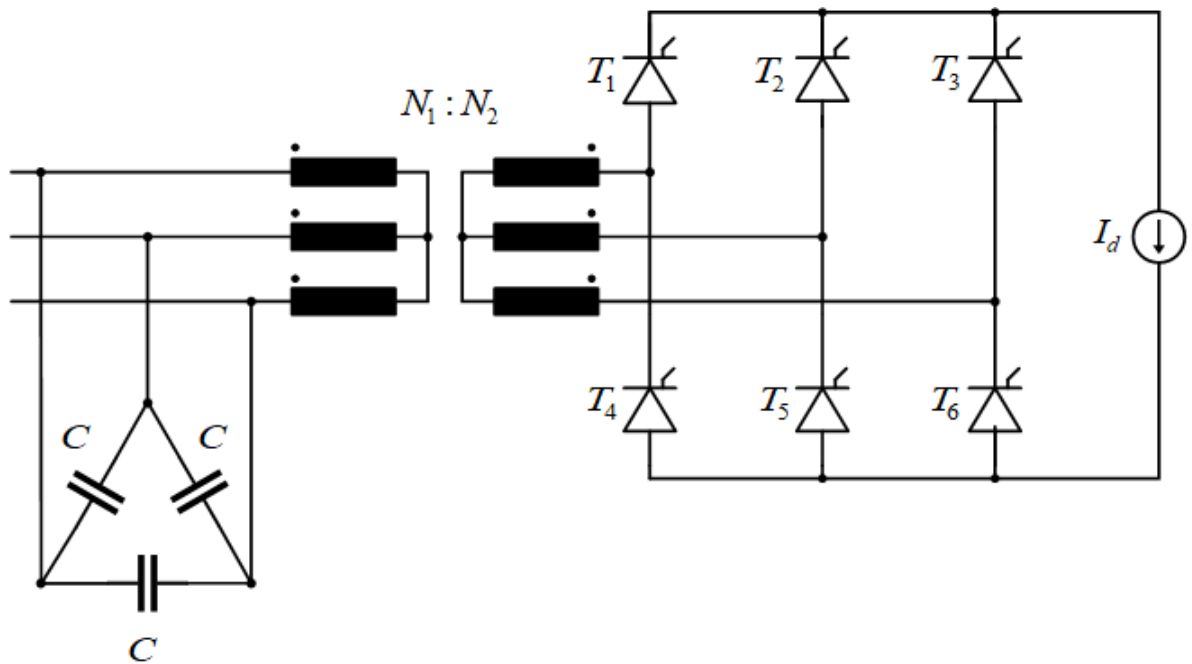


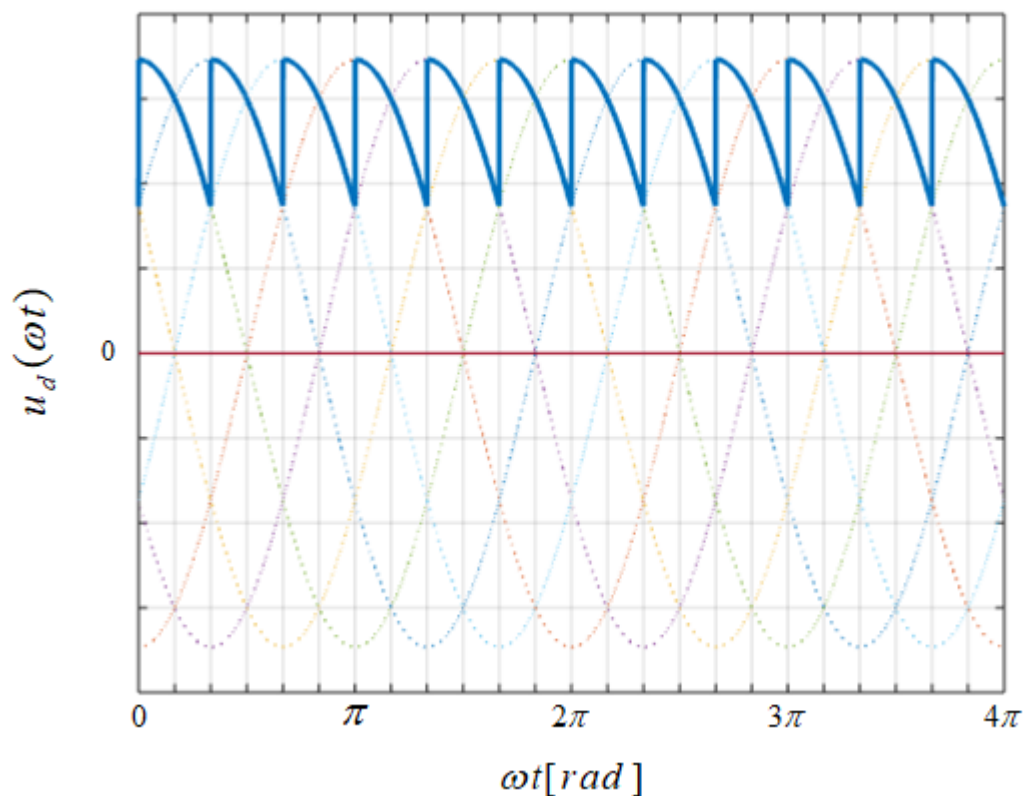
1. zadatak Trofazni mosni ispravljač (Slika 1) priključen je na mrežni napon preko trofaznog transformatora konfiguracije Yy. U cilju kompenzacije reaktivne energije ispravljača, na mrežne vodove priključena su tri kondenzatora kapacitivnosti $C = 100 \mu\text{F}$, vezana u trougao. Odrediti prenosni odnos transformatora, ako je poznato da je reaktivna energija ispravljača u potpunosti kompenzovana ukoliko ugao paljenja tiristora iznosi $\alpha = \pi/6$. Efektivna vrednost faznog napona mreže jednaka je 230 V, dok se opterećenje ispravljača može modelovati strujnim ponorom $I_d = 100 \text{ A}$. Zanemariti efekat komutacije.



Slika 1

Rešenje 1. zadatka Na Slici 1.1 prikazan je talasni oblik izlaznog napona ispravljača u_d . Srednja vrednost tog napona jednaka je:

$$U_d = \frac{3}{\pi} \int_{x=\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{\pi}{6}+\alpha+\frac{\pi}{3}} E\sqrt{6} \sin\left(x + \frac{\pi}{6}\right) dx = \frac{3E\sqrt{6}}{\pi} \cos \alpha \quad (1.1)$$



Slika 1.1

Na Slici 1.2 prikazan je talasni oblici faznih struja sekundara transformatora, i_1 , i_2 i i_3 . Kako su sekundarni namotaji transformatora vezani u zvezdu, za njih važi:

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0. \quad (1.2)$$

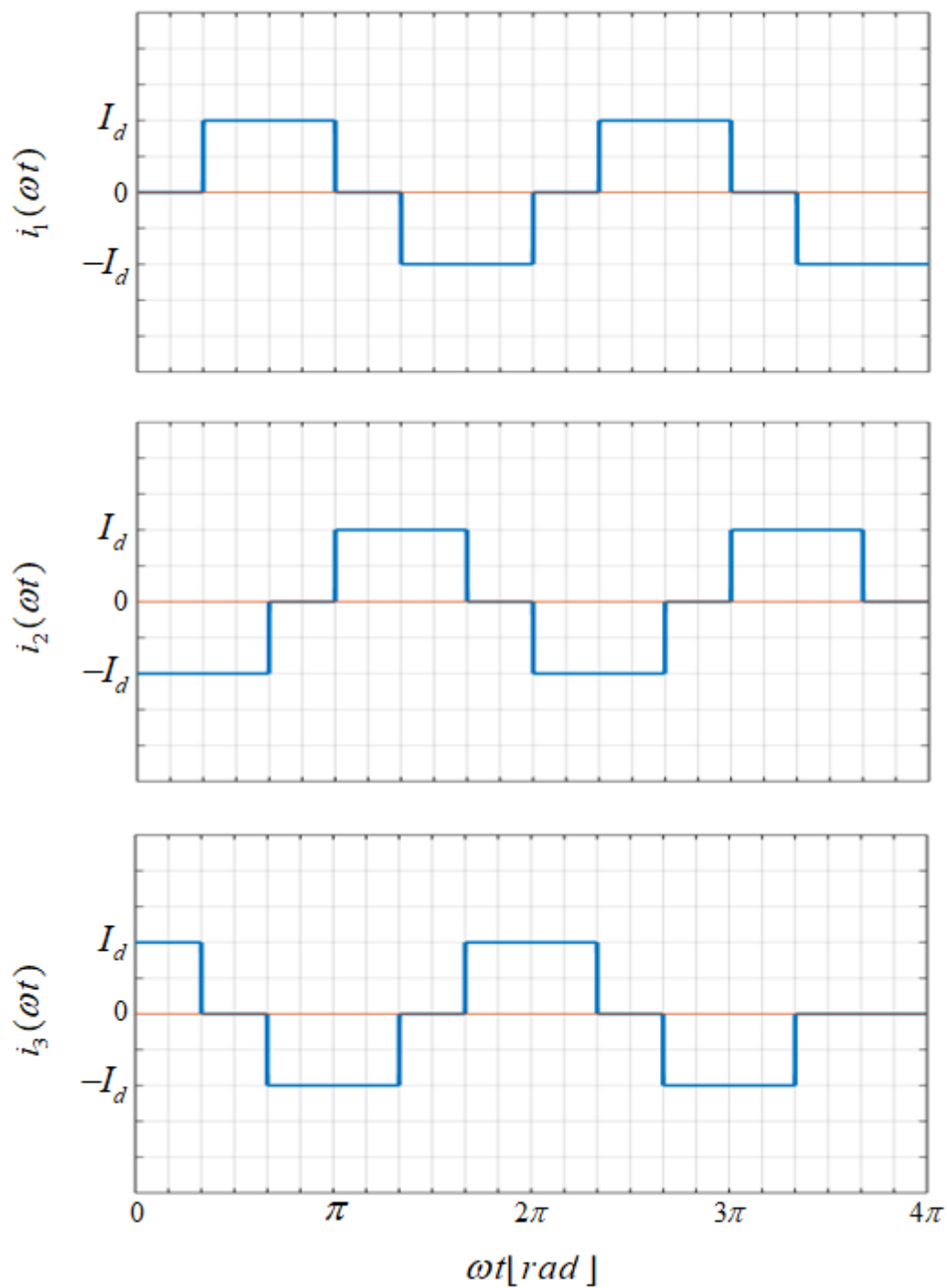
Primarni namotaji su takođe vezani u zvezdu, pa i za njih važi da je njihova suma jednaka nuli:

$$i_r + i_s + i_t = 0. \quad (1.3)$$

Zbir magnetopobudnih sila po zatvorenom magnetskom putu jednak je nuli, pa važe sledeća dva izraza:

$$N_1 i_r - N_2 i_1 - N_1 i_s + N_2 i_2 = 0, \quad (1.4)$$

$$N_1 i_r - N_2 i_1 - N_1 i_t + N_2 i_3 = 0. \quad (1.5)$$



Slika 1.2

Rešavanjem sistema koji sačinjavaju prethodna četiri izraza, može se doći do sledećih

izraza:

$$i_r = \frac{i_1}{m}, \quad (1.6)$$

$$i_s = \frac{i_2}{m}, \quad (1.7)$$

$$i_t = \frac{i_3}{m}, \quad (1.8)$$

gde je $m = N_1/N_2$ prenosni odnos transformatora. Talasni oblik struje i_r prikazan je Slici 1.3. Razvijanjem struje i_r u Furijeov red, dobija se da je njen osnovni harmonik pomeren za ugao α u odnosu na fazni mrežni napon e_r , a da je efektivna vrednost osnovnog harmonika te struje jednaka:

$$I_{r,1} = \frac{I_d\sqrt{6}}{\pi m}. \quad (1.9)$$

Reaktivna snaga na primarnim namotajima transformatora jednaka je:

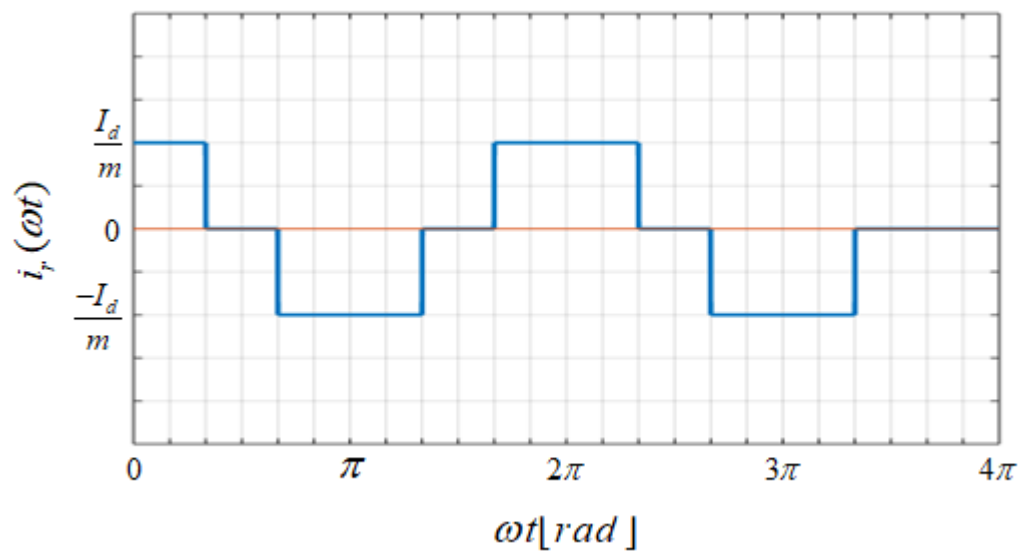
$$Q_1 = 3UI_{r,1} \sin \alpha, \quad (1.10)$$

gde je $U = mE$ efektivna vrednost napona e_r . Iz uslova da je reaktivna energija ispravljача u potpunosti kompenzovana, može se zaključiti da je reaktivna snaga na primarnim namotajima transformatora jednaka reaktivnoj snazi tri kondenzatora C , ukoliko je ugao α jednak $\pi/6$:

$$3\omega C \cdot (U\sqrt{3})^2 = 3 \frac{UI_d\sqrt{6}}{\pi m} \sin \frac{\pi}{6}, \quad (1.11)$$

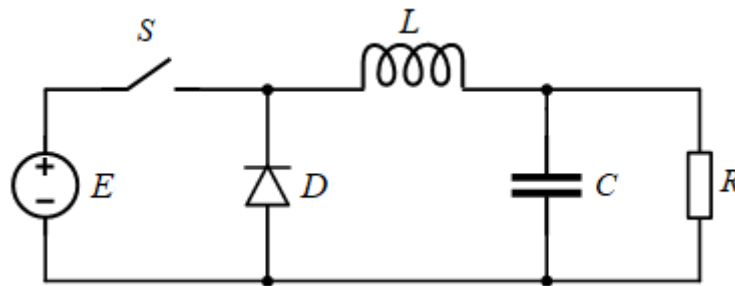
sledi:

$$\frac{N_1}{N_2} = m = \frac{I_d\sqrt{6}}{3\pi\omega CU} \sin \frac{\pi}{6} = 1.8, \quad (1.12)$$



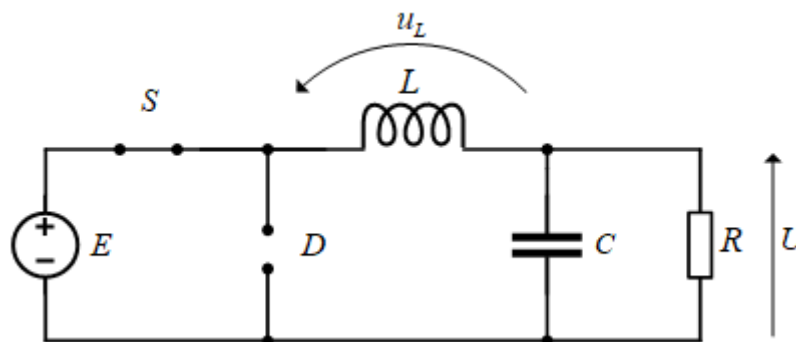
Slika 1.3

2. zadatak Za čoper spuštač napona, odrediti funkciju zavisnosti izlaznog napona od *duty-cycle*-a, $U = f(D)$. Ulazni napon čopera je $E = 24$ V, induktivnost prigušnice L jednaka je $330 \mu\text{H}$, otpornost opterećenja iznosi $R = 10 \Omega$, frekvencija prekidanja jednaka je $f = 10$ kHz. Zanemariti valovitnost napona na kondenzatoru C .



Slika 2

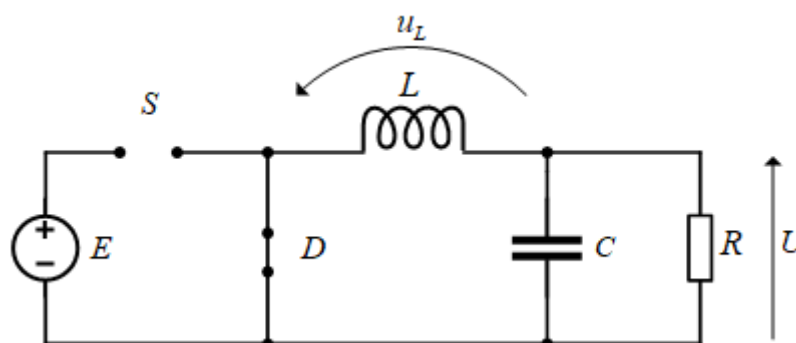
Rešenje 2. zadatka U slučaju kada čoper radi u neprekidnom režimu, postoje dva stanja čopera: stanje kada je prekidač S zatvoren (Slika 2.1), i tada je napon na prigušnici L jednak $E - U$, i stanje kada je prekidač otvoren (Slika 2.2), a napon na prigušnici jednak $-U$. Iz uslova da je u ustaljenom stanju srednja vrednost napona na prigušnici jednaka nuli, može se izvesti sledeći izraz:



Slika 2.1

$$U = E \cdot D. \quad (2.1)$$

Ovaj izraz važi za svako D , za koje čoper radi u neprekidnom režimu. Uslov neprekidnog režima jeste da je minimalna vrednost struje prigušnice veća od nule, odnosno:



Slika 2.2

$$I_{L,sr} \geq \frac{\Delta I_L}{2}. \quad (2.2)$$

Kod čopera spuštača napona, srednja vrednost struje prigušnice jednaka je izlaznoj struji čopera:

$$I_{out} = \frac{U}{R}, \quad (2.3)$$

gde sa U označen izlazni napon čopera. Sa druge strane, ripl struje prigušnice se može izraziti kao:

$$\Delta I_L = \frac{U(1-D)}{Lf}. \quad (2.4)$$

Primenom izraza (2.3) i (2.4) na izraz (2.2), dobija se:

$$\frac{U}{R} \geq \frac{U(1-D)}{2Lf}, \quad (2.5)$$

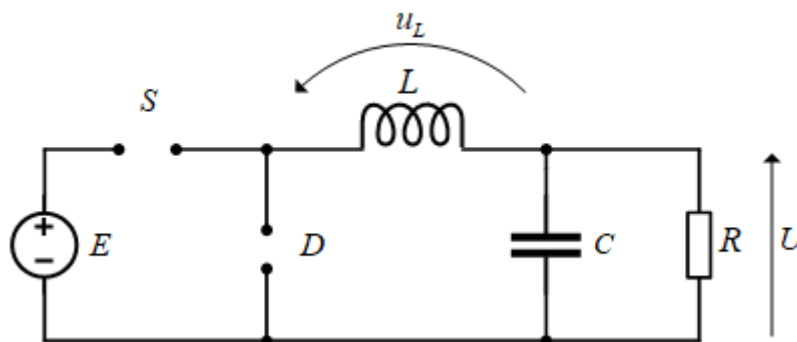
odnosno:

$$D \geq 1 - \frac{2Lf}{R}, \quad (2.6)$$

$$D \geq 0.34. \quad (2.7)$$

U slučaju da čoper radi u prekidnom režimu, pored prethodno dva navedena stanja čopera,

postoji i treće stanje čopera (Slika 2.3), koje nastaje nakon što struja diode padne na nulu, i traje do sledećeg otvaranja prekidača, odnosno do početka sledećeg prekidačkog perioda. Takođe, u prekidnom režimu, struja prigušnice jednaka je nuli na početku svakog prekidačkog perioda (Slika 2.4).



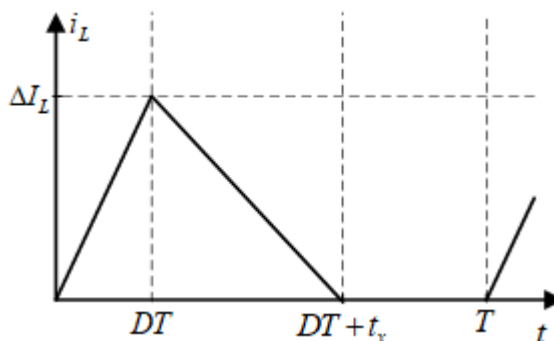
Slika 2.3

U slučaju prekidnog režima, srednja vrednost struje prigušnice tokom perioda T jednaka je:

$$I_{L,sr} = \frac{\Delta I_L(DT + t_x)}{2T}, \quad (2.8)$$

gde je sa t_x označeno vreme trajanja intervala tokom kog struja prigušnice pada od maksimuma do nule. Kao i u slučaju neprekidnog režimu, i u prekidnom režimu važi da je srednja vrednost struje prigušnice jednaka izlaznoj struji:

$$\frac{U}{R} = \frac{\Delta I_L(DT + t_x)}{2T}. \quad (2.9)$$



Slika 2.4

Iz uslova da je u ustaljenom stanju, srednja vrednost napona na prigušnici tokom intervala T jednaka nuli, može se izvesti izraz za t_x :

$$t_x = \frac{(E - U)D}{Uf}, \quad (2.10)$$

dok je izraz za ripl struje prigušnice:

$$\Delta I_L = \frac{(E - U)D}{Lf}. \quad (2.11)$$

Primenom izraza (2.10) i (2.11) na izraz (2.9), dobija se sledeći izraz:

$$\frac{U}{R} = \frac{(E - U)D^2(1 + \frac{E-U}{U})}{2Lf}, \quad (2.12)$$

odnosno:

$$2Lf \frac{U^2}{R} = (E - U)ED^2. \quad (2.13)$$

Rešenja ove kvadratne jednačine su:

$$U_{1,2} = \frac{-D^2E \pm DE\sqrt{D^2 + 8\frac{Lf}{R}}}{4Lf}R. \quad (2.14)$$

Kako u obzir dolazi samo pozitivno rešenje, izlazni napon čopera jednak je:

$$U = \frac{-D^2E + DE\sqrt{D^2 + 8\frac{Lf}{R}}}{4Lf}R. \quad (2.15)$$

Zamenom brojnih vrednosti, dobija se:

$$U = \frac{-24D^2 + 24D\sqrt{D^2 + 2.64}}{1.32}. \quad (2.16)$$

Konačno, funkcija zavisnosti izlaznog napona od *duty-cycle*-a je:

$$U = \begin{cases} 24D & , D \geq 0.34 \\ \frac{-24D^2 + 24D\sqrt{D^2 + 2.64}}{1.32} & , D \leq 0.34 \end{cases}. \quad (2.17)$$