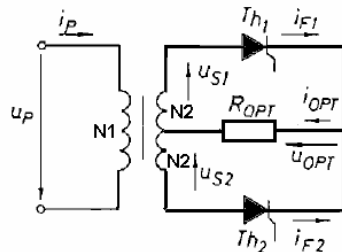


ZADATAK

Punotalasni ispravljač sa transformatorom sa srednjom tačkom prikazan na Sl.1. je opterećen omskim opterećenjem vrednosti $R_{OPT} = 10\Omega$. Ugao upravljanja ispravljača je α . Primarni napon transformatora je $u_P = 220V$, 50Hz. Prenosni odnos transformatora je $N_1:N_2:N_2=2:1:1$. Smatrati da tiristori imaju idealnu volt-ampersku karakteristiku. Smatrati da je transformator idealan.



Sl.1. Punotalasni ispravljač sa transformatorom sa srednjom tačkom

U zadatku je potrebno :

- Nacrtati talasne oblike izlaznog napona , izlazne struje, napona na tiristoru Th1 i struja tiristora Th1 i Th2.
- Izračunati srednju vrednost izlaznog napona i srednju vrednost izlazne struje ispravljača za vrednost ugla upravljanja $\alpha = 30^\circ$. Kolika su pri ovim uslovima efektivna i srednja vrednost struje svakog od tiristora?
- Pri kojim vrednostima ugla upravljanja α se na opterećenju ima maksimalna jednosmerna vrednost izlaznog napona. Kolika je njena vrednost?
- Koliki je maksimalni inverzni napon na tiristorima
- Nacrtati talasni oblik i izračunati efektivnu vrednost primarne struje transformatora

REŠENJE:

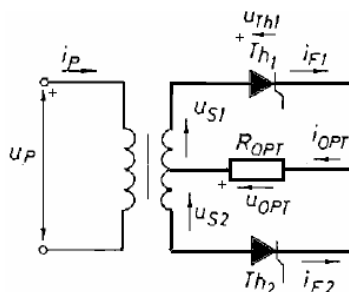
Trenutne vrednosti sekundarnih napona transformatora sa srednjom tačkom se dobijaju iz prenosnog odnosa transformatora $m = N_1 / N_2$:

$$u_{S1} = u_{S2} = N_2 \frac{u_P}{N_1} = \frac{u_P}{N_1 / N_2} = \frac{u_P}{m} = \frac{1}{2} \cdot u_P$$

Stoga su i efektivne vrednosti sekundarnih napona jednake:

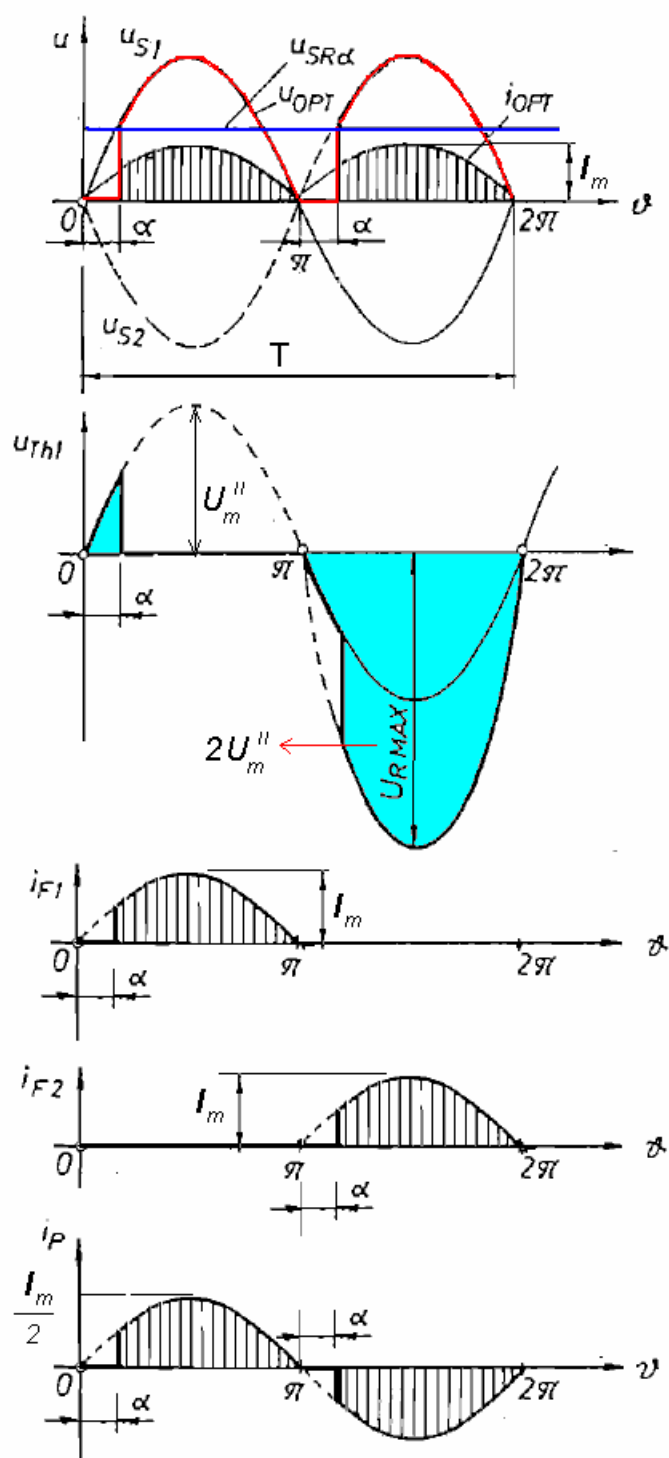
$$U_{S1} = U_{S2} = N_2 \frac{U_P}{N_1} = \frac{U_P}{N_1 / N_2} = \frac{U_P}{m} = \frac{1}{2} \cdot U_P = 110V$$

Električna šema za analizu rada ispravljača je data na Sl.2.



Sl.2. Punotalasni ispravljač –električna šema za analizu rada

A) Karakteristični talasni oblici za ovaj ispravljač su dati na Sl.3.



Sl.3. Karakteristični talasni oblici za punotalasni ispravljač sa Sl.2.

B) Srednja vrednost izlaznog napona se dobija iz relacije

$$U_{SR} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} U_m'' \cdot \sin \theta d\theta = \frac{U_m''}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sin \theta d\theta = \frac{U_m''}{\pi} (1 + \cos \alpha) = \frac{U''\sqrt{2}}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

Srednja vrednost struje ispravljača je data relacijom:

$$I_{SR} = \frac{U_{SR}}{R_{OPT}} = \frac{U''\sqrt{2}}{\pi \cdot R_{OPT}} (1 + \cos \alpha)$$

Srednja vrednost struje svakog od tiristora se dobija iz relacije:

$$I_{FSR} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} I_m'' \cdot \sin \theta d\theta = \frac{U_m''}{R \cdot 2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sin \theta d\theta = \frac{U_m''}{R \cdot 2\pi} (1 + \cos \alpha) = \frac{U''\sqrt{2}}{2\pi R} (1 + \cos \alpha)$$

Efektivna vrednost struje svakog od tiristora se dobija iz relacije:

$$I_{Eff} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \int_{\alpha}^{\pi} (I_m'' \cdot \sin \theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{I_m''^2}{2\pi} \cdot \int_{\alpha}^{\pi} \sin^2 \theta d\theta}$$

Pošto je rešenje integrala:

$$\int_{\alpha}^{\pi} \sin^2 \theta d\theta = \left. \frac{\theta}{2} - \frac{1}{4} \cdot \sin 2\theta \right|_{\alpha}^{\pi} = \frac{\pi - \alpha}{2} + \frac{1}{4} \cdot \sin 2\alpha$$

Sledi da je efektivna vrednost struje tiristora:

$$I_{Eff} = \frac{U''}{R\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{1}{2\pi} \cdot \sin 2\alpha} = \frac{I''}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{1}{2\pi} \cdot \sin 2\alpha}$$

Za $\alpha = 30^\circ = \frac{\pi}{6} rad$ dobijamo da je:

srednja vrednost izlaznog napona

$$U_{SR} = \frac{U''\sqrt{2}}{\pi} (1 + \cos \alpha) = \frac{110\sqrt{2}}{\pi} (1 + \cos 30^\circ) = \frac{110\sqrt{2}}{\pi} \cdot \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 92.17V$$

srednja vrednost izlazne struje

$$I_{SR} = \frac{U_{SR}}{R} = 9.217A$$

srednja vrednost struje svakog od tiristora

$$I_{FSR} = \frac{U''\sqrt{2}}{2\pi R} (1 + \cos \alpha) = \frac{110\sqrt{2}}{2\pi \cdot 10} \cdot (1 + \cos 30^\circ) = 4.6A$$

efektivna vrednost struje svakog od tiristora

$$I_{Eff} = \frac{U''}{R\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{1}{2\pi} \cdot \sin 2\alpha} = \frac{110}{10\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\frac{\pi}{6}}{\pi} + \frac{1}{2\pi} \cdot \sin \frac{2\pi}{6}} = 7.68A$$

C) Maksimalna vrednost izlaznog napona ispravljača se ima za ugao $\alpha = 0^0$ i ona je jednaka

$$U_{SR \max} = U_{SR}(0) = \frac{2U''\sqrt{2}}{\pi}$$

$$U_{SR \max} = \frac{2 \cdot 110\sqrt{2}}{\pi} = 155.1V$$

D) Iz talasnog oblika za napon na tiristoru Th1 (Sl.3) se vidi da je maksimalna vrednost inverznog napona njemu jednaka:

$$U_{R \max} = 2U'' = 2 \cdot 110\sqrt{2} = 310.2V$$

Isto važi i za tiristor Th2.

E) Talasni oblik primarne struje je prikazan na Sl.3

Srednja vrednost primarne struje je jednaka 0

Efektivna vrednost primarne struje se dobija iz relacije:

$$I_{Peff} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \int_{\alpha}^{2\pi} (I'_m \cdot \sin \theta)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{I_m'^2}{2\pi} \cdot \int_{\alpha}^{2\pi} \sin^2 \theta d\theta}$$

Pošto je rešenje integrala:

$$\int_{\alpha}^{2\pi} \sin^2 \theta d\theta = \left[\frac{\theta}{2} - \frac{1}{4} \cdot \sin 2\theta \right]_{\alpha}^{2\pi} = \frac{2\pi - \alpha}{2} + \frac{1}{4} \cdot \sin 2\alpha$$

Sledi da je efektivna vrednost primarne struje:

$$I_{Peff} = I'_m \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{2\pi} + \frac{1}{4\pi} \cdot \sin 2\alpha} = I' \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{2\pi} + \frac{1}{4\pi} \cdot \sin 2\alpha}$$

Za $\alpha = 0^0$ se ima puna sinusoida primarne struje tako da je njena efektivna vrednost jednaka I' . Ova vrednost se može dobiti i struje sekundara pošto je poznat prenosni odnos transformatora:

$$I' = \frac{I''}{m} = \frac{U''\sqrt{2}}{m \cdot R}$$

Tako da je sada relacija za efektivnu vrednost struje primara:

$$I_{Peff} = \frac{U''\sqrt{2}}{m \cdot R} \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{2\pi} + \frac{1}{4\pi} \cdot \sin 2\alpha}$$

Za vrednost ugla $\alpha = 30^0$ se dobija da je efektivna vrednost struje primara:

$$I_{Peff} = \frac{U''\sqrt{2}}{m \cdot R} \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{2\pi} + \frac{1}{4\pi} \cdot \sin 2\alpha} = \frac{110\sqrt{2}}{2 \cdot 10} \cdot \sqrt{1 - \frac{\frac{\pi}{6}}{2\pi} + \frac{1}{4\pi} \cdot \sin \frac{2\pi}{6}}$$

$$I_{Peff} = 7.96A$$