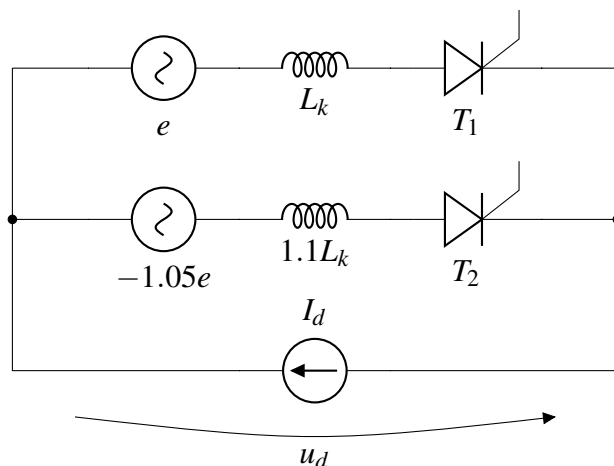


1. zadatak [12 poena] Na Slici 1. prikazan je dvofazni ispravljač. Prva faza priključena je na prostoperiodični napon e , dok je druga faza priključena na napon $-1.05e$, gde je $e(t) = 100\sqrt{2}\sin(100\pi t)$. Struja opterećenja je konstantna i jednaka $I_d = 50$ A, dok je induktivnost $L_k = 1$ mH. Ako je ugao paljenja prvog tiristora $\alpha_1 = 2\pi/3$, odrediti ugao paljenja drugog tiristora tako da je srednja vrednost izlaznog napona jednaka nuli.



Slika 1.

Rešenje 1. zadatka: U trenutku $\omega t = \alpha_1$ počinje komutacija tokom koje se gasi tiristor T_2 , a pali tiristor T_1 . Ta komutacija traje do trenutka $\omega t = \beta_1$, gde važi:

$$\cos(\beta_1) = \cos(\alpha_1) - \frac{\omega L_k I_d}{0.976E\sqrt{2}}, \quad (1.1)$$

gde je sa E označena efektivna vrednost napona e . Druga komutacija, kada se gasi T_1 a pali T_2 , počinje u trenutku $\omega t = \alpha_2$, završava se u trenutku $\omega t = \beta_2$, gde važi:

$$\cos(\beta_2) = \cos(\alpha_2) - \frac{\omega L_k I_d}{0.976E\sqrt{2}}. \quad (1.2)$$

Tokom obe komutacije napon na opterećenju jednak je $0.0238e$, pa se može zanemariti pri računanju srednje vrednosti izlaznog napona. Stoga, srednja vrednost izlaznog napona računa se prema izrazu:

$$U_d = \int_{\alpha_1}^{\alpha_1+2\pi} u_d dx = \int_{\beta_1}^{\alpha_2} e dx + \int_{\beta_2}^{\alpha_1+2\pi} -1.05e dx, \quad (1.3)$$

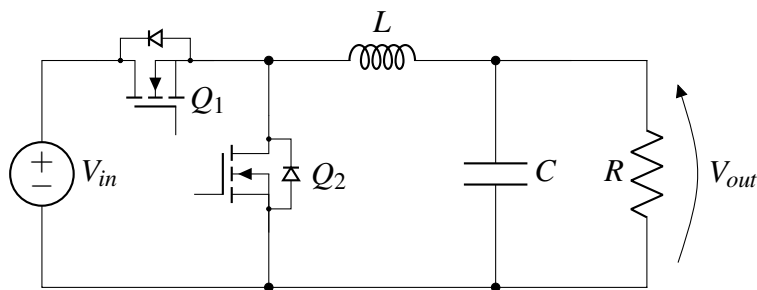
odnosno:

$$U_d = \frac{E\sqrt{2}}{2\pi} [\cos(\alpha_1) - \cos(\alpha_2) + \cos(\beta_1) - \cos(\beta_2)]. \quad (1.4)$$

Kada se izrazi (1.1) i (1.2) primene na (1.4), dobija se da je uslov da srednja vrednost izlaznog napona bude jednaka nuli jeste da ugao paljenja drugog tiristora bude jednak $\alpha_2 = 232.13^\circ$.

2. zadatak [11 poena] Za čoper prikazan na Slici 2. poznati su sledeći parametri: frekvencija prekidanja $f = 100$ kHz, otpornost opterećenja $R = 20 \Omega$, i induktivnost prigušnice $L = 25 \mu\text{H}$. Oba prekidača mogu da provode struju u oba smeru. Ulazni napon čopera je konstantan i može imati bilo koju vrednost iz opsega od 5 V do 15 V, dok se izlazni napon održava na konstantnoj vrednosti od 5 V. Zanemariti gubitke u kolu.

- Za koje vrednosti ulaznog napona čoper radi u prekidnom, a za koje u neprekidnom režimu rada? Za koju vrednost ulaznog napona se ima najveći ripl struje prigušnice? Zanemariti valovitost napona na kondenzatoru C .
- Odrediti minimalnu kapacitivnost kondenzatora C tako da ripl izlaznog napona ne bude veći od 0.05 V za sve vrednosti ulaznog napona.



Slika 2.

Rešenje 2. zadatka: Kako oba prekidača provode struju u oba smeru, neće postojati prekidni režim rada. Ripl struje prigušnice računa se po formuli:

$$\Delta I_L = \frac{V_{out} \left(1 - \frac{V_{out}}{V_{in}}\right)}{Lf}. \quad (2.1)$$

Na osnovu prethodnog izraza može se primetiti da sa porastom ulaznog napona raste i ripl struje prigušnice, pa se maksimum ripla ima pri naponu od 15 V:

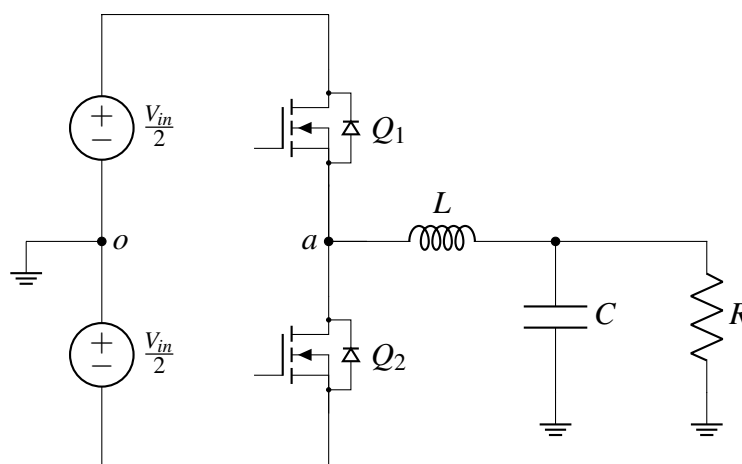
$$\Delta I_L^{max} = 1.33 \text{ A}. \quad (2.2)$$

Pri neprekidnom režimu rada čopera spuštača napona ripl napona na izlaznom kondenzatoru se računa prema izrazu:

$$\Delta V_c = \frac{\Delta I_L}{8Cf}. \quad (2.3)$$

Na osnovu prethodnog izraza može se zaključiti da što je veći ripl struje prigušnice, to je veći i ripl izlaznog napona, pa se iz početnog uslova da je ripl izlaznog napona manji od 0.05V dobija da minimalna kapacitivnost izlaznog kondenzatora iznosi 33 μF .

3. zadatak [12 poena] Monofazni polumosni inverter sa Slike 3. priključen je, preko LC filtra ($L = 0.01$ H, $C = 1$ μ F), na opterećenje $R = 10$ Ω . Referentni signal je zadat funkcijom $v_{ref} = m \sin(100\pi t) + m/4$, dok se nosilac kreće u granicama od -1 do 1. Ulazni napon invertora jednak je $V_{in} = 400$ V. Odrediti maksimalnu aktivnu snagu koju na opterećenju generišu zajedno jednosmerna i komponenta napona na 50 Hz u linearnom režimu rada invertora. Linearni režim rada invertora se ima kada maksimalna vrednost reference nije veća od maksimalne vrednosti nosioca i da minimalna vrednost reference nije manja od minimalne vrednosti nosioca.



Slika 3.

Rešenje 3. zadatka: Invertor radi u linearnom režimu rada ako su ispunjena sledeća dva uslova:

$$m + \frac{m}{4} \leq 1, \quad (3.1)$$

i:

$$-m + \frac{m}{4} \geq -1. \quad (3.2)$$

Iz prethodnih nejednakosti dobijaju se dva skupa vrednosti indeksa modulacije, $m \leq 0.8$ i $m \leq 1.33$. Presek ova dva skupa je skup $m \leq 0.8$, pa je maksimalna vrednost indeksa modulacije 0.8. Jednosmerna komponenta napona v_a jednaka je:

$$V_{a,0} = \frac{m}{4} \frac{V_{in}}{2} = \frac{mV_{in}}{8}, \quad (3.3)$$

dok je komponenta ovog napona na $f = 50$ Hz zadata izrazom:

$$v_{a,1} = m \frac{V_{in}}{2} \sin(2\pi ft). \quad (3.4)$$

Funkcija prenosa filtra u frekventnom domenu data je izrazom:

$$G(j\omega) = \frac{R}{R - \omega^2 LCR + j\omega L}. \quad (3.6)$$

Moduo ove funkcije za jednosmernu komponentu jednak je 1, dok je za harmonik na frekvenciji od 50 Hz moduo ove funkcije jednak 0.955. Jednosmerna komponenta napona na opterećenju je jednaka jednosmernoj komponenti napona v_a , dok je komponenta napona opterećenja na 50 Hz zadata izrazom:

$$v_{a,1} = 0.955m \frac{V_{in}}{2} \sin(2\pi ft). \quad (3.8)$$

Efektivna vrednost ove komponente napona opterećenja za indeks modulacije $m = 0.8$ jednaka je $V_1 = 108.36$ V. Aktivna snaga koju generiše jednosmerna komponenta pri indeksu modulacije $m = 0.8$ jednaka je:

$$P_0 = \left(\frac{mV_{in}}{8} \right)^2 \frac{1}{R} = 160 \text{ W}. \quad (3.9)$$

Aktivna snaga koju generiše harmonik na 50 Hz jednaka je:

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R} = 1167.1 \text{ W}, \quad (3.10)$$

pa je ukupna aktivna snaga koju generišu jednosmerna i komponenta napona na 50 Hz jednaka:

$$P = 1327.1 \text{ W}. \quad (3.11)$$

Napomene:

- Dozvoljena upotreba kalkulatora, grafitne olovke i šablona za crtanje talasnih oblika.
- Svaku tvrdnju u rešenju zadatka potkrepiti kratkim i preciznim objašnjenjem. U suprotnom, zadatak neće biti ocenjen punim brojem poena.
- Student se poziva na usmeni ispit ukoliko ostvari 17.5 poena na pismenom i ukoliko ostvari 32.5 poena u zbiru na pismenom i laboratorijskim vežbama.