

EL2005 Elektronika – PR#03

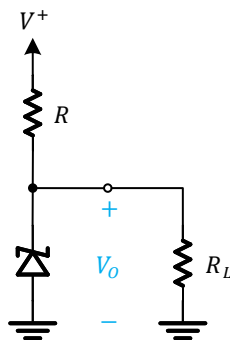
Batas Akhir Pengumpulan : Jum'at, 10 Februari 2017, Jam 16:00

SOAL 1

Sebuah alat las listrik (*DC welder*) membutuhkan suatu penyearah yang dapat menangani *arus besar dan tegangan tinggi*. **Penyearah yang digunakan adalah penyearah gelombang setengah.** Spesifikasi tegangan input dari penyearah tersebut adalah $v_i(t) = V_m \sin \omega t$, di mana $V_m = 100 \text{ V}$, $\omega = 2\pi f$, dan $f = 50 \text{ Hz}$. Rangkaian tersebut memiliki beban yang setara dengan sebuah resistor $R_L = 3 \Omega$. Diode yang digunakan dapat digambarkan dengan model sumber tegangan konstan $V_{D0} = 0.7 \text{ V}$ dan resistansi dinamik $r_d = 5 \text{ m}\Omega$ pada keadaan *forward bias*. Rancanglah rangkaian penyearah tersebut dengan menjawab pertanyaan-pernyataan berikut.

- Gambarlah skema rangkaian dan jelaskan cara kerjanya.
- Hitunglah nilai *peak inverse voltage* (PIV).
- Untuk nilai beban R_L tersebut, hitunglah nilai arus diode I_D . (Petunjuk: Nilai rata-rata dari setengah gelombang sinusoid adalah I_m/π .)
- Hitunglah besar total daya rata-rata yang hilang pada diode. (Petunjuk: Daya yang hilang pada diode *forward bias* terjadi karena drop tegangan konstan dan resistansi dinamik diode.)
- Sekarang, tambahkan sebuah filter kapasitor C . Jika nilai tegangan puncaknya adalah V_m , hitung nilai C agar daya rata-rata yang hilang pada diode tidak lebih dari 150 W . (Petunjuk: Nilai rata-rata arus diode untuk penyearah gelombang setengah dengan filter kapasitor adalah $I_D = I_L(1 + \pi\sqrt{2V_m/V_r})$, di mana I_L adalah arus beban ($I_L = V_m/R_L$) dan V_r adalah tegangan *ripple* ($V_r = V_m/(fCR_L)$)).

SOAL 2



Rangkaian di atas adalah sebuah regulator tegangan zener shunt dengan $V^+ = 15 \text{ V}$, $R = 1 \text{ k}\Omega$. Parameter diode zener yang digunakan adalah $I_{ZK} = 1 \text{ mA}$ dan $r_z = 10 \Omega$. Data di pabrik menunjukkan bahwa jika diode zener ini mendapat arus *reverse* sebesar 5 kali nilai I_{ZK} , tegangan di antara diode zener adalah $6,2 \text{ V}$.

- Gambarlah model rangkaian diode zener sesuai dengan persamaan $V_Z = V_{Z0} + r_z I_Z$.
- Berdasarkan data pengujian pabrik, hitunglah nilai parameter V_{Z0} pada diode zener.
- Dalam keadaan tanpa beban, hitunglah arus I_Z dan tegangan $V_O = V_Z$.
- Jika dipasangkan beban $R_L = 2 \text{ k}\Omega$, hitunglah nilai I_L , $V_L = R_L I_L$, serta I_Z . (Petunjuk: Gunakan KVL pada rangkaian dengan dua arus loop.)
- Jika sekarang $R_L = 0.5 \text{ k}\Omega$, berapa nilai resistansi R maksimum agar diode zener masih berada di daerah regulasinya? (Petunjuk: Gunakan cara penggambaran rangkaian seperti di soal (d) dengan $V_O = V_Z \approx V_{Z0}$.)

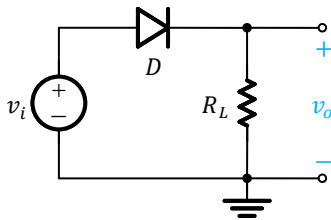
EL2005 Elektronika – PR#03 Solusi

SOAL 1

Sebuah alat las listrik (*DC welder*) membutuhkan suatu penyearah yang dapat menangani *arus besar dan tegangan tinggi*. **Penyearah yang digunakan adalah penyearah gelombang setengah.** Spesifikasi tegangan input dari penyearah tersebut adalah $v_i(t) = V_m \sin \omega t$, di mana $V_m = 100 \text{ V}$, $\omega = 2\pi f$, dan $f = 50 \text{ Hz}$. Rangkaian tersebut memiliki beban yang setara dengan sebuah resistor $R_L = 3 \Omega$. Diode yang digunakan dapat digambarkan dengan model sumber tegangan konstan $V_{D0} = 0.7 \text{ V}$ dan resistansi dinamik $r_d = 5 \text{ m}\Omega$ pada keadaan *forward bias*. Rancanglah rangkaian penyearah tersebut dengan menjawab pertanyaan-pernyataan berikut.

- a. Gambarkan skema rangkaian dan jelaskan cara kerjanya.

Jawab:



Rangkaian di samping adalah rangkaian penyearah gelombang setengah. Cara kerjanya adalah

$$v_o = \begin{cases} 0 & , v_i < V_{D0} \\ v_i - V_D & , v_i \geq V_{D0} \end{cases}$$

- b. Hitunglah nilai *peak inverse voltage* (PIV).

Jawab:

$$\text{PIV} = V_m = 100 \text{ V}$$

- c. Untuk nilai beban R_L tersebut, hitunglah nilai arus diode I_D . (Petunjuk: Nilai rata-rata dari setengah gelombang sinusoid adalah I_m/π .)

Jawab:

Arus puncak diode dapat dihitung dengan

$$I_m = \frac{V_m - V_{D0}}{R_L + r_d} = \frac{100 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{3 \Omega + 0.005 \Omega} \approx 33.045 \text{ A}$$

Dengan demikian, nilai rata-rata arus diode adalah

$$I_D = \frac{I_m}{\pi} \approx \frac{33.045 \text{ A}}{\pi} = 10.519 \text{ A}$$

- d. Hitunglah besar total daya rata-rata yang hilang pada diode. (Petunjuk: Daya yang hilang pada diode *forward bias* terjadi karena drop tegangan konstan dan resistansi dinamik diode.)

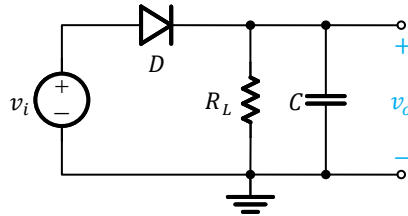
Jawab:

$$P = V_D I_D = (V_{D0} + r_d I_D) I_D \approx (0.7 \text{ V} + (0.005 \Omega)(10.519 \text{ A}))(10.519 \text{ A}) \approx 7.916 \text{ W}$$

- e. Sekarang, tambahkan sebuah filter kapasitor C . Jika nilai tegangan puncaknya adalah V_m , hitung nilai C agar daya rata-rata yang hilang pada diode tidak lebih dari 150 W. (Petunjuk: Nilai rata-rata arus diode untuk penyearah gelombang setengah dengan filter kapasitor adalah $I_D = I_L(1 + \pi\sqrt{2V_m/V_r})$, di mana I_L adalah arus beban ($I_L = V_m/R_L$) dan V_r adalah tegangan ripple ($V_r = V_m/(fCR_L)$.)

Jawab:

Dengan filter kapasitor, rangkaian menjadi seperti berikut.



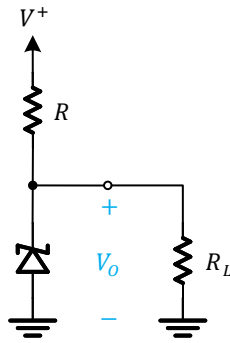
Berdasarkan soal (d), didapat daya rata-rata yang hilang pada diode. Dari sini, dapat dicari arus rata-rata maksimum yang melewati diode, yaitu

$$\begin{aligned}
 P &= V_D I_D = (V_{D0} + r_d I_D) I_D = V_{D0} I_D + r_d I_D^2 \\
 &\Leftrightarrow r_d I_D^2 + V_{D0} I_D - P = 0 \\
 \Leftrightarrow I_D &= \frac{-V_{D0} + \sqrt{V_{D0}^2 + 4r_d P}}{2r_d} = \frac{-0.7 \text{ V} + \sqrt{(0.7 \text{ V})^2 + 4(0.005 \Omega)(150 \text{ W})}}{2(0.005 \Omega)} \approx 116.815 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Padahal, persamaan I_D adalah

$$\begin{aligned}
 I_D &= I_L \left(1 + \pi \sqrt{\frac{2V_m}{V_r}} \right) = \frac{V_m}{R_L} \left(1 + \pi \sqrt{\frac{2V_m}{\frac{V_m}{fCR_L}}} \right) = \frac{V_m}{R_L} (1 + \pi\sqrt{2fCR_L}) \\
 \Leftrightarrow C &= \frac{(I_D R_L - V_m)^2}{2fR_L \pi^2 V_m^2} \approx \frac{((116.815 \text{ A})(3 \Omega) - 100 \text{ V})^2}{2(50 \text{ Hz})(3 \Omega)\pi^2(100 \text{ V})^2} \approx 0.002118 \text{ F} = 2.118 \text{ mF}
 \end{aligned}$$

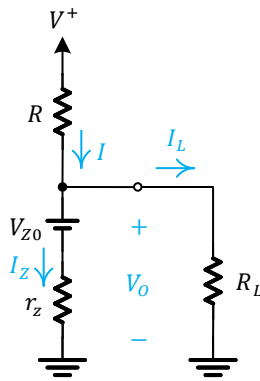
SOAL 2



Rangkaian di atas adalah sebuah regulator tegangan zener shunt dengan $V^+ = 15 \text{ V}$, $R = 1 \text{ k}\Omega$. Parameter diode zener yang digunakan adalah $I_{ZK} = 1 \text{ mA}$ dan $r_z = 10 \Omega$. Data di pabrik menunjukkan bahwa jika diode zener ini mendapat arus *reverse* sebesar 5 kali nilai I_{ZK} , tegangan di antara diode zener adalah 6.2 V.

- a. Gambarlah model rangkaian diode zener sesuai dengan persamaan $V_Z = V_{Z0} + r_z I_Z$.

Jawab:



- b. Berdasarkan data pengujian pabrik, hitunglah nilai parameter V_{Z0} pada diode zener.

Jawab:

Ketika $I_Z = 5I_{ZK} = 5(1 \text{ mA}) = 5 \text{ mA}$, $V_Z = 6.2 \text{ V}$. Dengan demikian,

$$\begin{aligned} V_Z &= V_{Z0} + r_z I_Z \\ \Leftrightarrow V_{Z0} &= V_Z - r_z I_Z = 6.2 \text{ V} - (0.01 \text{ k}\Omega)(5 \text{ mA}) = 6.15 \text{ V} \end{aligned}$$

- c. Dalam keadaan tanpa beban, hitunglah arus I_Z dan tegangan $V_0 = V_Z$.

Jawab:

$$\begin{aligned} I_Z &= \frac{V^+ - V_{Z0}}{R + r_z} = \frac{15 \text{ V} - 6.15 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega + 0.01 \text{ k}\Omega} \approx 8.762 \text{ mA} \\ V_0 = V_Z &= V_{Z0} + r_z I_Z = 6.15 \text{ V} + (0.01 \text{ k}\Omega)(8.762 \text{ mA}) \approx 6.238 \text{ V} \end{aligned}$$

- d. Jika dipasangkan beban $R_L = 2 \text{ k}\Omega$, hitunglah nilai I_L , $V_L = R_L I_L$, serta I_Z . (Petunjuk: Gunakan KVL pada rangkaian dengan dua arus loop.)

Jawab:

Aplikasikan Kirchhoff's Voltage Law (KVL) pada kedua loop.

KVL Pada Loop Sebelah Kiri	KVL Pada Loop Sebelah Kanan
$\Sigma V = 0$ $-V^+ + RI + V_{Z0} + r_z(I - I_L) = 0$ $(R + r_z)I - r_z I_L = V^+ - V_{Z0}$	$\Sigma V = 0$ $r_z(I_L - I) - V_{Z0} + R_L I_L = 0$ $-r_z I + (r_z + R_L)I_L = V_{Z0}$

Dengan melakukan kombinasi linear pada kedua persamaan KVL di atas, didapat

$$I = \frac{(r_z + R_L)V^+ - R_L V_{Z0}}{Rr_z + RR_L + r_z R_L} \approx 8.793 \text{ mA}$$

$$I_L = \frac{r_z V^+ + R V_{Z0}}{Rr_z + RR_L + r_z R_L} \approx 3.103 \text{ mA}$$

Dengan demikian,

$$V_Z = R_L I_L \approx (2 \text{ k}\Omega)(3.103 \text{ mA}) \approx 6.207 \text{ V}$$

$$I_Z = I - I_L \approx 8.793 \text{ mA} - 3.103 \text{ mA} \approx 5.690 \text{ mA}$$

- e. Jika sekarang $R_L = 0.5 \text{ k}\Omega$, berapa nilai resistansi R maksimum agar diode zener masih berada di daerah regulasinya? (Petunjuk: Gunakan cara penggambaran rangkaian seperti di soal (d) dengan $V_O = V_Z \approx V_{Z0}$.)

Jawab:

Pada kondisi batas seperti ini, berlaku $I_Z = I_{ZK} = 1 \text{ mA}$. Di soal (d), persamaan untuk I dan I_L telah didapatkan dengan kombinasi linear. Dengan demikian,

$$I_Z = I - I_L = \frac{R_L V^+ - (R + R_L)V_{Z0}}{Rr_z + RR_L + r_z R_L}$$

$$\Leftrightarrow R = \frac{R_L(V^+ + V_{Z0}) - r_z R_L I_Z}{V_{Z0} + (r_z + R_L)I_Z} \approx 0.664 \text{ k}\Omega$$