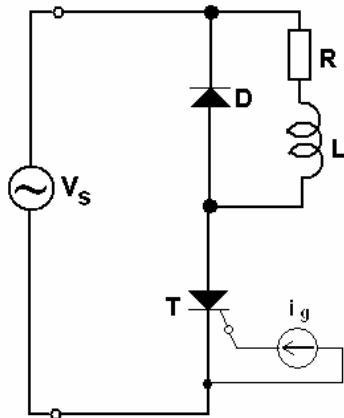


ZADATAK

Na slici je prikazan kontrolisani polutalasni ispravljač sa jednim tiristorom i zamajnom diodom koji napaja pretežno induktivno opterećenje.



Mrežno napajanje se menja po sinusnom zakonu

$v_s = 220\sqrt{2} \cdot \sin 100\pi t$. Induktivni otpor opterećenje je mnogo veći od njegovog omskog otpora. Vrednost omske otpornosti je $R = 5\Omega$. Pobuda tiristora se ostvaruje kratkotrajnim strujnim impulsima i_g koji su sinhronizovani sa naponom mreže v_s . Upravljačka veličina je fazni ugao α . Smatrati da su tiristor i dioda idealni.

U zadatku je potrebno:

a) Nacrtati talasne oblike

-napona na opterećenju,

-struja tiristora i diode

-napona na tiristoru i diodi

Za vrednost faznog ugla $\alpha = 90^\circ$ izračunati:

b) srednju i efektivnu vrednost izlaznog napona ispravljača za vrednosti faznog ugla $\alpha = 90^\circ$.

c) Izračunati srednju i efektivnu vrednost struje tiristora

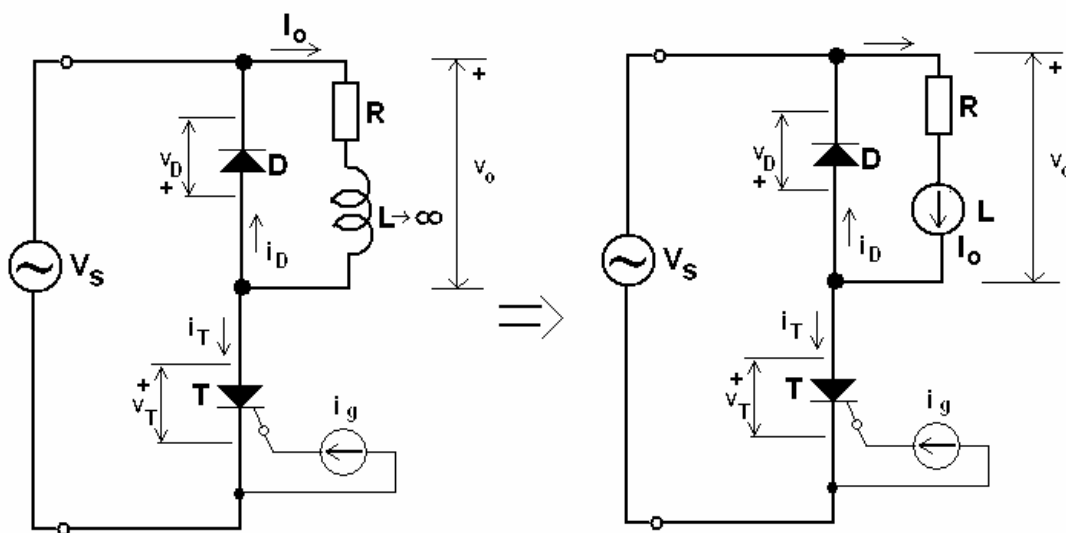
d) Izračunati srednju i efektivnu vrednost struje diode

e) Izračunati efektivne vrednosti napona na tiristoru i diodi

f) Izračunati prividnu snagu koja se ima na potrošaču

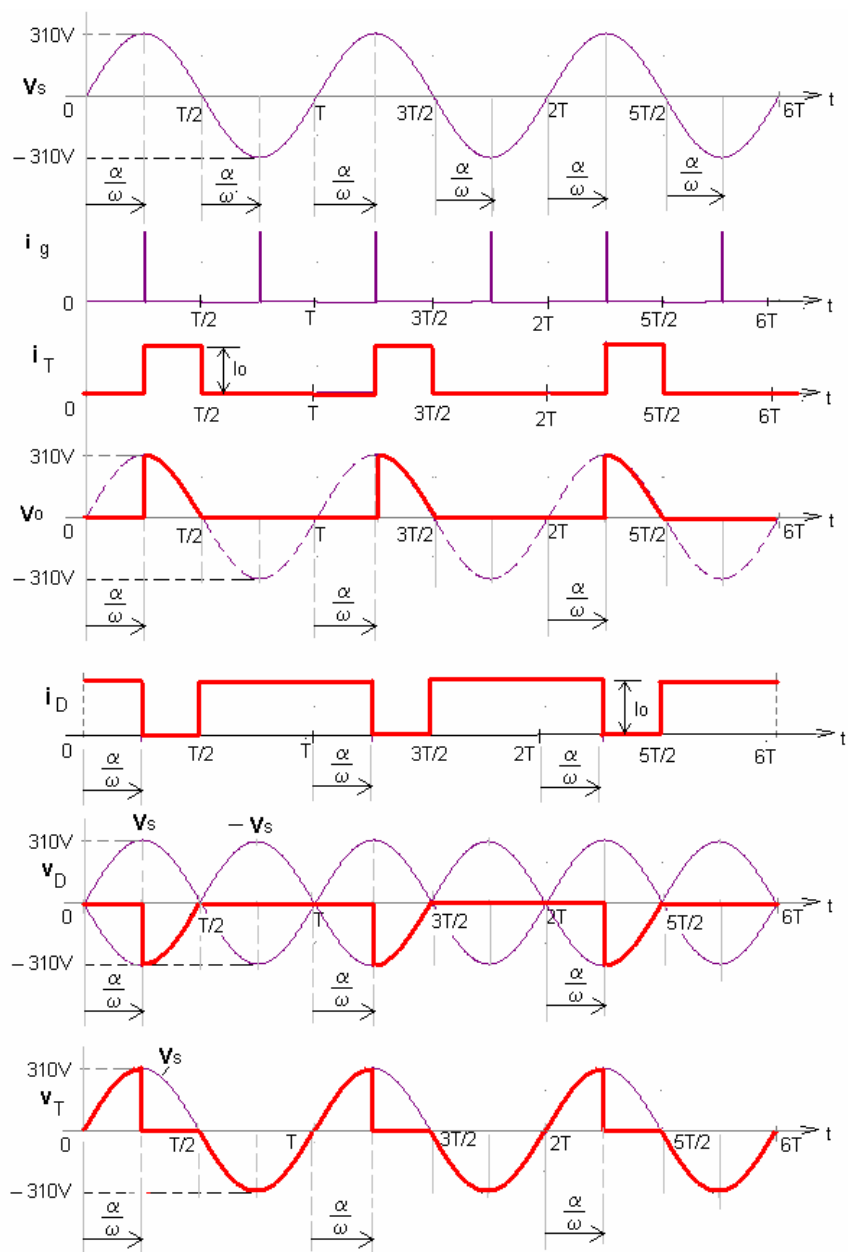
REŠENJE:

Ekvivalentno kolo za analizu rada ispravljača je dato na Sl.1. Obzirom da je induktivni otpor mnogo veći od aktivnog otpora R , pretpostavlja se da je induktivnost $L \rightarrow \infty$, te da se cela grana opterećenja ponaša kao strujni ponor čija je struja označena sa I_0 .



Sl.1. Kolo za analizu rada polutalasnog ispravljača

a) Na Sl.2. su dati karakteristični talasni oblici za tražene veličine u ispravljaču



Sl.2. Karakteristični talasni oblici u ispravljaču

b) Srednja vrednost napona na opterećenju se dobija rešavanjem integrala:

$$V_{0AVG} = \frac{1}{T} \int_0^T v_0 \cdot dt = \frac{1}{T} \int_{\frac{\alpha}{\omega}}^{\frac{\pi}{\omega}} V_s \sqrt{2} \cdot \sin \omega t dt = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{\alpha}^{\pi} V_s \sqrt{2} \cdot \sin x dx = \frac{1}{2\pi} \cdot V_s \cdot \sqrt{2} \cdot \int_{\alpha}^{\pi} \sin x dx = \frac{V_s \sqrt{2}}{2\pi} \cdot (\cos \alpha - \cos \pi)$$

$$V_{0AVG} = \frac{V_S \sqrt{2}}{2\pi} \cdot (1 + \cos \alpha)$$

$$V_{0AVG}(90^0) = \frac{V_S \sqrt{2}}{2\pi} \cdot (1 + \cos 90^0) = \frac{V_S \sqrt{2}}{2\pi}$$

$$V_{0AVG}(90^0) = \frac{220\sqrt{2}}{2\pi} = 49.54V$$

Efektivna vrednost napona na opterećenju se dobija rešavanjem integrala

$$V_{0RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T v_0^2 \cdot dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \int_{\alpha}^{\pi} V_m^2 (\sin x)^2 \cdot dx} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi} \cdot \int_{\alpha}^{\pi} \sin^2 x dx}$$

$$V_m = V_S \cdot \sqrt{2}$$

Pošto je u opštem slučaju rešenje integrala

$$\int_{\alpha}^{\pi} \sin^2 x dx = \frac{x}{2} \Big|_{\alpha}^{\pi} - \frac{1}{4} \cdot \sin 2x \Big|_{\alpha}^{\pi} = \frac{\pi - \alpha}{2} + \frac{1}{4} \cdot \sin 2\alpha$$

Efektivna vrednost izlaznog napona je jednaka:

$$V_{0RMS} = \frac{V_S}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{1}{2\pi} \cdot \sin 2\alpha}$$

$$V_{0RMS}(90^0) = \frac{V_S}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}} = \frac{V_S}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\pi/2}{\pi}} = \frac{V_S}{2} = 110V$$

c) Srednja vrednost struje tiristora se dobija rešavanjem integrala:

$$I_{TAVG} = \frac{1}{T} \cdot \int_{\frac{\alpha}{\omega}}^{\frac{T}{2}} I_0 dt = \frac{I_0}{T} \cdot \left(\frac{T}{2} - \frac{\alpha}{\omega} \right) = \frac{I_0}{2\pi} \left(\frac{2\pi}{2} - \alpha \right) = \frac{I_0}{2\pi} (\pi - \alpha)$$

$$I_{TAVG} = \frac{I_0}{2} \left(1 - \frac{\alpha}{\pi} \right)$$

$$I_{TAVG}(90^0) = \frac{I_0}{2} \left(1 - \frac{\pi/2}{\pi} \right) = \frac{I_0}{4}$$

Vrednost struje I_0 se dobija iz jednačine:

$$I_0 = \frac{V_{0AVG}}{R} = \frac{49.54V}{5\Omega} = 9.9A$$

Stoga je :

$$I_{TAVG}(90^0) = \frac{I_0}{4} = 2.477A$$

Efektivna vrednost struje tiristora se dobija rešavanjem integrala:

$$I_{TRMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_{\frac{\alpha}{\omega}}^{T+\frac{\alpha}{\omega}} I_0^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot I_0^2 \cdot (\pi - \alpha)} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right)$$

$$I_{TRMS} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \cdot \left(1 - \frac{\pi/2}{\pi}\right) = \frac{I_0}{2\sqrt{2}} = 3.5 A$$

d) Srednja vrednost struje diode dobija rešavanjem integrala:

$$I_{DAVG} = \frac{1}{T} \cdot \int_{\frac{T}{2} - \frac{\alpha}{\omega}}^{T+\frac{\alpha}{\omega}} I_0 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{\pi-\alpha}^{2\pi+\alpha} I_0 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{\pi}^{2\pi+\alpha} I_0 dt = \frac{I_0}{2\pi} \cdot (2\pi + \alpha - \pi) = \frac{I_0}{2\pi} (\pi + \alpha) = \frac{I_0}{2} \left(1 + \frac{\alpha}{\pi}\right)$$

$$I_{DAVG}(90^\circ) = \frac{I_0}{2} \left(1 + \frac{1}{2}\right) = \frac{3}{4} I_0 = 7.425 A$$

Efektivna vrednost struje diode se dobija rešavanjem integrala:

$$I_{TRMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_{\frac{T}{2} - \frac{\alpha}{\omega}}^{T+\frac{\alpha}{\omega}} I_0^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \int_{\pi}^{2\pi+\alpha} I_0^2 dt} \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot I_0^2 \cdot (2\pi + \alpha - \pi)} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1 + \frac{\alpha}{\pi}}$$

$$I_{TRMS}(90^\circ) = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_0 = 8.57 A$$

e) Trenutna vrednost napona na diodi je jednaka negativnoj vrednosti napona na opterećenju, prema referentnim smerovima usvojenim na Sl.1. Drugim rečima je :

$$v_d = -v_0$$

Efektivna vrednost napona na diodi je jednaka efektivnoj vrednosti napona na opterećenju:

$$V_{DRMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T v_D^2 \cdot dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T (-v_0)^2 \cdot dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T v_0^2 \cdot dt} = V_{0RMS}$$

$$V_{DRMS}(90^\circ) = V_{0RMS}(90^\circ) = 49.54 V$$

Efektivna vrednost napona na tiristoru se dobija rešavanjem integrala:

$$V_{TRMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T v_T^2(t) \cdot dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \int_{\pi-\alpha}^{2\pi+\alpha} V_m^2 (\sin x)^2 \cdot dx} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi} \cdot \int_{\pi}^{2\pi+\alpha} \sin^2 x \cdot dx} = \frac{V_m}{2} \sqrt{\frac{\pi + \alpha}{\pi} - \frac{1}{2\pi} \sin 2\alpha}$$

$$V_{TRMS} = \frac{V_S}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + \frac{\alpha}{\pi} - \frac{1}{2\pi} \sin 2\alpha}$$

$$V_{TRMS}(90^\circ) = V_S \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 190.5V$$

f) Prividna snaga na potrošaču je data relacijom:

$$S = V_{0RMS} \cdot I_{0RMS}$$

U delu rešenja zadatka pod a) je izračunata efektivna vrednost napona na opterećenju:

$$V_{0RMS} = \frac{V_S}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{1}{2\pi} \cdot \sin 2\alpha}$$

Efektivna vrednost struje opterećenja je jednaka $I_{0RMS} = I_0$.

Tako je sada tražena prividna snaga data relacijom:

$$S = V_{0RMS} \cdot I_{0RMS} = \frac{V_S}{\sqrt{2}} \cdot I_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{1}{2\pi} \cdot \sin 2\alpha}$$

$$S(90^\circ) = \frac{V_S}{\sqrt{2}} \cdot I_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{\pi/2}{\pi} + \frac{1}{2\pi} \cdot \sin \pi} = \frac{V_S \cdot I_0}{2} = \frac{220V \cdot 9.9A}{2} = 1089VA$$