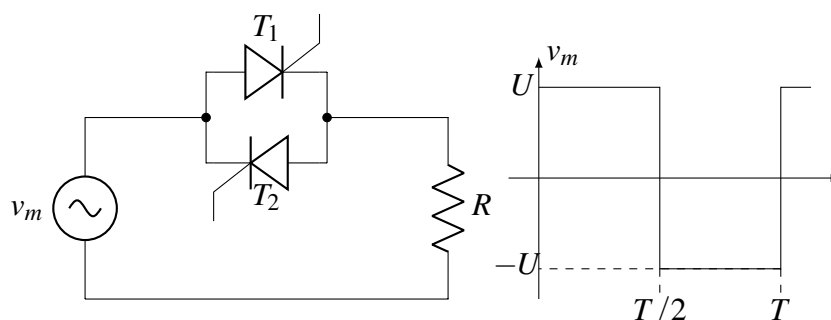


**1. zadatak [20 poena]** Monofazni fazni regulator priključen je na svom ulazu na napon  $v_m$  čiji talasni oblik je prikazan na Slici 1. Ugao paljenja tiristora  $T_1$  jednak je  $\alpha = \pi/2$ . Odrediti ugao paljenja drugog tiristora za koji je efektivna vrednost drugog harmonika struje opterećenja minimalna, kao i ugao paljenja drugog tiristora za koji je efektivna vrednost drugog harmonika struje opterećenja maksimalna.



Slika 1.

**Rešenje 1. zadatka** Tiristor  $T_1$  provodi od trenutka  $\alpha$ , do trenutka  $\pi$ , dok tiristor  $T_2$  provodi od trenutka  $\alpha_2$  do trenutka  $2\pi$ . Furijeovom transformacijom može se doći do opšteg izraza za efektivnu vrednost drugog harmonika:

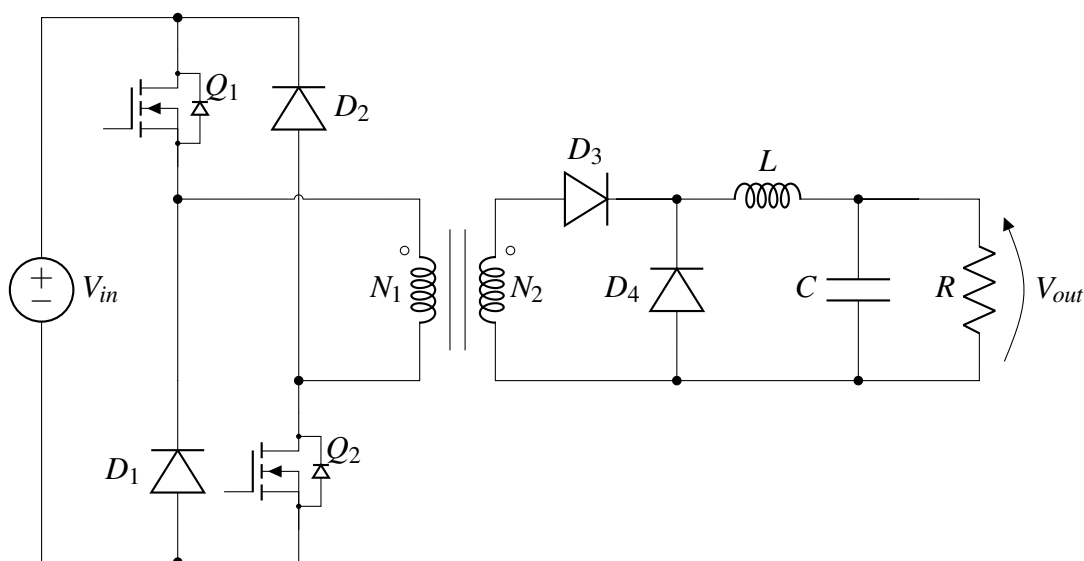
$$A_2 = \frac{1}{\pi} \left[ \int_{\alpha}^{\pi} U \sin(x) dx + \int_{\alpha_2}^{2\pi} -U \sin(x) dx \right] = -\frac{U}{2\pi} [1 + \cos(2\alpha_2)], \quad (1.1)$$

$$B_2 = \frac{1}{\pi} \left[ \int_{\alpha}^{\pi} U \cos(x) dx + \int_{\alpha_2}^{2\pi} -U \cos(x) dx \right] = \frac{U}{2\pi} \sin(\alpha_2), \quad (1.2)$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{A_1^2 + B_1^2}{2}} = \frac{U}{2\pi} \sqrt{1 + \cos(2\alpha_2)}. \quad (1.3)$$

Minimum ove funkcije se ima za  $\alpha_2 = 3\pi/2$ , dok se maksimum ima za uglove  $\alpha_2 = \pi$  i  $\alpha_2 = 2\pi$ .

**2. zadatak [25 poena]** Za čoper sa Slike 2. poznati su sledeći parametri: ulazni napon  $V_{in} = 400$  V, prenosni odnos transformatora  $N_1/N_2 = 10$ , frekvencija prekidanja  $f = 50$  kHz, induktivnost prigušnice  $L = 35 \mu\text{H}$ , otpornost opterećenja  $R = 5 \Omega$ . Odrediti opseg promene *duty-cycle*-a tako da transformator ne uđe u zasićenje i da struja prigušnice  $L$  bude neprekidna.



Slika 2.

**Rešenje 2. zadatka:** Početna pretpostavka je da transformator nije ušao u zasićenje i da je struja prigušnice  $L$  neprekidna. Od trenutka 0 do trenutka  $DT$  provode tranzistori  $Q_1$  i  $Q_2$ , induktivnost magnećenja transformatora izložena je pozitivnom naponu  $V_{in}$  pa je transformator u procesu magnećenja. Tokom ovog intervala dioda  $D_3$  provodi, pa je napon na prigušnici  $L$  jednak:

$$u_L = \frac{V_{in}}{N} - V_{out}. \quad (2.1)$$

U trenutku  $DT$  gase se tranzistori, a usled zaostale magnetske energije u transformatoru i prigušnici  $L$ , pale se diode  $D_1$ ,  $D_2$  i  $D_4$ . Induktivnost magnećenja je sada izložena negativnom naponu  $-V_{in}$ , dok je napon na prigušnici  $L$  jednak:

$$u_L = -V_{out}. \quad (2.2)$$

Trenutak isključenja dioda  $D_1$  i  $D_2$  je trenutak kada se transformator razmagnet. Kako se transformator magneti i razmagnećuje jednakim naponima (ali suprotnog znaka), sledi

da ova dva procesa traju jednako dugo. Ukoliko transformator završi proces demagnetizacije pre početka sledećeg prekidačkog perioda, transformator neće ući u zasićenje. Iz prethodno navedenih činjenica može se zaključiti da je uslov da transformator ne uđe u zasićenje da  $D \leq 0.5$ .

Iz uslova ustaljenog stanja sledi:

$$\int_0^{DT} \left( \frac{V_{in}}{N} - V_{out} \right) dt + \int_{DT}^T (-V_{out}) dt = 0, \quad (2.3)$$

pa sledi da je izlazni napon jednak:

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{N} D. \quad (2.4)$$

Srednja vrednost struje prigušnice jednaka je izlaznoj struji, pa važi:

$$I_L^{avg} = \frac{V_{in}}{NR} D. \quad (2.5)$$

*Peak-to-peak* ripl struje prigušnice jednak je:

$$\Delta I_L = \frac{V_{out}(1-D)}{Lf}, \quad (2.6)$$

pa je uslov neprekidnosti zadovoljen ako važi:

$$I_L^{avg} \geq \frac{\Delta I_L}{2}. \quad (2.7)$$

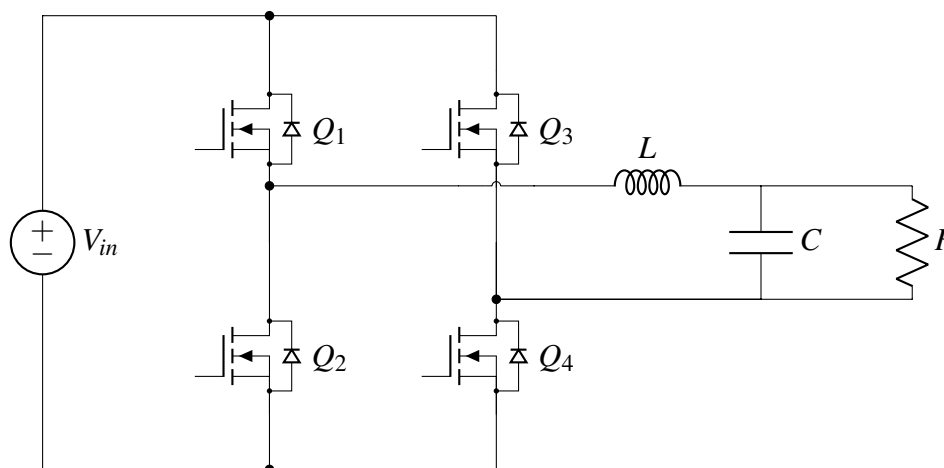
Zamenom izraza (2.5) i (2.6) u (2.7) dobija se:

$$D \geq 0.3, \quad (2.8)$$

pa je konačno skup vrednosti  $D$  koji zadovoljava početnu pretpostavku (samim tim i uslov zadatka):

$$D \in [0.3, 0.5]. \quad (2.9)$$

**3. zadatak [25 poena]** Na Slici 3. prikazan je monofazni mosni inverter priključen na svom ulazu na jednosmerni napon  $V_{in} = 400$  V. Invertorom se upravlja raspregnuta modulacija sa referencom frekvencije  $f = 50$  Hz. Otpornost opterećenja jednaka je  $R = 10$   $\Omega$ , dok je kapacitivnost kondenzatora  $C = 1$   $\mu$ F. Efektivna vrednost osnovnog harmonika napona na otporniku jednaka je  $V_{out} = 230$  V. Odrediti induktivnost prigušnice tako da reaktivna snaga osnovnog harmonika (50 Hz) koja dolazi iz invertora bude u potpunosti kompenzovana, kao i indeks modulacije.



Slika 3.

**Rešenje 3. zadatka:** Osnovni harmonik reaktivne snage kondenzatora jednak je:

$$Q_C = -\omega C V_{out}^2. \quad (3.1)$$

Laplasova predstava struje prigušnice je:

$$\underline{I}_L(s) = \frac{V_{out}}{R} + sC V_{out}, \quad (3.2)$$

odnosno:

$$\underline{I}_L(s) = V_{out} \frac{sCR + 1}{R}. \quad (3.3)$$

Efektivna vrednost struje prigušnice jednaka je:

$$I_L = V_{out} \frac{\sqrt{(\omega RC)^2 + 1}}{R}. \quad (3.4)$$

Osnovni harmonik reaktivne snage prigušnice jednak je:

$$Q_L = \omega L I_L^2. \quad (3.5)$$

Uslov kompenzacije reaktivne snage je:

$$Q_L + Q_C = 0, \quad (3.6)$$

iz čega sledi  $L = 100 \mu\text{H}$ . Efektivna vrednost osnovnog harmonika napona na izlazu iz invertora jednaka je:

$$V_{g1} = V_{out} \frac{R}{\sqrt{(R - \omega^2 LCR)^2 + (\omega L)^2}}. \quad (3.7)$$

Indeks modulacije jednak je:

$$m = \frac{V_{g1} \sqrt{2}}{V_{in}} = 0.813. \quad (3.8)$$

**Teorijsko pitanje [20 poena]** Strujni inverter sa induktivnim opterećenjem.

**Napomene:**

- Ispit traje 180 minuta.
- 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.