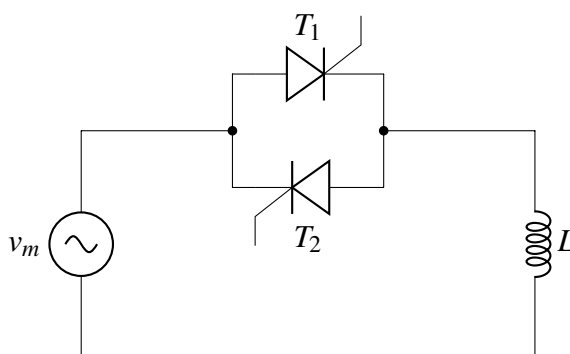


1. zadatak [25 poena] Fazni regulator je na svom ulazu povezan na monofazni mrežni napon efektivne vrednosti $U_m = 230$ V i frekvencije $f = 50$ Hz, a na izlazu na prigušnicu induktivnosti $L = 10$ mH. Trenutak (ugao) kada tiristor T_1 dobija impuls za paljenje jednak je $\alpha_1 = \pi/2$. Odrediti funkciju zavisnosti efektivne vrednosti izlaznog napona od ugla paljenja drugog tiristora (α_2), ako se zna da taj ugao može uzeti vrednost iz opsega od $3\pi/2$ do 2π .



Slika 1.

Rešenje 1. zadatka Opšti izraz za struju prigušnice kada vodi neki od tiristora:

$$i(x) = \frac{E\sqrt{2}}{\omega L}(\cos \alpha - \cos x), \quad (1.1)$$

gde je sa α označen trenutak (ugao) uključenja tiristora. Tiristor T_1 se isključuje u trenutku kada njegova struja, koja je istovremeno i struja prigušnice, padne na nulu. Kako je $\alpha_1 = \pi/2$, ugao isključenja jednak je $\beta_1 = 3\pi/2$. Može se zaključiti da tiristor T_2 može da se uključi jer se tiristor T_1 isključuje pre trenutka α_2 . Granični slučaj se ima za $\alpha_2 = 3\pi/2$, kada nema pauze između vodjenja dva tiristora.

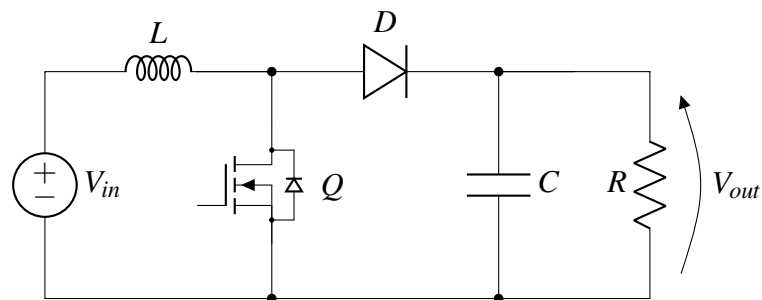
Ugao isključenja tiristora T_2 jednak je $\beta_2 = 4\pi - \alpha_2$. Za sve vrednosti α_2 iz opsega koji je zadat, β_2 je manje ili jednako od $\alpha_1 + 2\pi$, što je trenutak isključenja tiristora T_1 , pa će se tiristor T_1 sigurno uključiti.

Izraz za efektivnu vrednost napona na izlazu je:

$$U = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{2\pi} u^2 dx} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left(\int_{\alpha_1}^{\beta_1} e^2 dx + \int_{\alpha_2}^{\beta_2} e^2 dx \right)}. \quad (1.2)$$

$$U = \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(\int_{\pi}^{\beta_1} e^2 dx + \int_{\alpha_2}^{2\pi} e^2 dx \right)} = E \sqrt{\frac{5}{2} - \frac{\alpha_2}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha_2)}{2\pi}}. \quad (1.3)$$

2. zadatak [21 poena] Za čoper prikazan na Slici 2. poznati su sledeći podaci: $f = 100$ kHz, $R = 10 \Omega$, $L = 100 \mu\text{H}$. Ulazni napon čopera jednak je 12 V, dok se izlazni napon održava na konstantnoj vrednosti od 24 V. Zanimariti valovitost napona na kondenzatoru C i gubitke u kolu. Da li čoper radi u neprekidnom ili prekidnom režimu rada? Odrediti maksimalne trenutne vrednosti struja kroz prekidač i diodu, kao i maksimalne napone koje blokiraju ovi elementi.



Slika 2.

Rešenje 2. zadatka Duty cycle D jednak je 0.5. Rippl struje prigušnice jednak je:

$$\Delta I_L = \frac{V_{in} D}{L f} = 0.6 \text{ A}, \quad (2.1)$$

dok se srednja vrednost struje prigušnice može izračunati iz jednakosti snage na ulazu i izlazu pretvarača:

$$I_L^{avg} = \frac{V_{out}^2}{V_{in} R} = 4.8 \text{ A}. \quad (2.2)$$

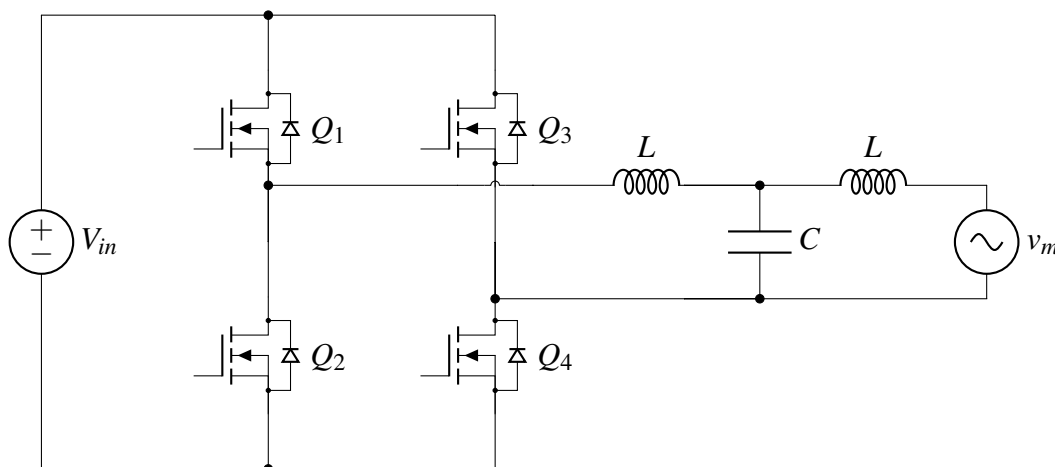
Čoper radi u neprekidnom režimu rada. Kada provodi, struja tranzistora jednaka je struji prigušnice, pa je maksimalna trenutna vrednost struje tranzistora jednaka:

$$I_Q^{max} = I_L^{max} = I_L^{avg} + \frac{\Delta I_L}{2} = 5.1 \text{ A}. \quad (2.3)$$

Isto važi i za diodu.

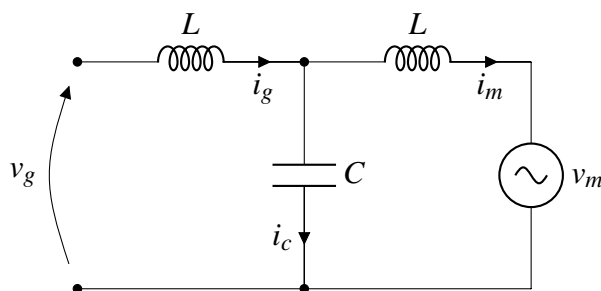
Što se tiče maksimalnih napona koji tranzistor i dioda blokiraju, oni su jednaki maksimalnom naponu na tranzistoru, odnosno diodi, kada su tranzistor, odnosno dioda isključeni. Za oba elementa, taj napon je jednak $V_{out} = 24 \text{ V}$.

3. zadatak [24 poena] Monofazni mosni inverter sa Slike 3. priključen je, preko LCL filtra ($L = 0.01$ H, $C = 1 \mu\text{F}$), na monofaznu mrežu $u_m(t) = U_m \sqrt{2} \sin(\omega t + \pi/4)$, gde je $U_m = 230$ V, a $\omega = 2\pi f$ ($f = 50$ Hz). Na ulaz invertora priključen je jednosmerni napon $V_{in} = 600$ V. Kod upravljanja inverterom primenjena je spregnuta modulacija. Ako je poznato da inverter predaje mreži prividnu snagu osnovnog harmonika $\underline{S}_1 = (4 + j \cdot 3)$ kVA, odrediti indeks modulacije i fazni ugao reference.



Slika 3.

Rešenje 3. zadatka Na Slici 3.1 označeni su naponi i struje filtra.



Slika 3.1

Uz pomoć Laplasove transformacije, može se doći do sledećih izraza:

$$\underline{V}_C = \underline{V}_M + sL\underline{I}_M. \quad (3.1)$$

$$\underline{I}_C = sC\underline{V}_C = sC\underline{V}_M + s^2L\underline{I}_M. \quad (3.2)$$

$$\underline{I}_G = \underline{I}_C + \underline{I}_M = sC\underline{V}_M + (s^2LC + 1)\underline{I}_M. \quad (3.3)$$

$$\underline{V}_G = \underline{V}_C + sL\underline{I}_G = (s^2LC + 1)\underline{V}_M + sL(s^2LC + 2)\underline{I}_M. \quad (3.4)$$

Kada se uzme $s = j\omega$, tada prethodni izraz postaje:

$$\underline{V}_G = \underline{V}_C + j\omega L\underline{I}_G = (1 - \omega^2LC)\underline{V}_M + sL(2 - \omega^2LC)\underline{I}_M. \quad (3.5)$$

Ukoliko se za referentnu fazu postavi postavi faza mrežnog napona, tada mrežni napon ima samo realni deo (koji je jednak $U_M = 230$ V), odnosno:

$$\underline{V}_G = (1 - \omega^2LC)\underline{V}_M + sL(2 - \omega^2LC)\underline{I}_M. \quad (3.6)$$

Izraz za \underline{I}_M je:

$$\underline{I}_M = \frac{\underline{S}_1^*}{\underline{V}_M} = \frac{P_1 - j \cdot Q_1}{V_M} = (17.391 - j \cdot 13.043) \text{ A}. \quad (3.7)$$

Sada izraz (3.6) postaje:

$$\underline{V}_G = (311.69 - j \cdot 109.22) \text{ V}. \quad (3.8)$$

Indeks modulacije jednak je:

$$m = \frac{|\underline{V}_G| \sqrt{2}}{V_{in}} = 0.778. \quad (3.9)$$

Ugao referentnog signala jednak je:

$$\theta_{ref} = 45^\circ + \arg\{\underline{V}_G\} = 64.31^\circ. \quad (3.10)$$

Teorijsko pitanje [20 poena] Feritna magnetna jezgra.

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 je položio ispit ukoliko ostvari 40 poena na pismenom i ukoliko ostvari 50 u zbiru poena sa pismenog i laboratorijskih vežbi.