดงบล็อกไดอะแกรมการต่อวงจรเรกติไฟเออร์ร่วมกับไอซี 7812



ภาพที่ 1.28 วงจรแหล่งจ่ายไฟตรง

จากภาพที่ 1.28 จะเห็นได้ว่าเมื่อนำวงจรเรกติไฟเออร์มาทำงานร่วมกับวงจรรักษาระดับแรงดันสามารถเรียกวงจรนี้ว่าวงจรเรกกูเลเตอร์ที่มีแรงดันเอาต์พุตของวงจรเท่ากับ 12 โวลต์ ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันทางด้านเอาต์พุตก็สามารถทำได้ง่ายเพียงแต่ทำการเปลี่ยนไอซี 7812 เป็นเบอร์อื่น เช่น ต้องการแรงดัน 5 โวลต์ก็เปลี่ยนไอซีเป็นเบอร์ 7805 เป็นต้น โดยเบอร์ของไอซี 2 ตัวท้ายจะเป็นตัวบอกค่าแรงดันทางเอาต์พุตของไอซี

1.4 สรุป

จากคุณสมบัติหลักของไดโอดถ้ามีศักดิ์ไฟบวกทางพีไทพ์และลบทางเอ็นไทพ์จะถูกเรียกว่าการไบแอสตรง (Forward Bias) ไดโอดจะยอมให้กระแสผ่านได้ โดยค่าความต้านทานภายในของไดโอดจะมีค่าต่ำสุดหรือเกือบเป็นศูนย์โอห์ม เมื่อให้ศักดิ์ไฟฟ้าลบเข้าที่พีไทพ์และบวกเข้าที่เอ็นไทพ์จะถูกเรียกว่าการไบแอสกลับ (Reverse Bias) จากคุณสมบัติของไดโอดจึงนำเอามามาใช้ทำวงจรแปลงไฟสลับให้เป็นไฟตรงได้

วงจรแปลงไฟสลับให้เป็นไฟตรงหรือเรียกว่าวงจรเรกติไฟเออร์นั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ วงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น (Half wave rectifier) วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier) และวงจรเรกติไฟเออร์แบบบริดจ์ (Bridge Rectifier)

วงจรเรกติไฟเออร์ที่มีค่าประสิทธิภาพมากที่สุดคือวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นและวงจรเรกติไฟเออร์แบบบริดจ์

แบบฝึกหัดท้ายบท

1 จงให้คำจำกัดความของคำว่า Rectifie
2. เขียนวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น พร้อมอธิบายการทำงานของวงจร
3. การเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นมีการนำไปใช้ในงานอะไรบ้าง
4. วงจรเรกติไฟเออร์ชนิดใดมีประสิทธิภาพดีที่สุด
5. ตัวเก็บประจุมีประโยชน์อย่างไรในวงจรเรกติไฟเออร์

เอกสารอ้างอิง

ชาญวิทย์ หาญรินทร์. (2538). **ทฤษฎีเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ.

ชิตชัย สุทธาศวิน. (2530). **อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป.** กรุงเทพฯ : 23 บุ๊คเซนเตอร์.

ภัทริยา กิตติเดชาชาญ. (2542). **อิเล็กทรอนิกส์ในงานอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : เม็ดทรายพริ้นติ้ง.

มงคล ทองสงคราม. (2538). **อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง.

Allan R. Hambley. (1994). **Electronics A Top-Down Approach to Computer-Aided Circuit Design.** Newyork : Macmillan Publishing Company.

Stephen L. Herman. (2000**). Electronics for Electricians**. 4ed Edition. Canada : PhotoDisc.

V.K. Mehta. (1998). **Principles of Electronics.** New Delhi : S.Chand's Seal of Trust.