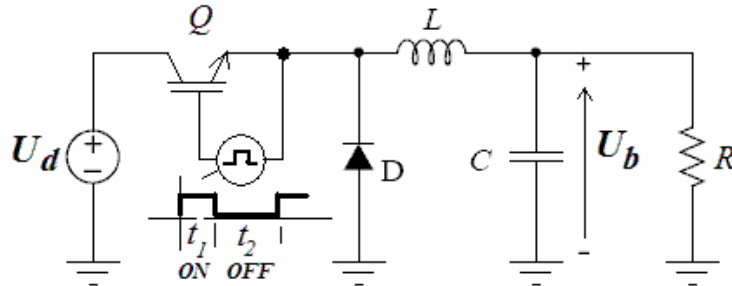


ZADATAK

Čopersko kolo na slici radi sa konstantnom učestanosti sa periodom od $T = 10\text{ms}$. Vrednost ulaznog napona je $U_d = 200\text{V}$. Vrednost izlaznog napona je $U_b = 50\text{V}$. Smatrati da je kapacitivnost kondenzatora $C \rightarrow \infty$. Vrednost otpornosti opterećenja na izlazu čopera je $R = 0.5\Omega$. Vrednost induktivnosti $L = 7.5\text{mH}$.



Vremenski interval u toku koga je uključen tranzistor Q je jednak t_1 , dok je vremenski interval u toku koga je tranzistor isključen jednak t_2 . Smatrati da su poluprovodnički elementi Q i D idealni. U zadatku je potrebno izračunati:

- Trajanje vremenskih intervala t_1 i t_2
- Izračunati srednju vrednost struje kroz induktivnost L
- Izračunati srednju vrednost struje diode D
- Izračunati efektivnu vrednost napona na diodi D

REŠENJE:

a) Čopersko kolo radi kao spuštač napona kod koga je ulazni napon $U_d = 200\text{V}$, a izlazni napon $U_b = 50\text{V}$. Za dati čoper odnos izlaznog i ulaznog napona D je dat kao kao:

$$D = \frac{U_b}{U_d} = \frac{\text{vreme_uklj_tranzistora_Q}}{\text{perioda_chopovanja}} = \frac{t_1}{T}$$

Pored ovoga važi i relacija za periodu čopovanja:

$$t_1 + t_2 = T$$

Iz prve jednačine se dobija da je :

$$D = \frac{t_1}{T} = \frac{U_b}{U_d} = \frac{50\text{V}}{200\text{V}} = 0.25$$

odnosno vremenski interval t_1 :

$$t_1 = D \cdot T = 0.25 \cdot 10\text{ms} = 2.5\text{ms}$$

Vremenski interval t_2 izračunavamo iz jednačine:

$$t_2 = T - t_1 = 10\text{ms} - 2.5\text{ms} = 7.5\text{ms}$$

Čopersko kolo može raditi u kontinualnom (neprekidnom) i diskontinualnom (prekidnom režimu). Potrebno je ispitati u kojem režimu radi ovo kolo za date parametre. Uslov za rad kola u kontinualnom režimu je:

$$I_{OUT} \geq \frac{U_d}{2 \cdot f_s \cdot L} \cdot D \cdot (1 - D)$$

Izlazna struja je ustvari struja opterećenja (u ovom slučaju struja kroz otpornik R), odnosno $I_{OUT} = I_R$. Obzirom da je kondenzator $C \rightarrow \infty$, odnosno napon $U_b = 50V = const$, struja kroz otpornik R je jednaka:

$$I_{OUT} = I_R = \frac{U_b}{R} = \frac{50V}{0.5\Omega} = 100A$$

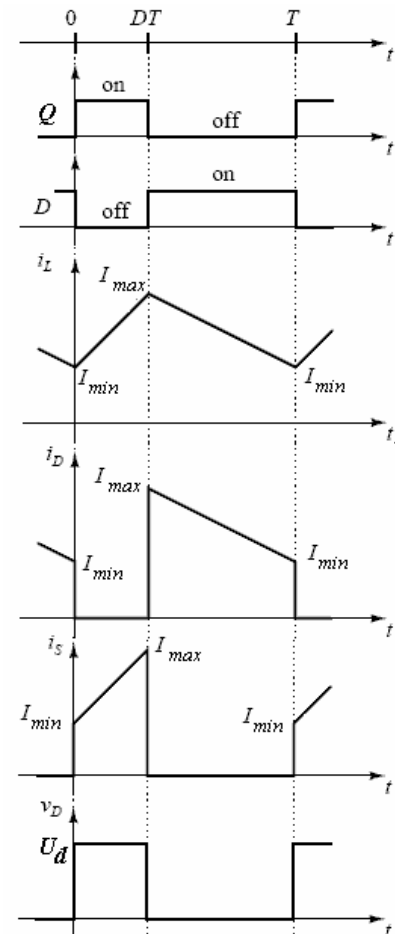
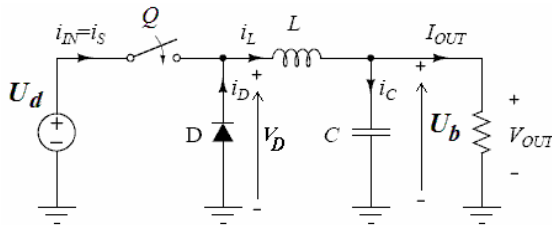
Učestanost čopovanja je jednaka recipročnoj vrednosti periode čopovanja:

$$f_s = \frac{1}{T} = \frac{1}{10 \cdot 10^{-3}s} = 100Hz$$

Sada proveravamo uslov za rad kola u neprekidnom (kontinualnom režimu):

$$\frac{U_d}{2 \cdot f_s \cdot L} \cdot D \cdot (1 - D) = \frac{200V}{2 \cdot 100Hz \cdot 7.6 \cdot 10^{-3}H} \cdot 0.25 \cdot (1 - 0.25) = 24.67A \leq 100A$$

Dakle kolo radi u kontinualnom (neprekidnom) režimu i njegova ekvivalentna šema i talasni oblici struja i napona su dati na slici:



b) Obzirom da je srednja vrednost struje kroz kondenzator uvek jednaka nuli (kondenzator je otvorena veza odnosno beskonačna impedansa za jednosmernu struju), srednja vrednost struje kalema jednaka je srednjoj vrednosti izlazne struje

$$I_L = \frac{I_{max} + I_{min}}{2} = I_{OUT} = 100A.$$

c) Da bi izračunali srednju vrednost struje diode potrebno je izračunati vrednosti I_{max} i I_{min} . U intervalu $t_1 = D \cdot T$ porast struje kroz induktivnost se ostvaruje pod dejstvom napona $U_d - U_b$, tako da se može pisati:

$$(U_d - U_b) \cdot t_1 = L \cdot (I_{max} - I_{min}) = L \cdot \Delta i$$

Iz ove relacije dobijamo da je :

$$\Delta i = \frac{U_d - U_b}{L} \cdot t_1 = (I_{max} - I_{min}) = \frac{150V \cdot 2.5 \cdot 10^{-3}s}{7.5 \cdot 10^{-3}H} = 50A$$

Struje $I_{\max}$ i $I_{\min}$ dobijamo rešavanjem sistema jednačina:

$$\frac{I_{\max} + I_{\min}}{2} = 100A$$

$$I_{\max} - I_{\min} = 50A$$

Odakle je $2 \cdot I_{\max} = 250A$, odnosno $I_{\max} = 125A$ i $I_{\min} = 75A$

Srednja vrednost struje diode se dobija iz talasnog oblika struje diode i_D koji je dat na slici sa talasnim oblicima :

$$I_{D(AVG)} = \frac{1}{T} \int_0^T i_D \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^{DT} 0 \cdot dt + \frac{1}{T} \int_{DT}^T i_D \cdot dt = 0 + \frac{1}{T} \int_{DT}^T i_D \cdot dt = \frac{1}{T} \int_{DT}^T i_D \cdot dt = \frac{\Delta S}{T}$$

gde je ΔS površina trapeza $0 - I_{\max} - I_{\min} - 0$:

$$\Delta S = \frac{I_{\max} + I_{\min}}{2} \cdot (1 - D) \cdot T$$

Tako je sada srednja vrednost struje diode jednaka:

$$I_{D(AVG)} = \frac{\Delta S}{T} = \frac{I_{\max} + I_{\min}}{2} \cdot (1 - D) \cdot T \cdot \frac{1}{T}$$

$$I_{D(AVG)} = \frac{I_{\max} + I_{\min}}{2} \cdot (1 - D) = 100 \cdot (1 - 0.25) = 75A$$

d) Efektivna vrednost napona na diodi se dobija rešavanjem integrala:

$$V_{D(RMS)} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T v_D^2 \cdot dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_{DT}^T U_d^2 \cdot dt} = U_d \cdot \sqrt{\frac{1}{T} \cdot (1 - D) \cdot T} = U_d \cdot \sqrt{1 - D}$$

$$V_{D(RMS)} = U_d \cdot \sqrt{1 - D} = 200 \cdot \sqrt{1 - 0.25} = 173.2V$$