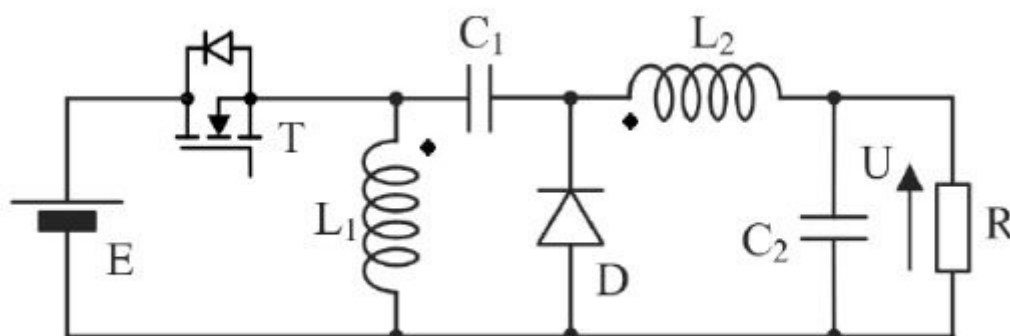


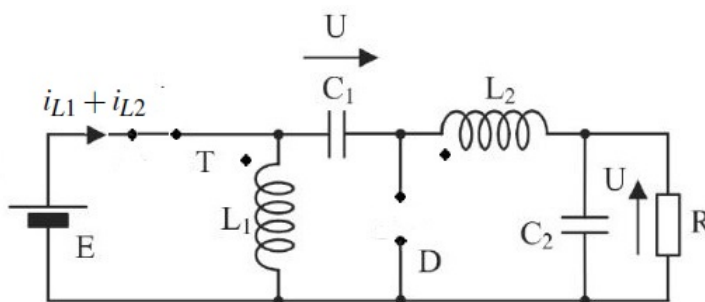
**1. zadatak** ZETA pretvarač prikazan je na Slici 1.1. Prigušnice  $L_1$  i  $L_2$  magnetski su spregnute, i koeficijent te sprege jednak je  $k = 0.9$ , dok su njihove sopstvene induktivnosti međusobno jednake i imaju vrednost  $L_1 = L_2 = 1$  mH. Ostali parametri pretvarača su: ulazni napon  $E = 24$  V, prekidačka frekvencija  $f_{PWM} = 10$  kHz, otpornost potrošača  $R = 100$   $\Omega$ . Pretpostaviti da su kapacitivnosti kondenzatora  $C_1$  i  $C_2$  dovoljno velike da se može zanemariti valovitost napona na njima. Odrediti za koje vrednosti *duty-cycle*-a pretvarač radi u neprekidnom režimu rada.



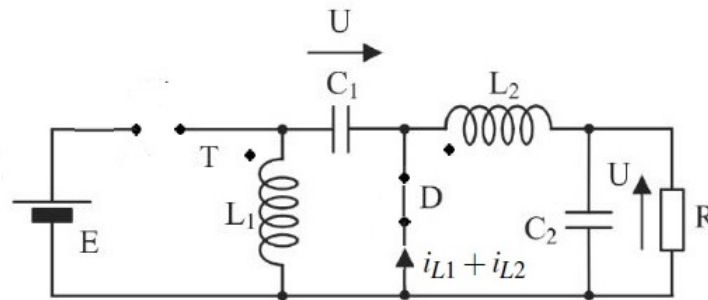
Slika 1.1

**Rešenje 1. zadatka** U ustaljenom stanju, srednje vrednosti napona prigušnica  $L_1$  i  $L_2$  jednaki su nuli, pa se posmatranjem topologije ZETA pretvarača može zaključiti da je srednja vrednost napona na kondenzatoru  $C_1$  jednaka izlaznom naponu  $U$  (zbir napona po konturi je jednak nuli, posmatra se kontura koju obrazuju  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $C_1$  i  $C_2$ ).

U slučaju kada je prekidač T zatvoren (Slika 1.2), naponi na prigušnicama su jednaki ulaznom naponu  $E$ , dok u slučaju otvorenom prekidača (Slika 1.3), naponi na prigušnicama jednaki su naponu  $-U$ .



Slika 1.2



Slika 1.3

Iz uslova da je srednja vrednost napona na prigušnici jednaka nuli, može se pisati sledeća jednačina:

$$E \cdot DT = U \cdot (1 - D)T, \quad (1.1)$$

odnosno:

$$U = E \frac{D}{1 - D}. \quad (1.2)$$

U ustaljenom stanju, srednja vrednost struje prigušnice  $L_2$  jednaka je sumi srednjih vrednosti struja kondenzatora  $C_2$  i otpornika  $R$ , a kako je srednja vrednost struje kondenzatora u ustaljenom stanju jednaka nuli, može se zaključiti da je srednja vrednost struje prigušnice  $L_2$  jednaka izlaznoj struji, tj:

$$I_{L_2, sr} = \frac{U}{R} = \frac{ED}{R(1 - D)}. \quad (1.3)$$

Izraz za srednju vrednost struje prigušnice  $L_1$  moguće je naći iz uslova da je srednja vrednost struje kondenzatora  $C_1$  jednaka nuli, odnosno:

$$I_{L_2, sr} \cdot DT = I_{L_1, sr} \cdot (1 - D)T, \quad (1.4)$$

odakle sledi:

$$I_{L_1, sr} = I_{L_2, sr} \frac{D}{1 - D}. \quad (1.5)$$

Naponi na prigušnicama  $L_1$  i  $L_2$  jednaki su u svakom trenutku. Kada je prekidač zatvoren, za prigušnicu  $L_1$  važi sledeća jednačina:

$$E = L_1 \frac{di_{L_1}}{dt} + L_m \frac{di_{L_2}}{dt}, \quad (1.6)$$

gde je  $L_m$  međusobna induktivnost prigušnica, i važi:

$$L_m = k\sqrt{L_1 L_2} = 0.9L_1. \quad (1.7)$$

Primenom jednačine (1.7) na jednačinu (1.6) dobija se sledeći izraz:

$$E = 1.9L_1 \frac{di_{L_1}}{dt}, \quad (1.8)$$

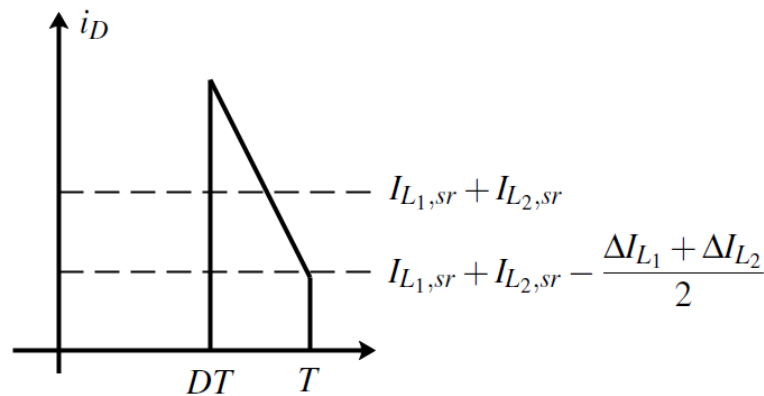
na osnovu kog je moguće izvesti izraz za ripl struje prigušnice  $L_1$ :

$$\Delta I_{L_1} = \frac{E \cdot DT}{1.9L_1}, \quad (1.9)$$

Kako su induktivnosti prigušnica  $L_1$  i  $L_2$  jednake, baš kao i naponi na njima, riplovi struja ove dve prigušnice biće jednaki.

Tokom dela periode  $T$  kada je prekidač isključen, dioda  $D$  će provoditi struju koja je jednaka zbiru struja prigušnica  $L_1$  i  $L_2$  (Slika 1.4). Uslov da pretvarač radi u neprekidnom režimu jeste da struja diode ne padne ispod nule:

$$I_{L_1, sr} + I_{L_2, sr} \geq \frac{\Delta I_{L_1} + \Delta I_{L_2}}{2}. \quad (1.10)$$



Slika 1.4

Primenom izraza (1.5) na izraz (1.10) dobija se:

$$I_{L_2, sr} \left(1 + \frac{D}{1-D}\right) \geq \Delta I_{L_1}, \quad (1.11)$$

odnosno:

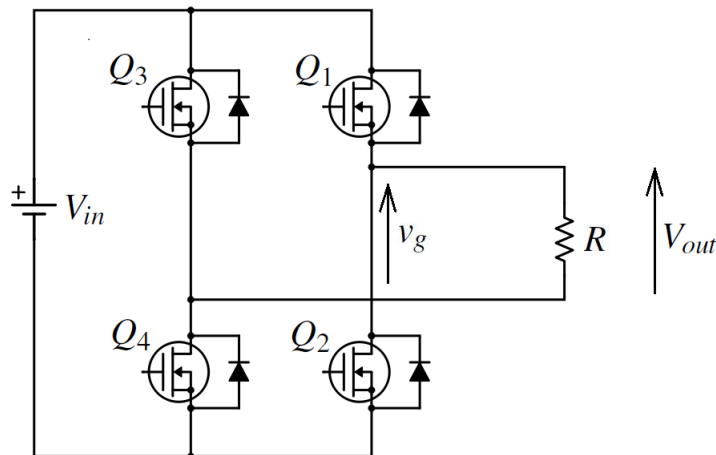
$$\frac{E \cdot D}{R(1-D)} \cdot \frac{1}{1-D} \geq \frac{E \cdot DT}{1.9L_1}. \quad (1.12)$$

Rešavanjem prethodne nejednakosti dobija se da važi  $D \geq 0.564$ , pa je traženi opseg:

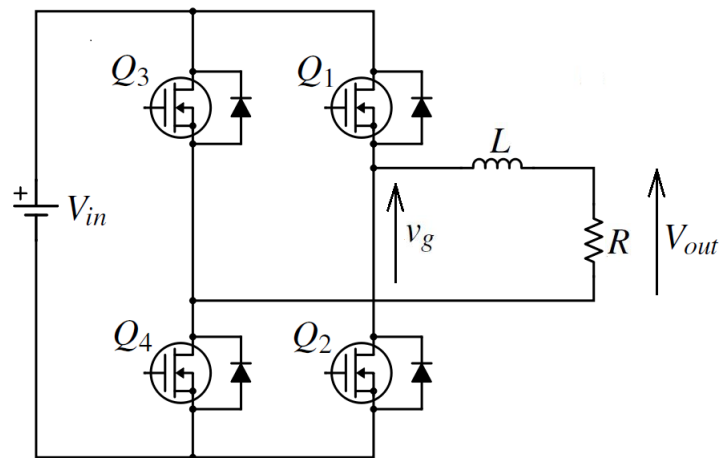
$$0.564 \leq D \leq 1. \quad (1.13)$$

**2. zadatak** Na svom svojim ulaznim priključcima, monofazni mosni inverter povezan je na jednosmerni izvor napona  $V_{in} = 600$  V, dok je na svom izlazu povezan sa čisto omskim opterećenjem  $R = 30 \Omega$  (Slika 2.1). Invertorom se upravlja na sledeći način: ukoliko je simetrični trougaoni nosilac  $v_{osc}(t)$ , koji osciluje frekvencijom  $f_{PWM} = 200$  Hz u granicama  $0 \leq v_{osc}(t) \leq 10$  V, manji od signala reference  $v_m(t)$ , uključeni su tranzistori  $Q_1$  i  $Q_4$ , u suprotnom, uključeni su tranzistori  $Q_2$  i  $Q_3$ . Napon  $v_m(t)$  je konstantan u vremenu, i jednak  $V_m$ .

- Ako je srednja vrednost napona  $v_g$  jednaka nuli, odrediti vrednost konstante  $V_m$ .
- Odrediti efektivnu vrednost osnovnog harmonika napona na otporniku  $R$ .
- Odrediti THD faktor napona na opterećenju.
- Odrediti talasni oblik ulazne struje.
- Ukoliko se na red sa otpornikom  $R$  priključi prigušnica  $L$  induktivnosti 15 mH (Slika 2.2), odrediti efektivnu vrednost osnovnog harmonika napona na otporniku  $R$ .

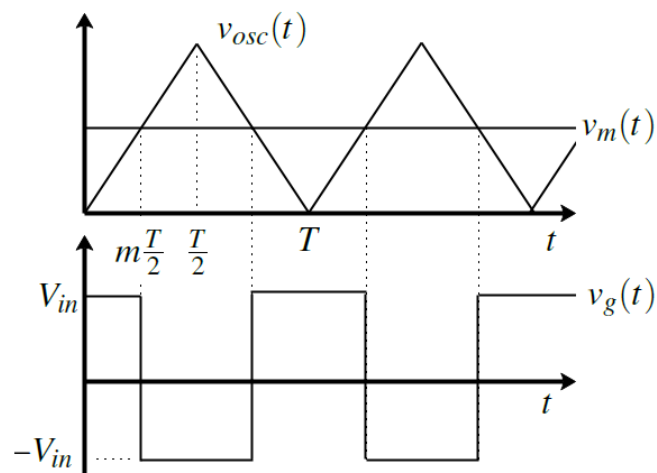


Slika 2.1



Slika 2.2

## Rešenje 2. zadatka



Slika 2.3

a) Kada su uključeni tranzistori  $Q_1$  i  $Q_4$ , napon  $v_g$  jednak je ulaznom naponu, a kada su uključeni  $Q_2$  i  $Q_3$ , napon  $v_g$  jednak je negativnoj vrednosti ulaznog naponu. Neka je sa  $m$  označen odnos konstante  $V_m$  i amplitude napona  $v_{osc}$ . Srednja vrednost napona  $v_g(t)$  jednaka je:

$$\int_0^T v_g(t) dt = V_{in} \cdot mT - V_{in} \cdot (1-m)T = V_{in} \cdot (2m-1) = 0, \quad (2.1)$$

odakle se dobija da je:

$$m = 0.5 = \frac{V_m}{10}, \quad (2.2)$$

pa je  $V_m$  jednako 5 V.

b) Osnovni harmonik napona jeste harmonik koji osluje frekvencijom od 200 Hz. Efektivna vrednost osnovnog harmonika napona na opterećenju je:

$$V_{g,1} = V_{out,1} \approx 540 \text{ V}. \quad (2.3)$$

c) Efektivna vrednost napona na opterećenju jednaka je ulaznom naponu, pa je THD faktor jednak:

$$THD_{V_{out}} = \frac{\sqrt{V_{out}^2 - V_{out,1}^2}}{V_{out,1}} = 48.43\%. \quad (2.4)$$

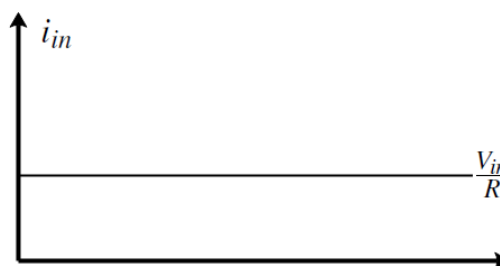
d) Kada su uključeni tranzistori  $Q_1$  i  $Q_4$ , ulazna struja je jednaka struji opterećenja:

$$i_{in} = \frac{V_{in}}{R}, \quad (2.5)$$

dok u slučaju kada su uključeni  $Q_2$  i  $Q_3$ , ulazna struja je jednaka negativnoj vrednosti struje opterećenja:

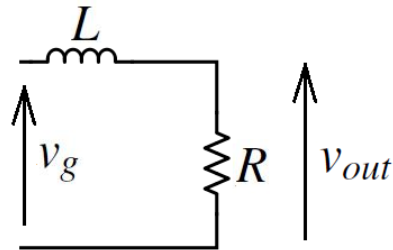
$$i_{in} = -\frac{V_{in}}{R} = \frac{V_{in}}{R}. \quad (2.6)$$

Ulazna struja je konstantna i njen talasni oblik prikazan je na Slici 2.4.



Slika 2.4

e) Impedansa prigušnice na frekvenciji od 200 Hz iznosi  $X_L = 18.85 \Omega$ .



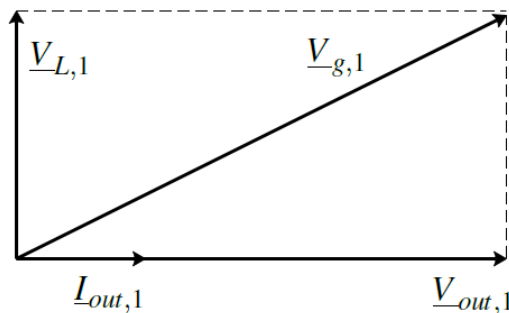
Slika 2.5

U Laplasovom domenu, za napone  $v_g$  i  $v_{out}$  važi:

$$V_{out}(s) = \frac{R}{sL + R} V_g(s). \quad (2.7)$$

Zamenom  $s = j\omega$ , prethodna jednačina postaje:

$$V_{out}(j\omega) = \frac{R}{j\omega L + R} V_g(j\omega). \quad (2.8)$$



Slika 2.6

Efektivna vrednost osnovnog harmonika jednaka je:

$$V_{out,1} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} V_{g,1} = \frac{30}{35.43} \cdot 540 \text{ V} = 457.24 \text{ V}. \quad (2.9)$$