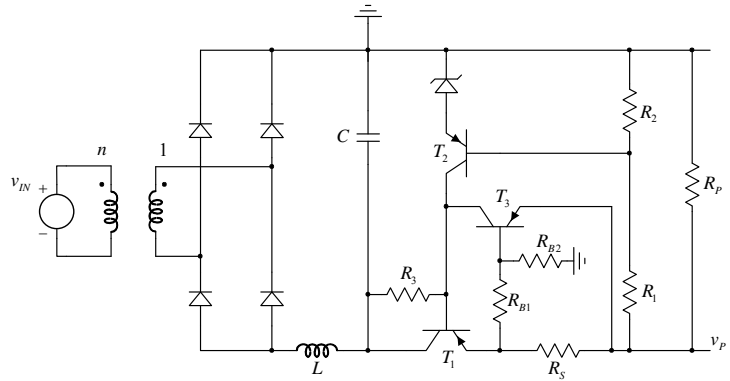


Zadatak. Na slici je prikazan izvor negativnog napajanja sa strujnom zaštitom. Poznato je $R_2 = 10\text{k}\Omega$, $V_Z = 7.4\text{V}$, $R_{B2} = 10\text{k}\Omega$, $V_\gamma = V_{BE} = 0.6\text{V}$, $v_{IN} = 220\sqrt{2} \sin(2\pi ft)$, $n = 9.5$, $f = 50\text{Hz}$, $L = 1\text{H}$, $V_{CES} = 0.2\text{V}$, $V_D \approx 0\text{V}$, $\beta_F = 100$, $i_{Z\min} = 2\text{mA}$



- a) Ako $C \rightarrow \infty$, nacrtati karakteristiku prenosa $v_p(i_p)$ i odrediti vrednosti nepoznatih parametara u kolu tako da je $v_{p\text{nom}} = -12\text{V}$, $i_{p\text{max}} = 0.6\text{A}$, i da disipacija na rednom tranzistoru u normalnom radu pri maksimalnoj struji potrošača bude jednaka disipaciji ovog tranzistora kada je potrošač u kratkom spoju. Takođe je potrebno omogućiti da L filter uvek radi u kontinualnom režimu rada.
- b) Odrediti zavisnost $P_{D1}(R_p)$ i dimenzionisati tranzistor T_1 po snazi
- c) Odrediti minimalnu vrednost kapacitivnosti C tako da ispravan rad kola ne zavisi od ove kapacitivnosti.

Rešenje:

a)

$$-(V_Z + V_{BE}) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{p\text{nom}}$$

$$v_{p\text{nom}} = -(V_Z + V_{BE}) \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

$$R_1 = R_2 \left(\frac{-v_{p\text{nom}}}{(V_Z + V_{BE})} - 1 \right) = 5\text{k}\Omega$$

Kada radi strujna zaštita:

$$v_{B3} = (v_p - R_S i_p) \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

$$v_{EB3} = V_\gamma = v_p - (v_p - R_S i_p) \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

$$i_p = \frac{R_{B1} + R_{B2}}{R_S R_{B2}} V_\gamma - \frac{R_{B1}}{R_S R_{B2}} v_p,$$

$$v_p = -R_p i_p, \Rightarrow i_p = \frac{R_{B1} + R_{B2}}{R_S R_{B2} - R_{B1} R_p} V_\gamma \text{ (trebaće za kasnije)}$$

$$i_p = \frac{V_\gamma}{R_S} (1+x) - \frac{v_p}{R_S} x$$

$$x = \frac{R_{B1}}{R_{B2}}$$

Struja kratkog spoja:

$$i_{PKS} = i_p(v_p = 0) = \frac{R_{B1} + R_{B2}}{R_{B2} R_S} V_\gamma = \frac{V_\gamma}{R_S} \left(1 + \frac{R_{B1}}{R_{B2}} \right) = \frac{V_\gamma}{R_S} (1+x)$$

Maksimalna struja:

$$i_{P_{\max}} = \frac{R_{B1} + R_{B2}}{R_S R_{B2}} V_\gamma - \frac{R_{B1}}{R_S R_{B2}} v_{P_{\text{nom}}} = i_{PKS} - \frac{R_{B1}}{R_{B2}} \frac{v_{P_{\text{nom}}}}{R_S} = \frac{V_\gamma}{R_S} (1+x) - \frac{v_{P_{\text{nom}}}}{R_S} x$$

Snage:

$$\begin{aligned} P_D \Big|_{i_P=i_{P_{\max}}} &= (v_{P_{\text{nom}}} - R_S i_{P_{\max}} - v_U) i_{P_{\max}} \\ P_D \Big|_{i_P=i_{PKS}} &= -(R_S i_{PKS} + v_U) i_{PKS} \\ (v_{P_{\text{nom}}} - R_S i_{P_{\max}} - v_U) i_{P_{\max}} &= -(R_S i_{PKS} + v_U) i_{PKS} \\ (v_{P_{\text{nom}}} - V_\gamma (1+x) + v_{P_{\text{nom}}} x - v_U) \left(\frac{V_\gamma}{R_S} (1+x) - \frac{v_{P_{\text{nom}}}}{R_S} x \right) &= - \left(V_\gamma (1+x) + v_U \right) \frac{V_\gamma}{R_S} (1+x) \\ \left(\frac{v_{P_{\text{nom}}}}{V_\gamma} - (1+x) + \frac{v_{P_{\text{nom}}}}{V_\gamma} x - \frac{v_U}{V_\gamma} \right) \left((1+x) - \frac{v_{P_{\text{nom}}}}{V_\gamma} x \right) &= - \left((1+x) + \frac{v_U}{V_\gamma} \right) (1+x) \\ v_U \approx \text{const}, \quad v_U &= -\frac{2}{\pi} \left(\frac{220\sqrt{2}}{n} \right) \approx -21\text{V} \\ (14 - 21x)(1 + 21x) &= -(-34 + x)(1+x) \\ x_1 &= 0.44, \quad x_2 = 0.1 \\ R_{S1} &= 10.24\Omega, \quad R_{S2} = 3.1\Omega \end{aligned}$$

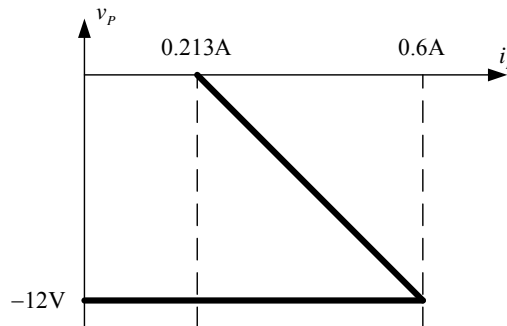
Uzećemo drugo rešenje da bi bila manja disipacija na R_S , inače oba rešenja su dobra (važi da je

$$v_{EC \min} = v_{P_{\text{nom}}} - R_S i_{P_{\max}} - v_U \geq V_{CES} \text{ za obe mogućnosti - proveriti).}$$

$$R_{B1} = 1\text{k}\Omega$$

$$R_S = 3.1\Omega$$

$$\text{Sledi } i_{PKS} = \frac{V_\gamma}{R_S} (1+x) = 0.213\text{A}$$



Da bi L filter uvek radio u kontinualnom režimu, potrebno je da je struja kojom je filter opterećen veća od

$$i_{KR} = \frac{2}{3\pi} \frac{220\sqrt{2}}{n\omega L} = 22\text{mA}$$

Da bi ovo bilo uvek ostvareno, potrebno je omogućiti da stabilizator za svoje funkcionisanje „interno“ troši bar toliko struje.

$$i_{R3} (R_P \rightarrow \infty) = \frac{v_{P_{\text{nom}}} - V_{BE} - v_U}{R_3} \geq i_{KR}$$

$$R_3 \leq \frac{v_{P_{\text{nom}}} - V_{BE} - v_U}{i_{KR}} = 377\Omega$$

Drugi uslov za R_3 :

$$i_{R3} \geq i_{B1} + i_{Z\min}$$

$$\frac{v_{P\text{nom}} - R_S i_{P\text{max}} - V_{BE} - v_U}{R_3} \geq \frac{i_{P\text{max}}}{1 + \beta_F} + i_{Z\min}$$

$$R_3 \leq \frac{v_{P\text{nom}} - R_S i_{P\text{max}} - V_{BE} - v_U}{\left(\frac{i_{P\text{max}}}{1 + \beta_F} + i_{Z\min}\right)} = 824\Omega$$

Uzima se na primer standardna vrednost $R_3 = 330\Omega$

b)

Nominalni režim

$$P_{D1} = \left(v_{I\text{nom}} - R_S \left(-\frac{v_{P\text{nom}}}{R_p} \right) - v_U \right) \left(-\frac{v_{P\text{nom}}}{R_p} \right) = - \left(v_{P\text{nom}} + R_S \frac{v_{P\text{nom}}}{R_p} - v_U \right) \frac{v_{P\text{nom}}}{R_p}$$

$$P_{D1} = -\frac{(v_{P\text{nom}} - v_U)v_{I\text{nom}}}{R_p} - R_S \left(\frac{v_{P\text{nom}}}{R_p} \right)^2 = \frac{108}{R_p} - \frac{446.4}{R_p^2}$$

Granična vrednost otpornosti:

$$R_{p\min} = \frac{v_{P\text{nom}}}{i_{p\text{max}}} = 20\Omega$$

Kada radi zaštita:

$$P_{D1} = (-R_p i_p - R_S i_p - v_U) i_p = -(R_p + R_S) i_p^2 - v_U i_p$$

$$P_{D1} = -V_\gamma^2 (R_p + R_S) \left(\frac{R_{B1} + R_{B2}}{R_{B2} R_S - R_{B1} R_p} \right)^2 - v_U V_\gamma \frac{R_{B1} + R_{B2}}{R_{B2} R_S - R_{B1} R_p}$$

$$P_{D1} = -43.56 \frac{(R_p + 3.1)}{(31 - R_p)^2} + \frac{138.6}{31 - R_p}$$

$$P_{D1} = \begin{cases} -43.56 \frac{(R_p + 3.1)}{(31 - R_p)^2} + \frac{138.6}{31 - R_p} & R_p < 20\Omega \\ \frac{108}{R_p} - \frac{446.4}{R_p^2} & R_p > 20\Omega \end{cases}$$

$$\frac{dP_{D1}}{dR_p} = 0 \Rightarrow R_p = 14.69\Omega < R_{p\min}$$

$$P_{D1\text{max}} = 5.58\text{W}$$

$$P_{D1\text{KS}} = 4.33\text{W}$$

c) poračun maksimalno dozvoljenog napona na kolektoru tranzistora T_1 :

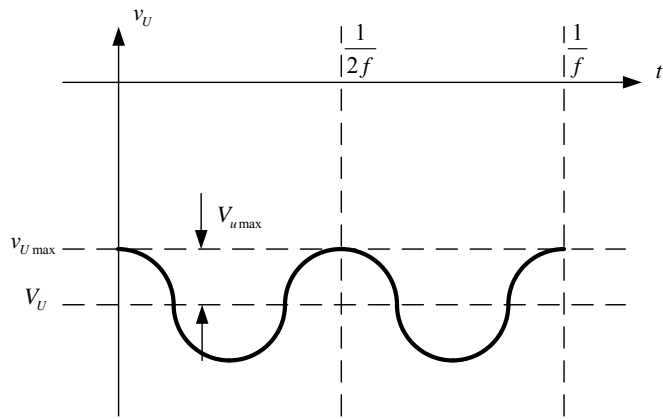
$$v_{EC} = v_{P\text{nom}} - R_S i_p - v_U \geq V_{CES}$$

Granično

$$v_{P\text{nom}} - R_S i_{P\text{max}} - V_{CES} \geq v_U$$

$$v_{U\text{max}} = v_{P\text{nom}} - R_S i_{P\text{max}} - V_{CES} = -14.06\text{V}$$

$$V_U = \frac{2}{\pi} \left(\frac{220\sqrt{2}}{n} \right) = -21\text{V}$$



$$V_{u\max} = v_{U\max} - V_U = 6.94\text{V}$$

$$v_u = i_l \frac{1}{2\omega C} \leq V_{u\max}$$

$$C \geq \frac{i_L}{2\omega V_{u\max}} = 5\mu\text{F}$$