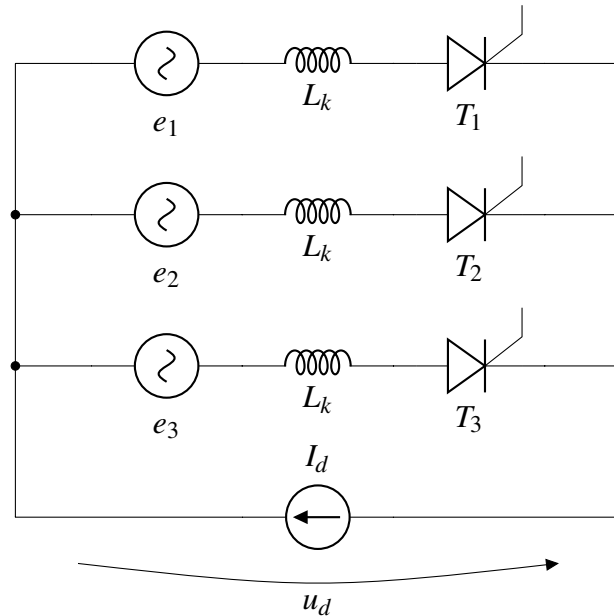


**1. zadatak [25 poena]** Trofazni jednostrani ispravljač sa Slike 1 priključen je na trofazni napon efektivne vrednosti 230 V i frekvencije 50 Hz. Ugao paljenja tiristora je jednak  $\alpha = 30^\circ$ . Usled kvara na upravljačkom kolu, tiristor  $T_3$  prestaje da dobija signal za uključenje. Izračunati srednju vrednost napona na izlazu ispravljača. Induktivnost prigušnice jednaka je  $L_k = 10 \mu\text{H}$ , a struja opterećenja je konstantna i jednaka 5 A.



Slika 1.

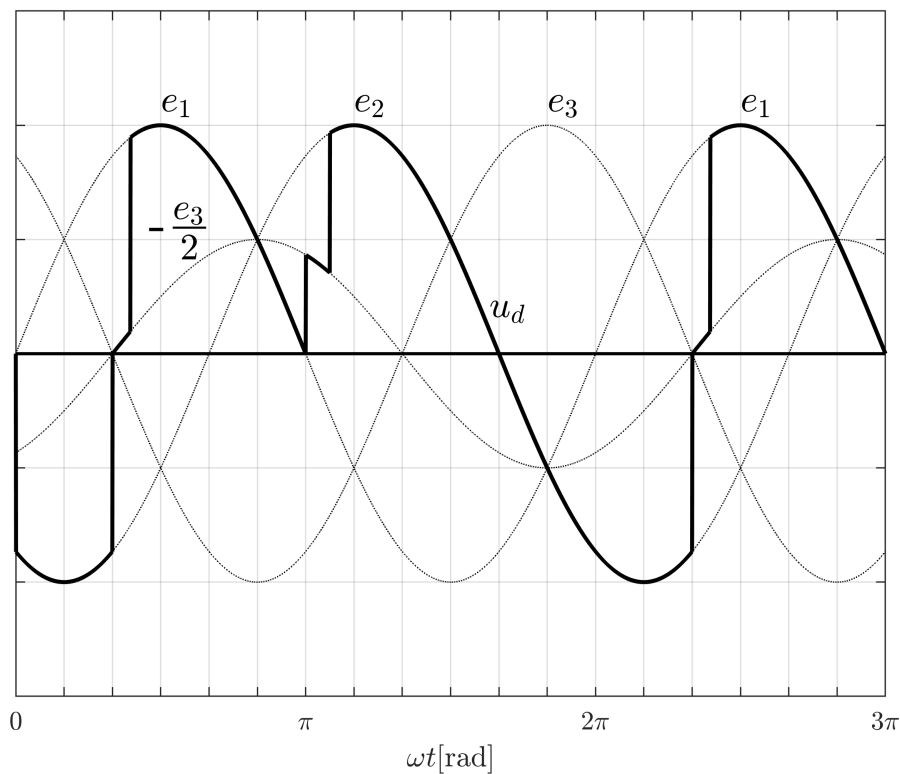
**Rešenje 1. zadatka** Kada samo provodi tiristor  $T_1$ , izlazni napon (napon na prigušnici) jednak je  $e_1(t)$ , kada samo provodi  $T_2$ , izlazni napon jednak je  $e_2(t)$ , dok je tokom komutacije izmedju tiristora  $T_1$  i  $T_2$  izlazni napon jednak  $-e_3(t)/2$ . Ugao trajanja komutacije kada  $T_2$  prestaje sa vodjenjem, a  $T_1$  počinje sa vodjenjem (Slika 1.1) jednak je:

$$\mu_1 = \arcsin\left(2 \frac{\omega L_k I_d}{E \sqrt{6}}\right) = 0.003^\circ, \quad (1.1)$$

dok je ugao trajanja druge komutacije jednak:

$$\mu_2 = \arccos\left(\frac{\sqrt{3}}{2} - 2 \frac{\omega L_k I_d}{E \sqrt{6}}\right) - \frac{\pi}{6} = 0.6^\circ. \quad (1.2)$$

Srednja vrednost izlaznog napona jednaka je:



Slika 1.1

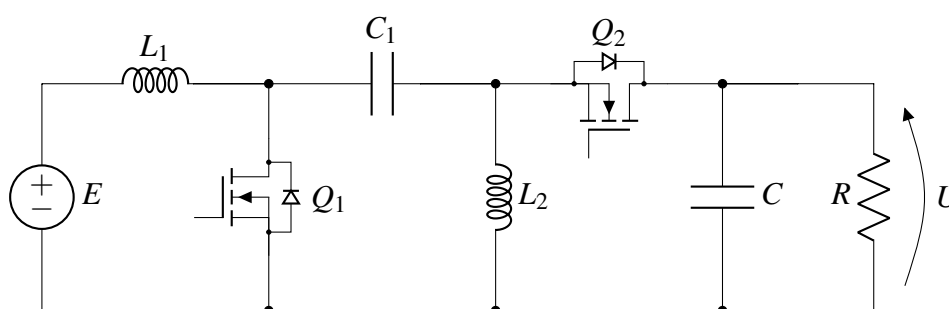
$$\begin{aligned}
 U_d = \frac{1}{2\pi} & \left[ \int_{\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{\pi}{6}+\alpha+\mu_1} -\frac{e_3(t)}{2} dt + \int_{\frac{\pi}{6}+\alpha+\mu_1}^{\frac{\pi}{6}+\alpha+\frac{2\pi}{3}} e_1(t) dt + \right. \\
 & \left. + \int_{\frac{\pi}{6}+\alpha+\frac{2\pi}{3}}^{\frac{\pi}{6}+\alpha+\frac{2\pi}{3}+\mu_2} -\frac{e_3(t)}{2} dt + \int_{\frac{\pi}{6}+\alpha+\frac{2\pi}{3}+\mu_2}^{\frac{\pi}{6}+\alpha+2\pi} e_2(t) dt \right] = 77.411 \text{ V.}
 \end{aligned} \tag{1.3}$$

Takodje, kako su trajanja komutacije relativno kratka, prihvatljiva je i aproksimacija:

$$U_d \approx \frac{1}{2\pi} \left[ \int_{\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{\pi}{6}+\alpha+\frac{2\pi}{3}} e_1(t) dt + \int_{\frac{\pi}{6}+\alpha+\frac{2\pi}{3}}^{\frac{\pi}{6}+\alpha+2\pi} e_2(t) dt \right] = 77.652 \text{ V.} \tag{1.4}$$

**2. zadatak [25 poena]** Za čoper prikazan na Slici 2. poznati su sledeći podaci:  $f = 100$  kHz,  $R = 100 \Omega$ ,  $L_1 = L_2 = 100 \mu\text{H}$ ,  $E = 10$  V,  $U = 20$  V. Oba prekidača su bidirekciona. Tranzistori provode naizmenično,  $Q_1$  od početka prekidačke periode, do trenutka  $DT$  (gde je  $T = 1/f$ ), dok  $Q_2$  provodi od trenutka  $DT$  do trenutka  $T$ . Zanemariti valovitost napona na kondenzatorima  $C_1$  i  $C$ .

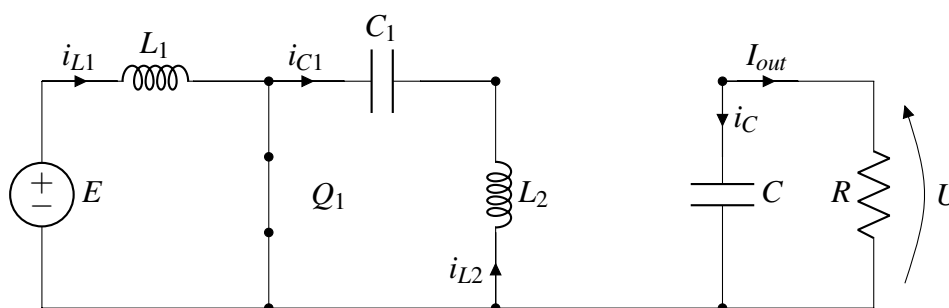
- Da li čoper radi u prekidnom ili neprekidnom režimu?
- Naći *peak-to-peak* ripl struje kondenzatora  $C_1$  i struje kondenzatora  $C$ .



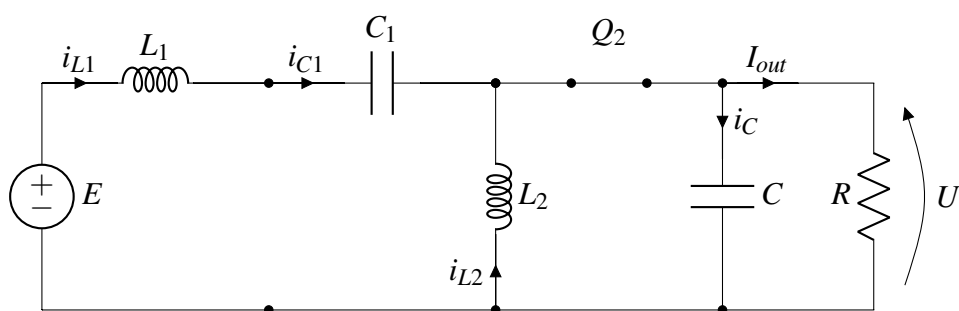
Slika 2.

**Rešenje 2. zadatka**  $Q_1$  i  $Q_2$  su bidirekcionni prekidači, stoga ne može doći do prekida.

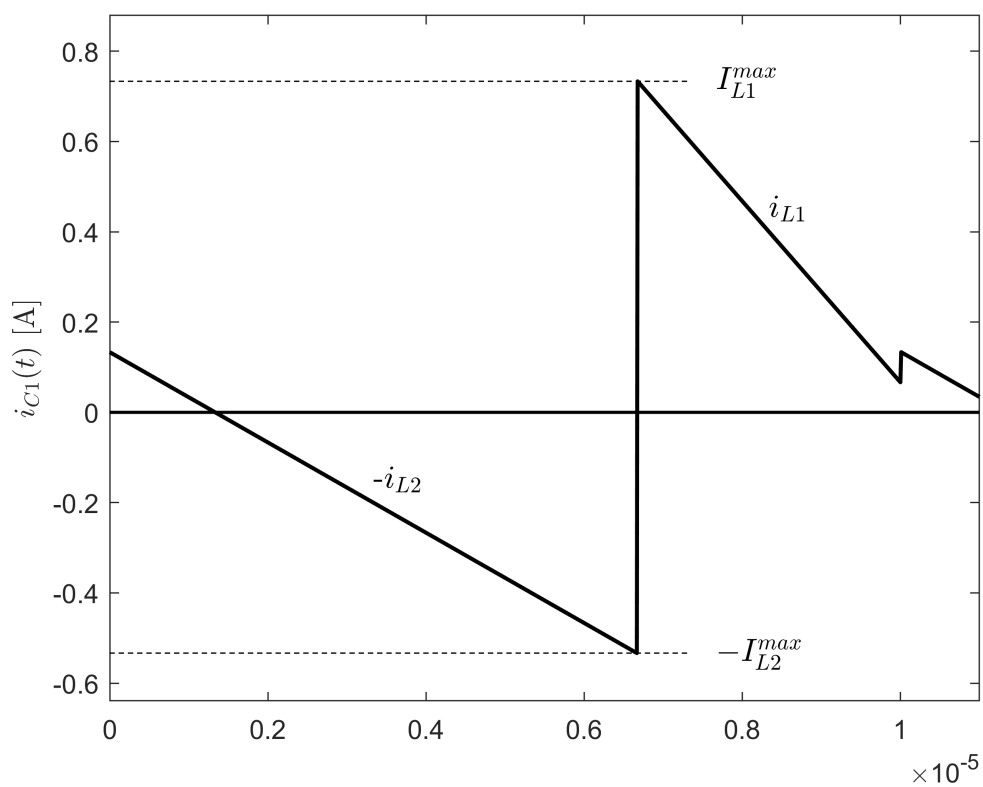
Čoper radi u neprekidnom režimu. Stanje čopera kada provodi  $Q_1$  prikazano je na Slici 2.1, dok je stanje čopera kada provodi  $Q_2$  prikazano Slikom 2.2. Talasni oblici struja kondenzatora  $C_1$  i  $C$  prikazani su na Slikama 2.3 i 2.4, redom.



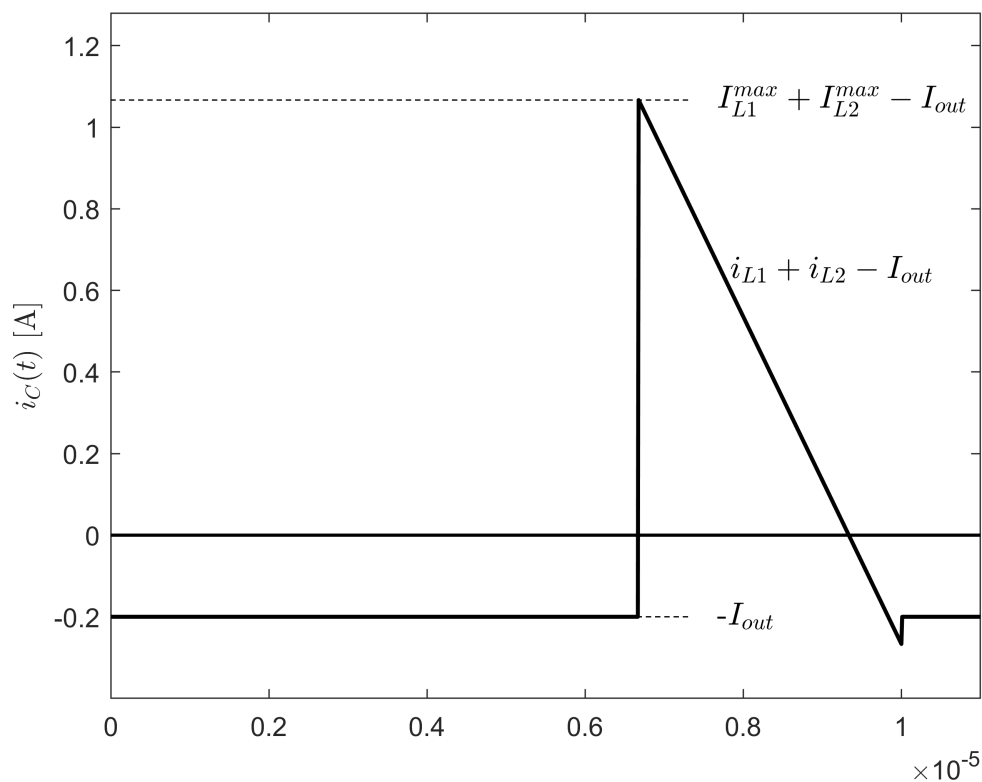
Slika 2.1



Slika 2.2



Slika 2.3



Slika 2.4

Nakon što se nadju odgovarajuće ekstremne vrednosti struja u kolu, *peak-to-peak* vrednost ripla struje kondenzatora  $C_1$  jednaka je:

$$\Delta I_{C1} = I_{L1}^{max} + I_{L2}^{max} = 1.266 \text{ A}, \quad (2.1)$$

dok je *peak-to-peak* vrednost ripla struje kondenzatora  $C$  jednaka:

$$\Delta I_C = I_{L1}^{max} + I_{L2}^{max} - I_{out} - (I_{L1}^{min} + I_{L2}^{min} - I_{out}) = 1.333 \text{ A}. \quad (2.2)$$

**3. zadatak [20 poena]** Trofazni asinhroni motor se napaja preko trofaznog invertora. Namotaji motora vezani su u zvezdu. Kod trofaznog invertora primenjena je sinusna modulacija sa injektovanim trećim harmonikom (osnovni harmonik referentnog signala je na 50 Hz). Motor se obrće konstantnom brzinom 24.4 obrtaja/s. Odrediti maksimalni moment motora koji potiče od komponente struje na 50 Hz, a da inverter radi u linearnom režimu. Poznati su parametri: ulazni napon invertora  $V_{dc} = 540$  V, broj pari polova motora  $p = 2$ , induktivnost rasipanja statora i induktivnost rasipanja rotora svedena na stator  $L_{\gamma,s} = L'_{\gamma,r} = 1$  mH, otpornost namotaja statora i otpornost namotaja rotora svedena na stator  $R_s = R'_r = 0.5$   $\Omega$ . Zanemariti gubitke u tranzistorima.

**Rešenje 3. zadatka** [https://www.youtube.com/watch?v=M5dbGK\\_YYCo](https://www.youtube.com/watch?v=M5dbGK_YYCo), uz određene promene parametara. Namotaji motora su vezani u zvezdu, sledi na namotaje motora dovodi se fazni napon, umesto linijskog. Maksimalni moment motora koji potiče od harmonika struje na 50 Hz, a da inverter radi u linearnom režimu, jednak je:

$$M_{em,1} = 42.45 \text{ Nm.} \quad (3.1)$$

**Teorijsko pitanje [20 poena]** Invertorski limit kod trofaznih tiristorskih jednostranih ispravljača.

**Odgovor:** [https://www.etf.bg.ac.rs/uploads/files/udzbenici/Energetski\\_pretvaraci\\_1\\_13E013EP1.pdf](https://www.etf.bg.ac.rs/uploads/files/udzbenici/Energetski_pretvaraci_1_13E013EP1.pdf) 57. strana

**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.