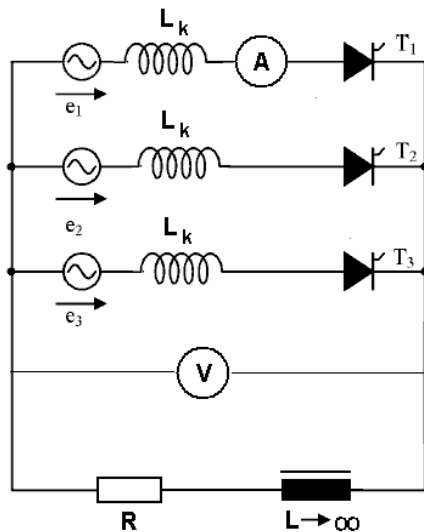


ZADATAK

Trofazni ispravljač na slici napaja pobudni namotaj sinhronog generatora veoma velike induktivnosti. Merenje napona i struja u pojedinim granama kola je ostvareno elektrodinamičkim instrumentima (ampermetrom i voltmetrom).



Trofazni naponi se menjaju po zakonu

$$e_1 = 220\sqrt{2} \cdot \sin 120\pi t$$

$$e_2 = 220\sqrt{2} \cdot \sin(120\pi t - 120^\circ)$$

$$e_3 = 220\sqrt{2} \cdot \sin(120\pi t - 240^\circ)$$

Otpornost pobudnog namotaja generatora je $R=10\Omega$.

Komutacione induktivnosti u ispravljaču su $L_k \approx 0$.

Takođe smatrati da tiristori u ispravljaču imaju idealnu volt –ampersku karakteristiku.

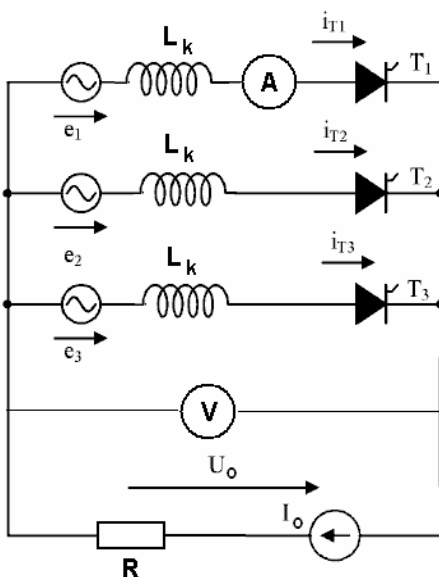
a) Kolika su pokazivanja ampermetra i voltmetra za uglove upravljanja $\alpha=30^\circ$ i $\alpha=90^\circ$?

b) Koliko je pokazivanje voltmetra za uglove upravljanja pod a) u slučaju da su komutacione induktivnosti jednake $L_k \approx 100\mu H$?

REŠENJE:

Iz datog zakona promene trofaznih mrežnih napona, dobijamo da su efektivne njihove vrednosti $E = E_1 = E_2 = E_3 = 220V$. Takođe dobijamo da je mrežna učestanost jednaka $f=60\text{Hz}$ ($120\pi t = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t$).

Ekvivalentna šema i referentni smerovi struja i napona u datom kolu su prikazani na Sl.1.



Sl.1. Ekvivalentna šema ispravljača

a) Uz pretpostavku da su komutacione induktivnosti zanemarljive ($L_k \approx 0$) srednja vrednost izlaznog napona ispravljača se dobija iz formule:

$$U_o = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot E \cdot \cos \alpha$$

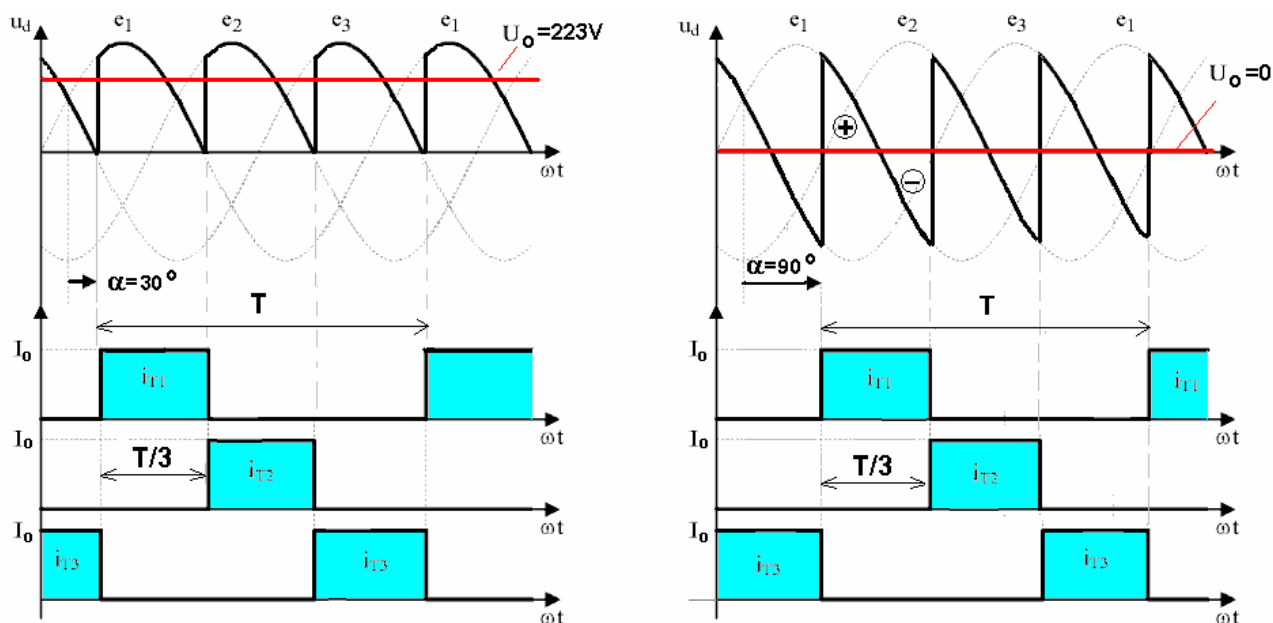
Obzirom da je voltmetar elektrodinamički njegovo pokazivanje je upravo jednako U_o . Za vrednost ugla $\alpha = 30^\circ$ dobijamo da je:

$$U_o = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot 220 \cdot \cos 30^\circ = 223V$$

Za vrednost ugla $\alpha = 90^\circ$ dobijamo da je:

$$U_o = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot 220 \cdot \cos 90^\circ = 0V$$

Talasni oblici izlaznog napona i struja tiristora za dve zadate vrednosti ugla α su dati na Sl.2. Uočavaju se izračunate srednje vrednosti izlaznog napona $U_0 = 223V$ i $U_0 = 0V$. Pokazivanje ampermetra u strujnom kolu tiristora T1 je jednako srednjoj vrednosti struje tiristora.



Sl.2. Karakteristični talasni oblici

Da bi se izračunala srednja vrednost struje tiristora potrebno je izračunati vrednost struje strujnog ponora I_0 . Ova vrednost se dobija iz odnosa srednje vrednosti napona U_0 i otpornosti pobudnog namotaja R , odnosno iz relacije:

$$I_0 = \frac{U_0}{R}$$

Tako su vrednosti struje I_0 za dve zadate vrednosti ugla upravljanja:

$$I_0(30^\circ) = \frac{223V}{10\Omega} = 22.3A$$

$$I_0(90^\circ) = \frac{0V}{10\Omega} = 0A$$

Srednja vrednost struje svakog od tiristora u prikazanom ispravljaču se dobije rešavanjem integrala:

$$I_{TAVG} = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{\alpha}^{\frac{2\pi}{3} + \alpha} I_0 \cdot dx = I_0 \cdot \left(\frac{2}{3} \pi + \alpha - \alpha \right) \cdot \frac{1}{2\pi} = \frac{I_0}{3}$$

Pokazivanja elektrodinamičkog ampermetra za dve zadate vrednosti ugla upravljanja su:

$$I_{TAVG}(30^\circ) = \frac{22.3A}{3} = 7.43A$$

$$I_{TAVG}(90^\circ) = \frac{0A}{3} = 0A$$

b) Srednja vrednost izlaznog napona ispravljača uz uzimanje u obzir komutacionih induktivnosti L_k se dobija iz formule:

$$U_o = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot E \cdot \cos \alpha - \frac{3}{2\pi} \cdot X_k \cdot I_o$$

Induktivni otpor X_k se dobija iz relacije:

$$X_k = \omega \cdot L_k = 2\pi \cdot f \cdot L_k$$

Za mrežnu učestanost koja se ima u zadatku dobijamo da je $X_k = 120\pi \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 0.038\Omega$. Obzirom da je struja $I_o = \frac{U_o}{R}$, uvrštavanjem u gornju jednačinu za U_o se dobija da je srednja vrednost izlaznog napona jednaka:

$$U_o = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot E \cdot \cos \alpha - \frac{3}{2\pi} \cdot X_k \cdot \frac{U_o}{R}$$

Rešavanjem ove jednačine po U_o dobijamo da je srednja vrednost napona U_o jednaka:

$$U_o = \frac{\frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot E \cdot \cos \alpha}{1 + \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{X_k}{R}}$$

Za vrednost ugla upravljanja $\alpha = 30^\circ$ dobija se da je pokazivanje voltmetra jednako:

$$U_o(30^\circ) = \frac{\frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot 220 \cdot \cos 30^\circ}{1 + \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{0.038}{10}} = 222.59V$$

Slično se za vrednost ugla upravljanja $\alpha = 90^\circ$ dobija da je pokazivanje voltmetra jednako:

$$U_o(90^\circ) = \frac{\frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot 220 \cdot \cos 90^\circ}{1 + \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{0.038}{10}} = 0V$$

Zaključak:

Komutacione induktivnosti L_k imaju beznačajan uticaj na izlazni napon ali imaju značajan uticaj na ograničenje struje kratkog spoja trofaznog izvora, koja se ima prilikom komutaciju između tiristora kada istovremeno provode dva tiristora. U toku komutacije se struja I_o prebacuje sa jednog na sledeći tiristor koji ulazi u vođenje kao što je pokazano na Sl.2 (komutacija se odvija T3T1→T1T2→T2T3→T3T1 a onda se ponavlja na isti način)