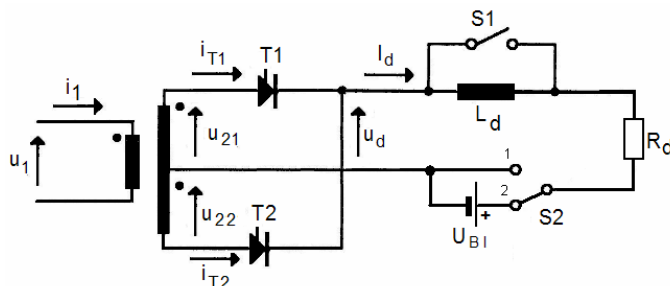


ZADATAK

Jednofazni pretvarač u spoju sa srednjom tačkom transformatora prikazan na slici se koristi za punjenje baterije čija je kontraelektromotorna sila $U_{BI}=30V$. Kombinacijom prekidača S1 i S2 je moguće ostvariti različite režime rada pretvarača. U zadatku pretpostaviti da je prekidač S1 isključen i da je prekidač S2 u položaju 2. Induktivnost koja se koristi za smanjenje talasnosti struje je veoma veoma velika ($L_d \rightarrow \infty$) i sa njom je vezana na red otpornost $R_d = 5\Omega$ koja služi za ograničenje struje punjenja baterije. Komutacione induktivnosti transformatora su zanemarljive. Primarni napon transformatora se menja u vremenu prema zakonitosti $u_1(t) = 220\sqrt{2} \sin(314t)$. Prenosni odnos transformatora je 2:1:1.

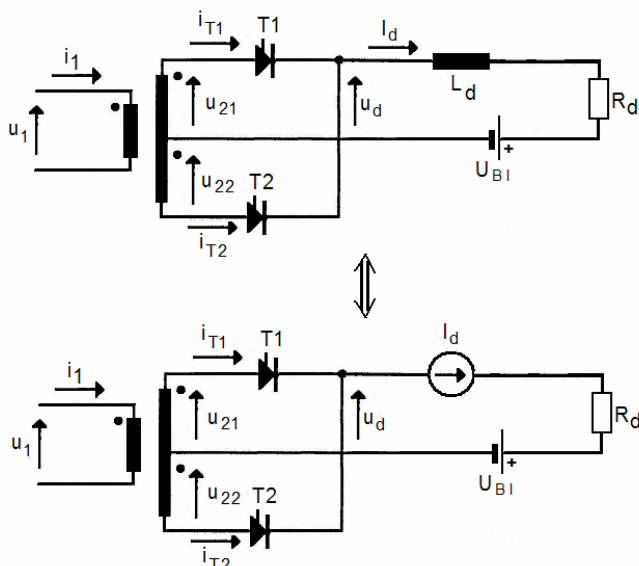


U zadatku je potrebno:

- Nacrtati talasne oblike napona na opterećenju u_d , struje opterećenja i_d , struje tiristora (i_{T1} , i_{T2}) i struje primara transformatora i_1 za vrednost ugla upravljanja $\alpha = 45^\circ$.
- Na osnovu talasnih oblika dobijenih pod (a) izračunati srednju vrednost napona na opterećenju $U_{d\alpha}$, srednju vrednost struje opterećenja I_d i srednje vrednosti struja tiristora $I_{T1(AVG)}$, $I_{T2(AVG)}$, efektivne vrednosti struja tiristora $I_{T1(RMS)}$, $I_{T2(RMS)}$ i efektivnu vrednost struje koju ispravljač uzima iz mreže 220V, 50Hz.
- Kolika je srednja vrednost struje koju pretvarač uzima iz mreže? Nacrtati upravljačku karakteristiku pretvarača

REŠENJE:

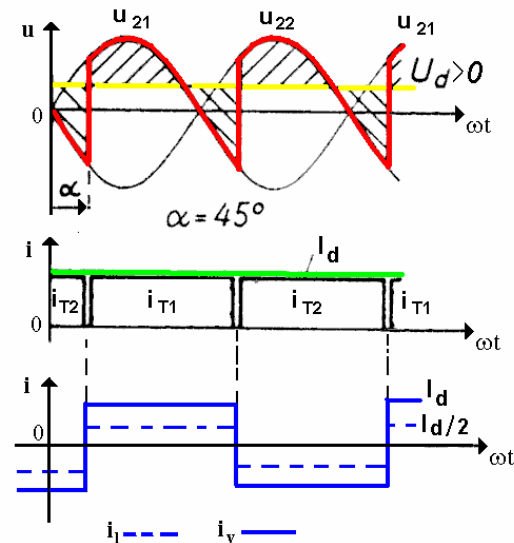
Električna šema ispravljača koja će se koristiti u analizi je data na Sl.1.



Sl.1. Punotalasni ispravljač sa otporno induktivnim opterećenjem ($L \rightarrow \infty$) i baterijom $U_{BI} = 30V$

Efektivna vrednost primarnog napona je $U_1 = 220V$. Mrežna učestanost je $f = \omega/2\pi = 314/6.28 = 50Hz$. Efektivna vrednost napona sekundara $U_2 = U_1/n = 220/2 = 110V$, obzirom da je prenosni odnos $n = 2$. Obzirom na prenosni odnos ($n=2$) i promenu primarnog napona $u_1(t) = 220\sqrt{2} \sin(314t)$, trenutne vrednosti sekundarnih napona mogu biti predstavljene kao : $u_{21}(t) = 110\sqrt{2} \sin(314t)$ i $u_{22}(t) = -110\sqrt{2} \sin(314t)$.

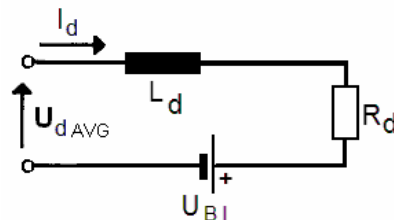
a) Karakteristični talasni oblici za ispravljač su dati na Sl.2.



Sl.2. Karakteristični talasni oblici ispravljača sa Sl.1

b) Izračunavanje srednjih i efektivnih vrednosti struja i napona

Struja opterećenja I_d je kontinualna i konstantne vrednosti. Kontra elektromotorna sila $U_{BI} = 30V$ se suprotstavlja izlaznom naponu ispravljača U_d , kao što prikazuje ekvivalentna šema na Sl.3



Sl.3. Ekvivalentna šema izlaza ispravljača sa Sl.1

Srednja vrednost izlaznog napona ispravljača se dobija rešavanjem integrala :

$$U_{d(AVG)} = \frac{1}{T} \int_0^T u_d \cdot dt = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} \sqrt{2} U_2 \sin(\omega t) d(\omega t)$$

$$U_{d(AVG)} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_2 \cdot \cos \alpha = 0.9 U_2 \cdot \cos \alpha, \text{ gde je } U_2 = \frac{U_1}{n} = \frac{220}{2} = 110V$$

$$U_{d(AVG)} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot 110 \cdot \cos 45^\circ = 0.9 \cdot 110 \cdot \cos 45^\circ = 70V$$

Srednja vrednost struje opterećenja I_d se dobija iz jednačine:

$$I_d = \frac{U_{d(AVG)} - U_{BI}}{R_d} = \frac{70 - 30}{5} = 8A$$

Srednja vrednost struje svakog od tiristora se dobija rešavanjem integrala:

$$I_{T(AVG)} = \frac{1}{T} \int_0^T i_T \cdot dt$$

$$I_{T(AVG)} = \frac{I_d \cdot \frac{T}{2}}{T} = \frac{I_d}{2} = 4A$$

Efektivna vrednost struje svakog od tiristora se dobija rešavanjem integrala:

$$I_{T(RMS)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_T^2 dt}$$

$$I_{T(RMS)} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot I_d^2 \cdot \frac{T}{2}} = \frac{I_d}{\sqrt{2}} = 5.66A$$

Efektivna vrednost struje sekundara se dobija rešavanjem integrala :

$$I_{V(RMS)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_V^2 dt}$$

$$I_{V(RMS)}^* = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot I_d^2 \cdot T} = I_d = 8A$$

Treba napomenuti da je struja sekundara dobijena iz jednačine za magnetopobudne sile namotaja transformatora:

$$N_1 \cdot i_1 = N_2 \cdot i_{T1} - N_2 \cdot i_{T2} = N_2 \cdot i_V$$

Obzirom da je broj primarnih namotaja N_1 i broj sekundarnih namotaja (za svaki od sekundara) N_2 , prenosni odnos transformatora biće $N_1 / N_2 = n = 2$. Tako da prethodnu jednačinu možemo napisati u obliku:

$$i_1 = \frac{N_2}{N_1} \cdot (i_{T1} - i_{T2}) = \frac{1}{n} \cdot i_V = \frac{1}{2} \cdot i_V$$

Ovaj odnos struja je prikazan na Sl.2, a iz talasnih oblika struja i_1 i i_V izračunavamo tražene efektivne vrednosti struja. Stoga se slično prethodnom slučaju, efektivna vrednost primarne struje transformatora dobija rešavanjem integrala:

$$I_{1(RMS)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_1^2 dt}$$

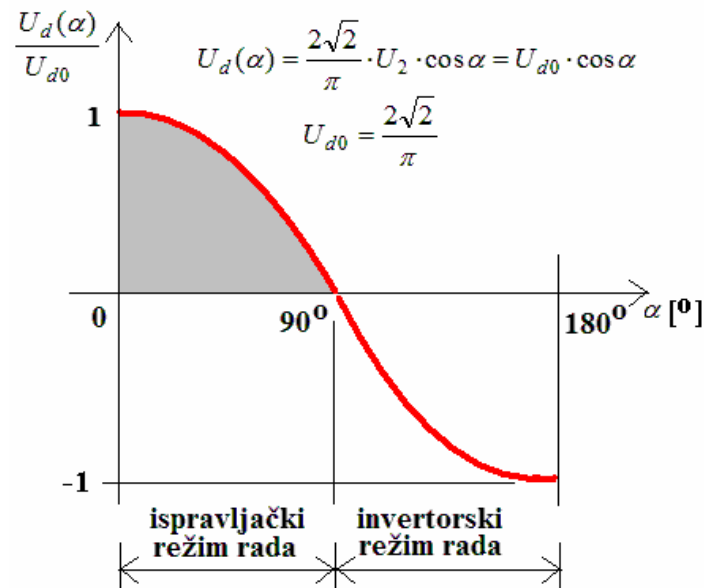
$$I_{1(RMS)} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{T} \cdot I_d^2 \cdot T} = \frac{1}{2} \cdot I_d = 4A$$

c) Srednja vrednost struje primara je jednaka nuli odnosno $I_{1(AVG)} = 0$.

Upravljačka karakteristika ovog pretvarača se dobija iz relacije:

$$U_d(\alpha) = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_2 \cdot \cos \alpha = U_{d0} \cdot \cos \alpha, \text{ pri čemu je } U_{d0} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}$$

Na osnovu ove relacije je moguće dobiti grafičku zavisnost normalizovane vrednosti izlaznog napona u funkciji ugla upravljanja α (Sl.4). Za vrednosti ugla upravljanja $0 \leq \alpha \leq 90^\circ$ se ima ispravljački režim pretvarača (**osenčeni deo karakteristike**) i u ovom režimu pretvarač se koristi za kontrolisno punjenje baterije U_{BI} . Za vrednosti ugla upravljanja $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ se ima invertorski režim pretvarača kada se na njegovom izlazu dobija negativna vrednost napona i u ovom režimu pretvarač se može koristiti za kontrolisno pražnjenje baterija.



Sl.4. Upravljačka karakteristika pretvarača (traženi deo karakteristike u zadatku je osenčen)