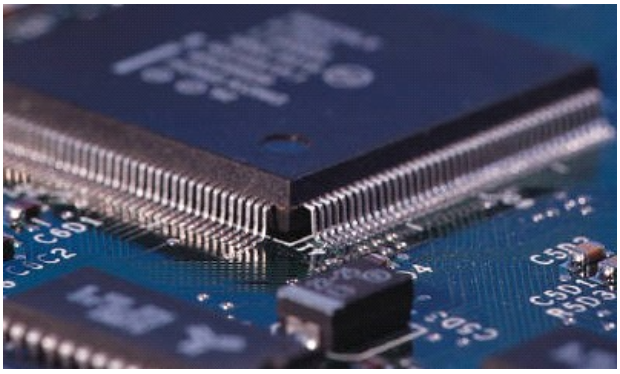
บทที่ 4

วงจรคุมค่าแรงดัน

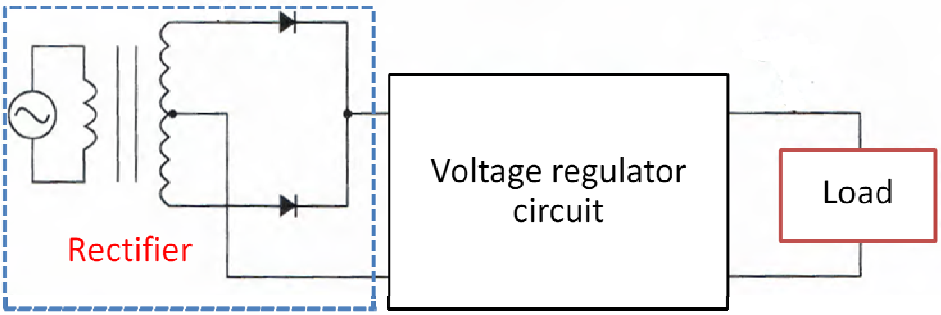


วัตถุประสงค์

1. เข้าใจการทำงานของวงจรคุมค่าแรงดัน
2. คำนวณวงจรคุมค่าแรงดันแบบซีเนอร์ไดโอด และแบบทรานซิสเตอร์ต่อร่วมกับซีเนอร์ไดโอดได้

4-1 ลักษณะของวงจรคุมค่าแรงดัน

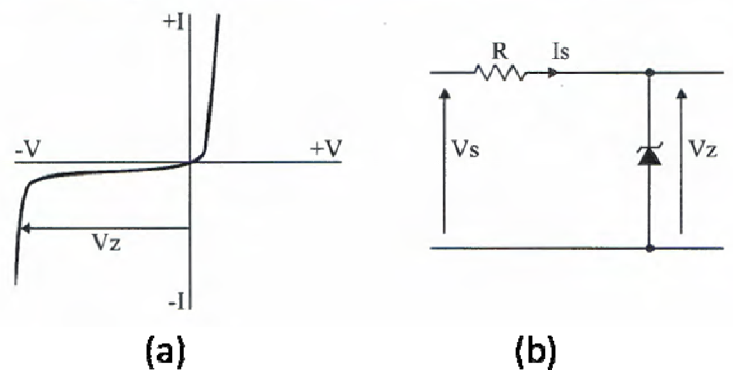
วงจรคุมค่าแรงดัน(Voltage regulator) คือ วงจรที่ทำหน้าที่ควบคุมค่าแรงดันเอาต์พุตให้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ให้คงที่ ในขณะที่แหล่งจ่ายไฟฟ้านั้นกำลังจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลด วงจรคุมค่าแรงดัน อาจใช้ หลักการของซีเนอร์ไดโอด หรือ ไอ.ซี.คุมค่าแรงดันก็ได้ แต่การใช้เซีเนอร์ไดโอดจะมีราคาประหยัดและเหมาะสมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าได้ไม่สูงนัก ลักษณะของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีวงจรคุมค่าแรงดัน แสดงในรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีวงจรคุมค่าแรงดัน

4-2 วงจรคุมค่าแรงดันแบบซีเนอร์ไดโอด

ด้วยคุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอด ที่จะให้แรงดันไฟฟ้าคงที่เมื่อมันได้รับไปแอสกลับ ดังกราฟรูปที่ 4-2 (a) เมื่อนำมาคุมค่าแรงดันให้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง จะต้องควบคุมค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านซีเนอร์ ไม่ให้เกินพิกัดด้วย โดยการต่อ R ดังรูป 4-2 (b)

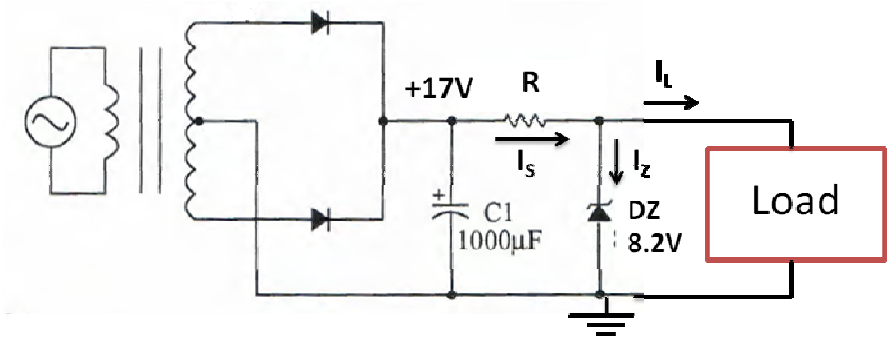


รูปที่ 4-2

สมการคำนวณค่า R จากรูป 4-2 (b) คือ

$$I_S = \frac{V_S - V_Z}{R} \quad \text{หรือ} \quad R = \frac{V_S - V_Z}{I_S}$$

ตัวอย่างที่ 4-1 แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีวงจรคุมค่าแรงดันด้วยซีเนอร์ไดโอดดังรูปที่ 4-3 ถ้า D_Z มีแรงดัน 8.2V ,500mW และ I_L= 100 mA จงหาค่าของ R



รูปที่ 4-3

$$I_Z = \frac{P_Z}{V_Z} = \frac{500mW}{8.2V} = 61mW$$

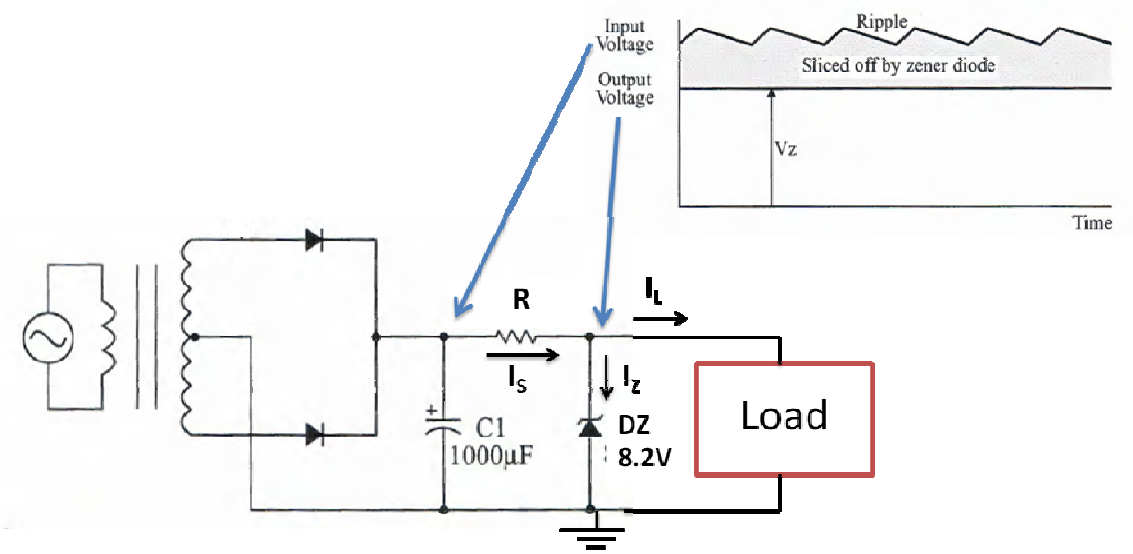
$$R = \frac{V_S - V_Z}{I_S} = \frac{(17-8.2)V}{161mA} = 49\Omega$$

$$P_R = I^2 R = 161^2 mA(49\Omega) = 529mW$$

ตอบ R = 49 Ω, PR>529 mW

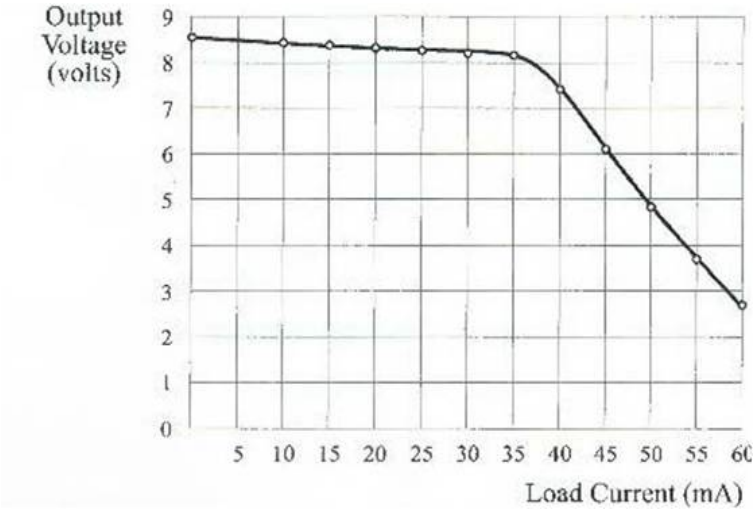
ผลของการคุมค่าแรงดัน

เมื่อแรงดันไฟตรงที่ได้จากการเรียงกระแสนำมาใช้งานโดยตรง จะได้แรงดันไฟตรง ที่มีแรงดันริปเปิล(Ripple voltage) ปะปนออกมาด้วย ลักษณะเป็นคลื่นที่ไม่ราบเรียบเหมือนแรงดันไฟตรงที่ได้มาจากแบตเตอรี่ แต่เมื่อคุมค่าแรงดันด้วยวงจรคุมค่าแรงดันด้วยซีเนอร์ไดโอดจะทำให้ผลของการคุมค่าแรงดันจึงได้แรงดันไฟตรงที่เท่ากับค่าของแรงดันซีเนอร์ และราบเรียบใก้ลเคียงกับแรงดันไฟตรงที่ได้มาจากแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 4-4



รูปที่ 4-4 ผลของการคุมค่าแรงดันด้วยซีเนอร์ไดโอด

อย่างไรก็ตาม วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการคุมค่าแรงดันด้วยซีเนอร์ไดโอด นั้นไม่สามารถจ่ายกระแสให้โหลดได้มากนัก เพราะขีดจำกัดของกำลังไฟฟ้าที่ซีเนอร์ไดโอดสามารถทำงานได้โดยไม่พัง คุณลักษณะของแรงดันเอาต์พุต เมื่อมีการคุมค่าแรงดัน จะเป็นดังรูปที่ 4-5 นั่นคือ เมื่อกระแสโหลดมีค่าเพิ่มขึ้น แรงดันเอาต์พุตของวงจรจะค่อยๆลดลง และเมื่อเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแรงดันจะตกลงต่ำกว่าค่าของแรงดันซีเนอร์อย่างมาก



รูปที่ 4-5 คุณลักษณะของการคุมค่าแรงดัน

4-3 วงจรคุมค่าแรงดันแบบ ทรานซิสเตอร์และซีเนอร์ไดโอด

วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงคุมค่าแรงดันแบบ ทรานซิสเตอร์และซีเนอร์ไดโอด พัฒนาขึ้นเพื่อให้ แหล่งจ่ายไฟฟ้าสามารถจ่ากระแสให้โหลดได้มากขึ้น โดยใช้ทรานซิสเตอร์ เอ็น.พี.เอ็น ต่ออนุกรมกับโหลด และต่อซีเนอร์ไดโอดที่เบสของทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 4-6 สำหรับสมการคำนวณค่าต่างๆมีดังต่อไปนี้

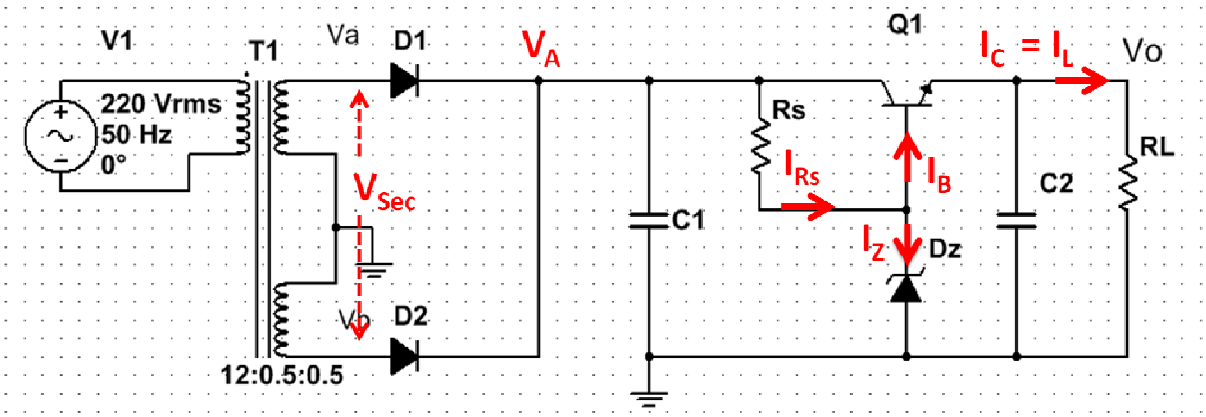
$$V_A = \sqrt{2}(V_{Sec}) - 2V_F - (\frac{V_{Ripple}}{2})$$

$$C_1 = (\frac{I_L(t)}{V_{Ripple}})10^6 \qquad \mu Farad$$

$$I_L = \frac{V_O}{R_L} \quad , \quad t = \frac{1}{2(f)} : f = line\ \ frequency$$

$$V_Z = V_O + V_{BE},\ V_{BE} = 0.7V \quad , \quad \beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$I_{Rs} = I_B + I_Z \quad , \quad R_S = \frac{V_A - V_Z}{I_{Rs}}$$



รูปที่ 4-6 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงคุมค่าแรงดันแบบทรานซิสเตอร์และซีเนอร์ไดโอด

ตัวอย่างที่ 4-2 แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีวงจรคุมค่าแรงดันด้วยซีเนอร์ไดโอดดังรูปที่ 4-6 ถ้า V_{sec} =10V , V_Z= 6V, I_Z = 12mA , R_L = 20Ω , ถ้าอัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์(β=100), V_{Ripple} = $2V_{p-p}$ จงออกแบบวงจรดังกล่าว

$$V_A = \sqrt{2}(V_{Sec}) - 2V_F - (\frac{V_{Ripple}}{2})$$

$$V_A = \sqrt{2}(10V) - 2(0.7V) - \frac{2V_{P-P}}{2} = 11.74V$$

$$V_O = V_Z - V_{BE} = 6V - 0.7V = 5.3V$$

$$I_L = \frac{V_O}{R_L} = \frac{5.3V}{20\Omega} = 265mA$$

$$t = \frac{1}{2(f)} = \frac{1}{100Hz} = 1ms$$

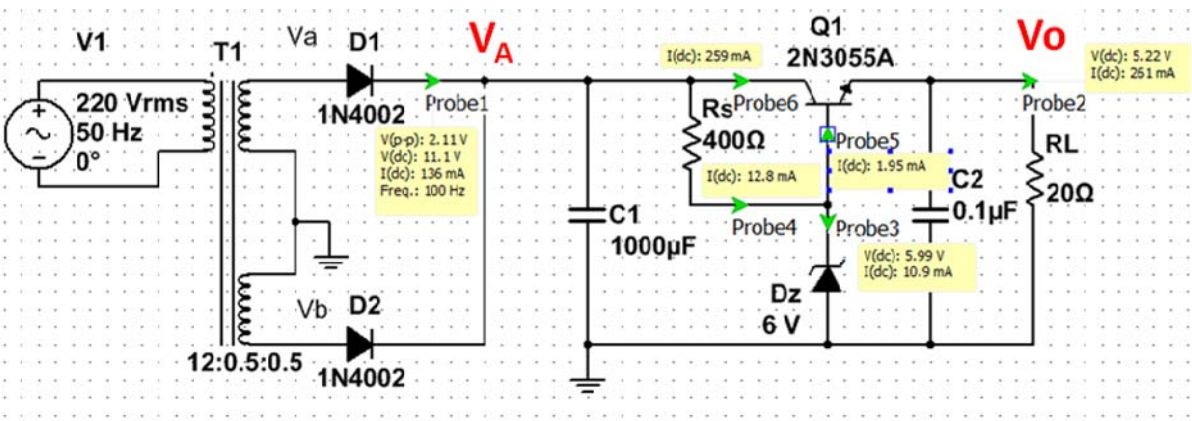
$$C_1 = (\frac{I_L(t)}{V_{Ripple}})10^6 = \frac{256\ mA(1ms)}{2V_{P-P}}(10^6)$$

$$C_1 = 1280\mu F$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{256mA}{100} = 2.56mA$$

$$I_{Rs} = I_B + I_Z = (2.56 + 12)mA = 14.56mA$$

$$R_S = \frac{V_A - V_Z}{I_{Rs}} = \frac{(11.74 - 6)V}{14.56mA} = 394\Omega$$

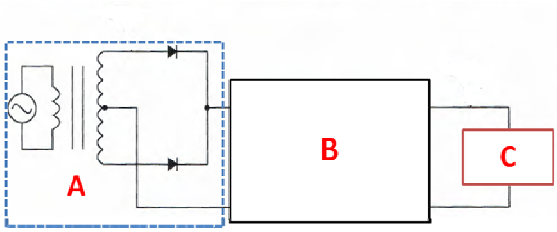


รูปที่ 4-7 วงจรที่ออกแบบได้และผลการจำลองการทำงาน

รูปที่ 4-8 รูปคลื่นแรงดัน อินพุต และเอาต์พุตของวงจรที่ออกแบบได้จากการจำลองการทำงาน

แบบฝึกหัดบทที่ 4 วงจรคุมค่าแรงดัน

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว



1. ส่วนใดของวงจรคือวงจรคุมค่าแรงดัน

ก. A ข. B

ค. C ง. ถูกทุกข้อ

2. ส่วนใดของวงจร ด้านบนคือวงจรเรียงกระแส

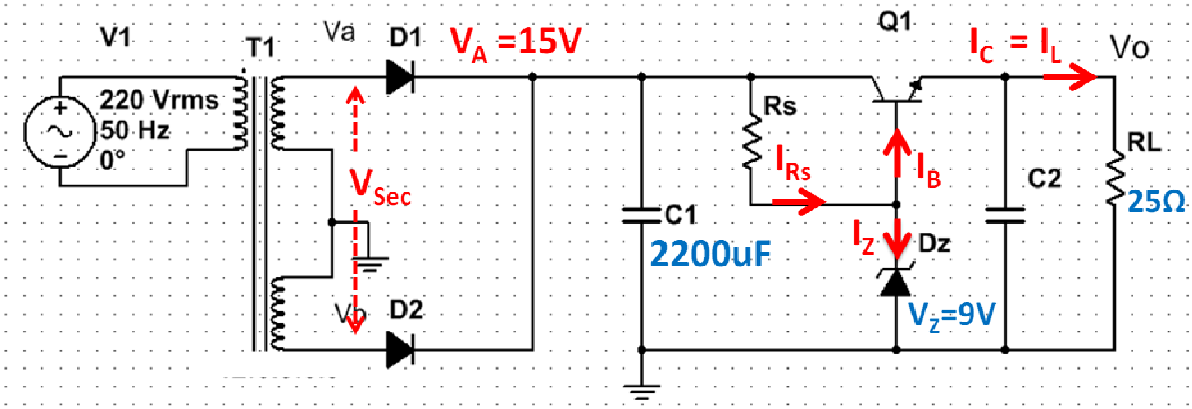
ก. A ข. B ค. C

3.คุณลักษณะของวงจรคุมค่าแรงดันที่ใช้ซีเนอร์ไดโอดดังรูปที่ 4-5 เมื่อกระแสโหลดมีค่าเพิ่มขึ้น แรงดันเอาต์พุตของวงจร.....

ก. จะรักษาระดับให้คงที่ ข. จะค่อยๆลดลง

ค. จะพยายามเพิ่มขึ้นช้าๆ ง.จะลดลงอย่ารวดเร็ว

จากวงจรต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 4-8



4. V_o = ...V

ก. 9.3 ข. 9.7 ค. 8.7 ง. 8.3

5. I_L = ...mA

ก. 423 ข. 332 ค. 234 ง. 442

6.ถ้า Q1 มีค่า β=60 จงหาค่า I_B = ...mA

ก. 2.88 ข. 3.66 ค. 5.53 ง. 4.42

7.ถ้า I_Z=15mA จงหาค่า I_{Rs} = ...mA

ก. 20.53 ข. 18.66 ค. 25.53 ง. 19.42

8. จงหาค่าของ Rs = ...Ω

ก. 292 ข. 186 ค. 288 ง. 197