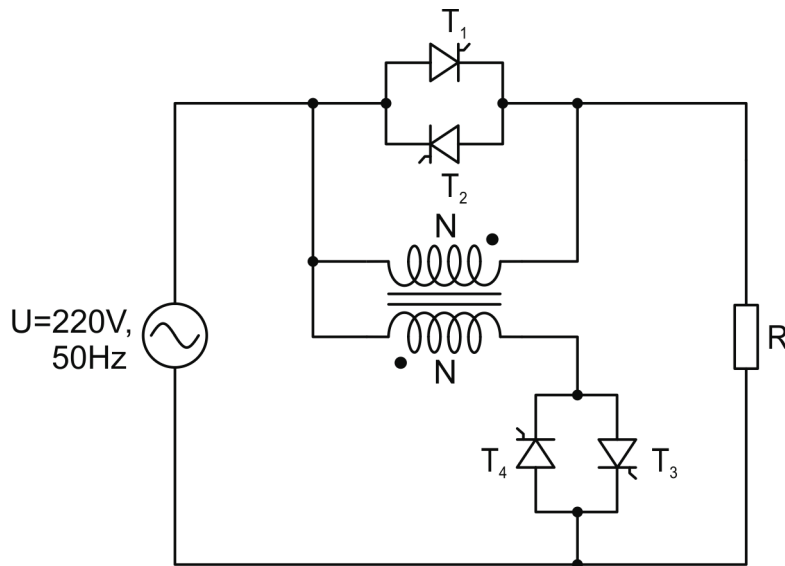
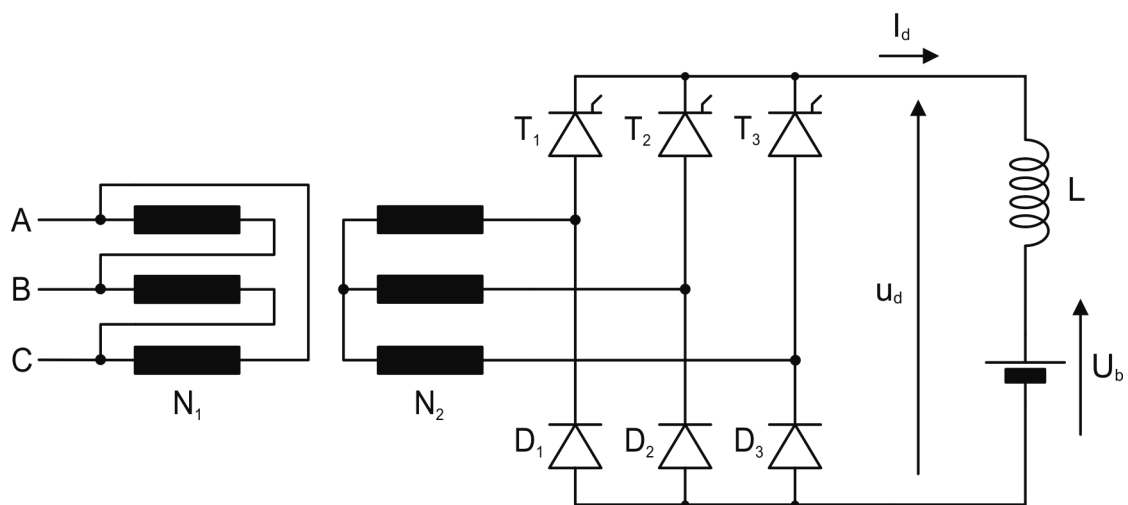


1. За фазни регулатор са слике, одредити снагу дисипације на тиристору  $T_1$ . Угао управљања тиристорима  $T_1$  и  $T_2$  је  $\alpha_1=0^\circ$ , док је угао управљања тиристорима  $T_3$  и  $T_4$ ,  $\alpha_2=120^\circ$ . Нацртати одговарајући таласни облик напона (струје) оптерећења. Напон поларизације тиристора је  $U_{T0}=2V$ , а његова унутрашња отпорност је  $r_T=5m\Omega$ . Отпорност оптерећења је  $R=6\Omega$ .



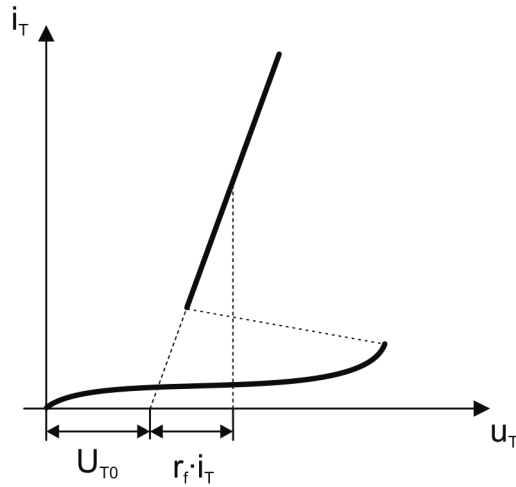
2. Батерија напона  $U_b=235V$  пуни се преко исправљача који је приказан на слици. Исправљач се напаја са градске мреже  $3 \times 380V$ ,  $50Hz$ . Струја пуњења батерије је  $I_d=350A$ , а однос броја навојака примара и секундара трансформатора је  $m=N_1/N_2=3.166$ . Занемарујући утицај комутације, одредити индуктивност пригушнице која је повезана на ред са батеријом, тако да тренутна вредност струје кроз један тиристор не буде већа од  $380A$ .



Испит траје 2 сата

## 1. задатак

Упрощена статичка карактеристика тиристора приказана је на слици доле:



Пад напона на тиристор у може се представити као збир напона поларизације тиристора,  $U_{T0}$  и пада напона на унутрашњој отпорности тиристора,  $r_f \cdot i_T$ :

$$u_T = U_{T0} + r_f \cdot i_T \quad (1.1)$$

По дефиницији, снага дисипације на тиристор у једнака је средњој вредности производа тренутних вредности пада напона на тиристор у и струје тиристора:

$$P_d = \frac{1}{T} \int_0^T u_T \cdot i_T dt = \frac{1}{T} \int_0^T U_{T0} \cdot i_T dt + \frac{1}{T} \int_0^T r_f \cdot i_T^2 dt \quad (1.2)$$

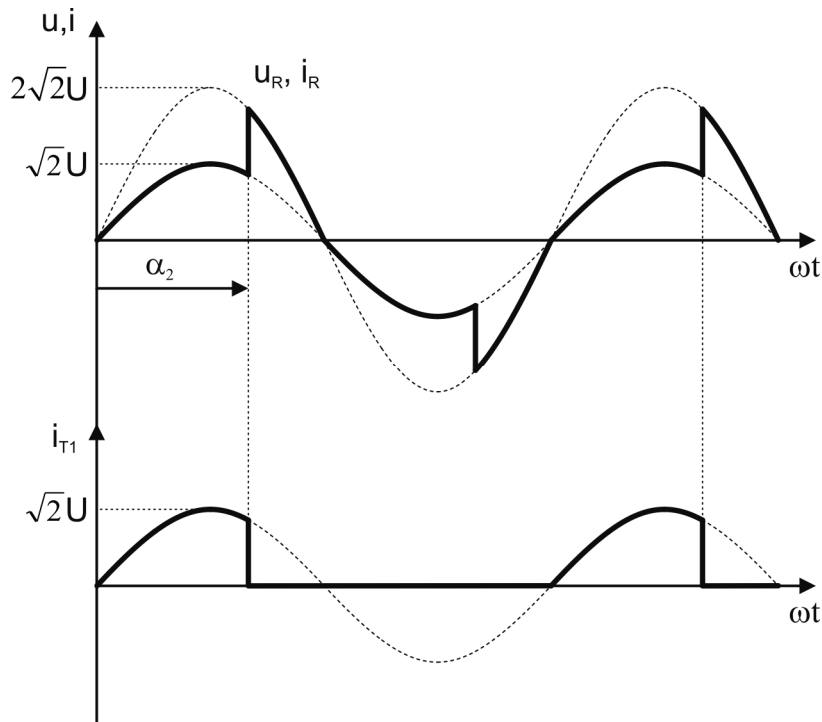
тј.

$$P_d = U_{T0} \frac{1}{T} \int_0^T i_T dt + r_f \frac{1}{T} \int_0^T i_T^2 dt \quad (1.3)$$

Па је:

$$P_d = U_{T0} \cdot I_{TAVG} + r_f \cdot I_{TRMS}^2 \quad (1.4)$$

Таласни облик напона (струје) оптерећења приказан је на слици на следећој страни. У тренутку који одговара углу  $\alpha_1$ , укључује се тиристор  $T_1$  и напон на оптерећењу постаје једнак напону напајања. У тренутку који одговара углу  $\alpha_2$ , укључује се тиристор  $T_3$ , при чему се на доњем намотају трансформатора успоставља напон напајања, који се самим тим успоставља и на горњем намотају трансформатора, инверзно поларишући тиристор  $T_1$ . Због тога се тиристор  $T_1$  искључује, а тиристор  $T_3$  наставља да проводи до краја полупериоде. Напон на оптерећењу сада је двоструко већи од напона напајања. Ситуација је аналогна за негативну полупериоду и тиристоре  $T_2$  и  $T_4$ . Тиристор  $T_1$ , дакле, проводи од тренутка који одговара углу  $\alpha_1$ , до тренутка који одговара углу  $\alpha_2$ .



Таласни облик струје тиристора  $T_1$ , у стационарном стању, дефинисан је са:

$$i_{T1} = \begin{cases} \frac{\sqrt{2}U}{R} \sin(\omega t) & \alpha_1 + 2k\pi \leq \omega t < \alpha_2 + 2k\pi \quad (k \in \mathbb{Z}) \\ 0 & \alpha_2 + 2k\pi \leq \omega t < \alpha_1 + 2(k+1)\pi \quad (k \in \mathbb{Z}) \end{cases} \quad (1.5)$$

Средња вредност струје тиристора  $T_1$  је:

$$I_{T1AVG} = \frac{\omega}{2\pi} \int_{\frac{\alpha_1}{\omega}}^{\frac{\alpha_2}{\omega}} \frac{\sqrt{2}U}{R} \sin(\omega t) dt = \frac{\sqrt{2}U}{2\pi R} [\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2] = 12.38 \text{ A} \quad (1.6)$$

Ефективна вредност струје тиристора  $T_1$  је:

$$I_{T1RMS} = \sqrt{\frac{\omega}{2\pi} \int_{\frac{\alpha_1}{\omega}}^{\frac{\alpha_2}{\omega}} \frac{2U^2}{R^2} \sin^2(\omega t) dt} = \frac{\sqrt{2}U}{2R} \sqrt{\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\pi} - \frac{\sin(2\alpha_2) - \sin(2\alpha_1)}{2\pi}} = 23.255 \text{ A} \quad (1.7)$$

Снага дисипације на тиристор у  $T_1$  сада је:

$$P_d = U_{T0} \cdot I_{T1AVG} + r_f \cdot I_{T1RMS}^2 = 27.46 \text{ W} \quad (1.8)$$

## 2. задатак

Ефективна вредност фазног напона на секундару трансформатора је:

$$E = \frac{U}{m} = \frac{380}{3.166} = 120 \text{ V} \quad (2.1)$$

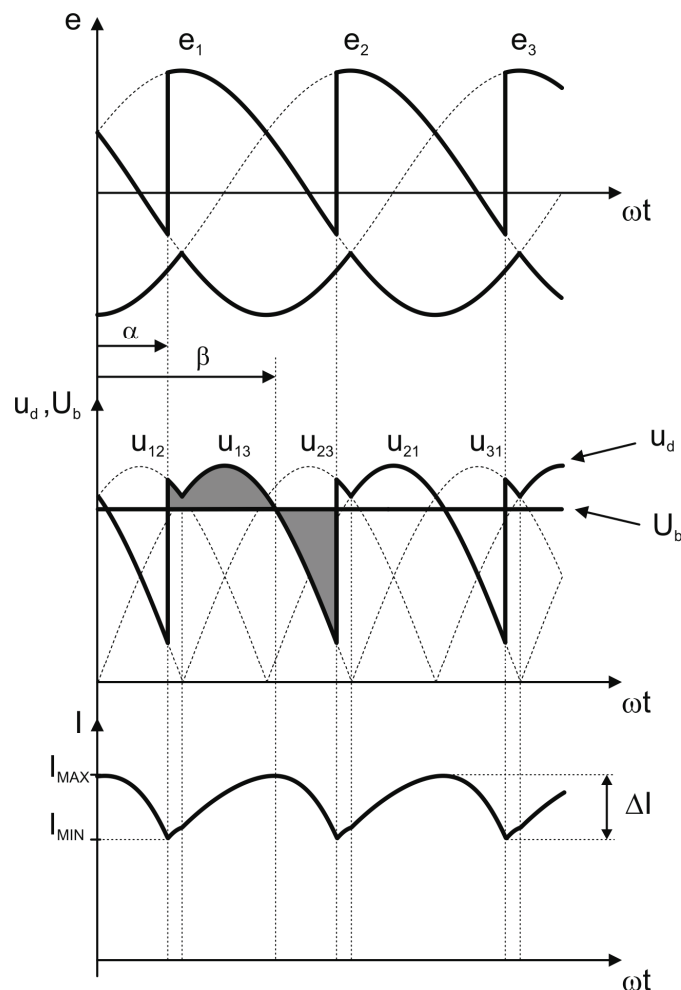
У стационарном стању, средња вредност напона на пригушници у једносмерном колу, једнака је нули, па је средња вредност напона на излазу исправљача једнака напону батерије:

$$U_b = U_d = \frac{3\sqrt{6}E}{2\pi}(1 + \cos \alpha) \quad (2.2)$$

Из претходне једначине добија се угао паљења тиристора:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{2\pi U_b}{3\sqrt{6}E} - 1\right) = \arccos\left(\frac{2\pi \cdot 235 \text{ V}}{3\sqrt{6} \cdot 120 \text{ V}}\right) = 47.59^\circ \quad (2.3)$$

Сада се може нацртати одговарајући таласни облик.



Тренутна вредност напона на пригушници ( $u_L = u_d - U_b$ ) биће једнака нули у тренутку  $\omega t = \beta$  (погледати таласне облике). У том тренутку, струја кроз пригушницу имаће максималну вредност. Угао  $\beta$  одређује се из једначине:

$$u_{13} = U_b, \text{ тј. } \sqrt{6}E \sin \omega t = U_b \quad (2.4)$$

при чему се тражи  $\beta$  које је из опсега  $\frac{\pi}{2} \leq \beta \leq \pi$ . Одавде је:

$$\beta = 126.92^\circ \quad (2.5)$$

Тренутна вредност напона на пригушници дата је, дакле, са:

$$L \frac{di}{dt} = u_d - U_b \quad (2.6)$$

Напон на пригушници је позитиван у интервалу  $\alpha \leq \omega t \leq \beta$  (погледати таласни облик), и тада једносмерна струја расте од минималне до максималне вредности. Из претходне једначине следи:

$$L\Delta I = \int_{\frac{\alpha}{\omega}}^{\frac{\beta}{\omega}} (u_d - U_b) dt \quad (2.7)$$

Односно:

$$L\Delta I = \int_{\frac{\alpha}{\omega}}^{\frac{\pi}{3\omega}} (u_{12} - U_b) dt + \int_{\frac{\pi}{3\omega}}^{\frac{\beta}{\omega}} (u_{13} - U_b) dt \quad (2.8)$$

где су:

$$u_{12} = \sqrt{6}E \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right), \quad u_{13} = \sqrt{6}E \sin \omega t \quad (2.9)$$

Даље је:

$$L\Delta I = \int_{\frac{\alpha}{\omega}}^{\frac{\pi}{3\omega}} \left[ \sqrt{6}E \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right) - U_b \right] dt + \int_{\frac{\pi}{3\omega}}^{\frac{\beta}{\omega}} \left( \sqrt{6}E \sin \omega t - U_b \right) dt \quad (2.10)$$

па је:

$$L\Delta I = \frac{\sqrt{6}E}{\omega} \left[ \cos\left(\alpha + \frac{\pi}{3}\right) - \cos \frac{2\pi}{3} + \cos \frac{\pi}{3} - \cos \beta \right] - \frac{U_b}{\omega} (\beta - \alpha) \quad (2.11)$$

Коначно је:

$$L\Delta I = 1.215 - 1.036 = 0.179 \text{ Vs} \quad (2.12)$$

Пошто је дозвољена струја тиристора 380А, једносмерна струја може да варира максимално  $\pm 30\text{A}$  око средње вредности. То значи да је потребна индуктивност пригушнице:

$$L \geq \frac{179 \text{ mVs}}{60 \text{ A}} = 2.983 \text{ mH}$$