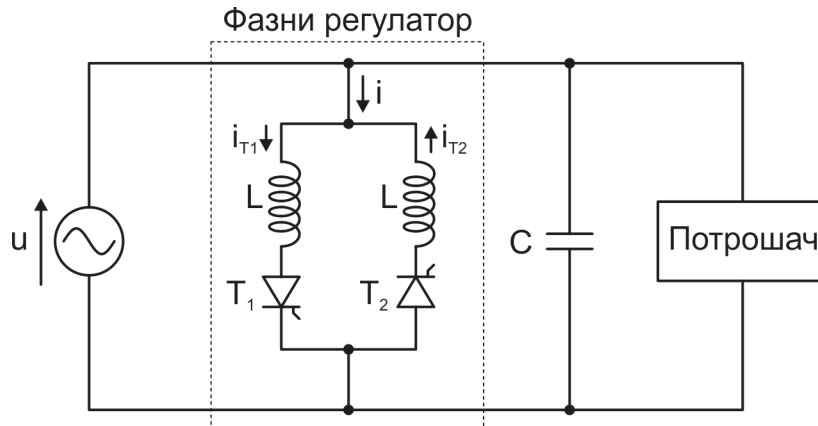
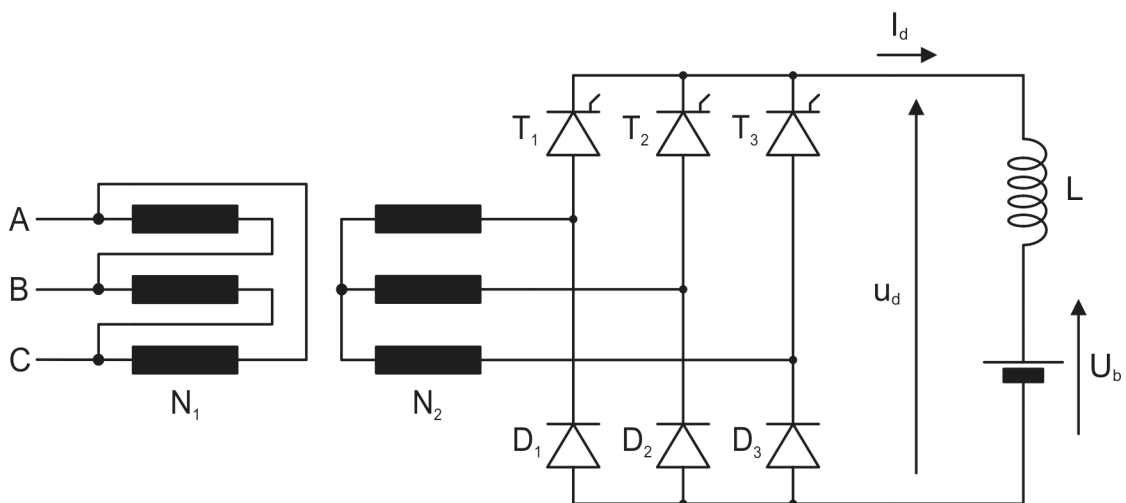


1. Фазни регулатор приказан на слици, користи се за компензацију реактивне снаге монофазног потрошача прикљученог на мрежни напон 220 V, 50 Hz. За угао управљања $\alpha = 60^\circ$, нацртати таласне облике струја i , i_{T1} , i_{T2} , и одредити реактивну снагу регулатора, узимајући у обзир само основни хармоник струје регулатора. Индуктивност пригушнице је $L = 15 \text{ mH}$.



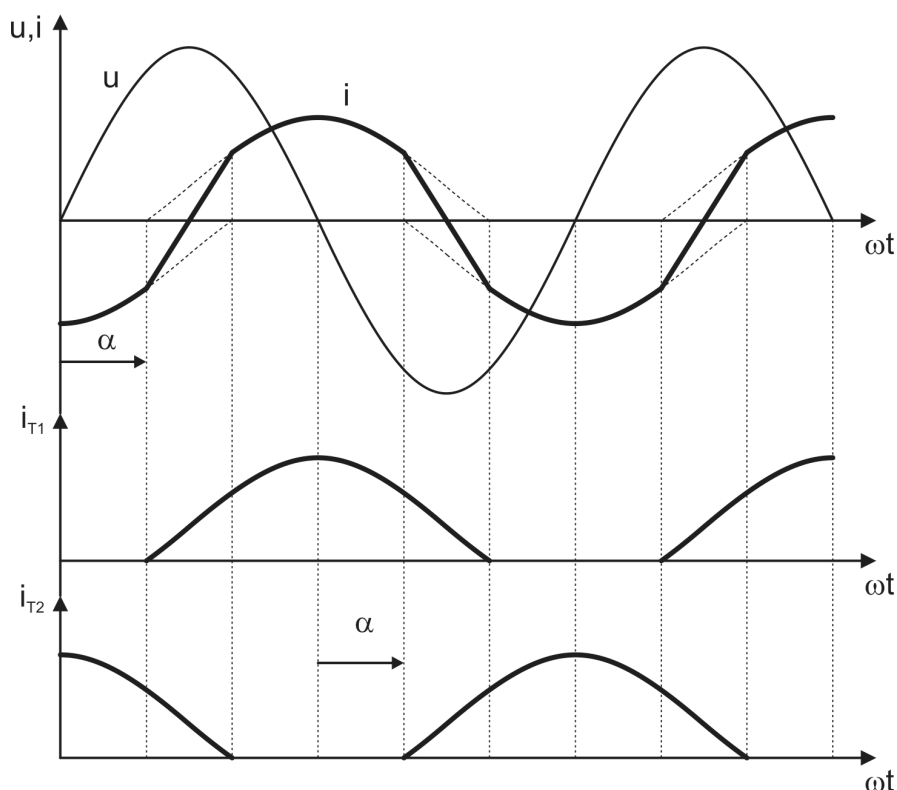
2. Акумулаторска батерија се пуни помоћу трофазног полууправљивог мосног исправљача, који је прикључен на мрежу $3 \times 380 \text{ V}$, 50 Hz. Напон батерије је $U_b = 235 \text{ V}$, средња вредност струје батерије је $I_d = 400 \text{ A}$, а преносни однос трансформатора је $m = N_1/N_2 = 3.166$. Индуктивност пригушнице је $L = 4 \text{ mH}$. Одредити таласност струје батерије, ΔI_d , у случају када претварач ради у устаљеном стању.



Испит траје 2 сата

1. задатак

Таласни облици струја и напона приказани су на следећој слици.



Када проводи тиристор T_1 , важи једначина:

$$\sqrt{2}U \sin(\omega t) = L \frac{di_{T1}}{dt} \quad (1.1)$$

Решење ове диференцијалне једначине је:

$$i_{T1} = \frac{1}{L} \int \sqrt{2}U \sin(\omega t) \cdot dt + C = -\frac{\sqrt{2}U}{\omega L} \cos(\omega t) + C \quad (1.2)$$

Када проводи тиристор T_2 , важи једначина:

$$\sqrt{2}U \sin(\omega t) = -L \frac{di_{T2}}{dt} \quad (1.3)$$

Решење ове диференцијалне једначине је:

$$i_{T2} = -\frac{1}{L} \int \sqrt{2}U \sin(\omega t) \cdot dt + C = \frac{\sqrt{2}U}{\omega L} \cos(\omega t) + C \quad (1.4)$$

Када проводи T_1 почетни услов је $i_{T1}(\alpha) = 0$, а када проводи T_2 почетни услов је $i_{T2}(\alpha + \pi) = 0$, тј.:

$$i_{T1}(\alpha) = 0 \Rightarrow C = \frac{\sqrt{2}U}{\omega L \sqrt{}} \cos \alpha \Rightarrow i_{T1} = \frac{\sqrt{2}U}{\omega L \sqrt{}} (\cos \alpha - \cos(\omega t)) \quad (1.5)$$

$$i_{T2}(\alpha + \pi) = 0 \Rightarrow C = \frac{\sqrt{2}U}{\omega L \sqrt{}} \cos \alpha \Rightarrow i_{T2} = \frac{\sqrt{2}U}{\omega L \sqrt{}} (\cos \alpha + \cos(\omega t)) \quad (1.6)$$

Струја фазног регулатора, i , једнака је разлици струја појединих тиристора, што је приказано на претходној слици. Струје појединих тиристора имају исти таласни облик, с тим да су међусобно временски померене за половину периоде мрежног напона, што значи да су основни хармоници ових струја међусобно фазно померени за 180° и да имају исте амплитуде. Због тога је основни хармоник струје фазног регулатора једнак двострукој вредности основног хармоника струје једног тиристора. Струју тиристора можемо представити Фуријеовим редом:

$$i_T(t) = I_{TAVG} + \sum_{k=1}^{\infty} [a_k \cos(k\omega t) + b_k \sin(k\omega t)] \quad (1.7)$$

Пошто је таласни облик струје тиристора парна функција, сви коефицијенти уз синусни члан су једнаки нули ($b_k = 0, (k \in N)$). Амплитуда основног хармоника струје монофазног фазног регулатора (која је двоструко већа од амплитуде основног хармоника струје једног тиристора) је:

$$a_1 = \frac{\sqrt{2}U}{\pi \omega L} \cdot 4 \int_{\alpha}^{\pi} (\cos \alpha - \cos x) \cos x \cdot dx = \frac{4\sqrt{2}U}{\pi \omega L} \left[\int_{\alpha}^{\pi} \cos \alpha \cdot \cos x \cdot dx - \int_{\alpha}^{\pi} \cos^2 x \cdot dx \right] \quad (1.8)$$

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{4\sqrt{2}U}{\pi \omega L} \left[\cos \alpha \int_{\alpha}^{\pi} \cos x \cdot dx - \int_{\alpha}^{\pi} \frac{1 + \cos 2x}{2} dx \right] \\ &= \frac{4\sqrt{2}U}{\pi \omega L} \left[-\sin \alpha \cdot \cos \alpha - \frac{\pi - \alpha}{2} - \frac{1}{4} (\sin 2\pi - \sin 2\alpha) \right] \\ &= \frac{4\sqrt{2}U}{\pi \omega L} \left[-\frac{\sin 2\alpha}{2} - \frac{\pi - \alpha}{2} + \frac{\sin 2\alpha}{4} \right] = \frac{2\sqrt{2}U}{\omega L} \left[-\frac{\sin 2\alpha}{2\pi} - \frac{\pi - \alpha}{\pi} \right] \\ &= -\frac{2\sqrt{2}U}{\omega L} \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right] \end{aligned} \quad (1.9)$$

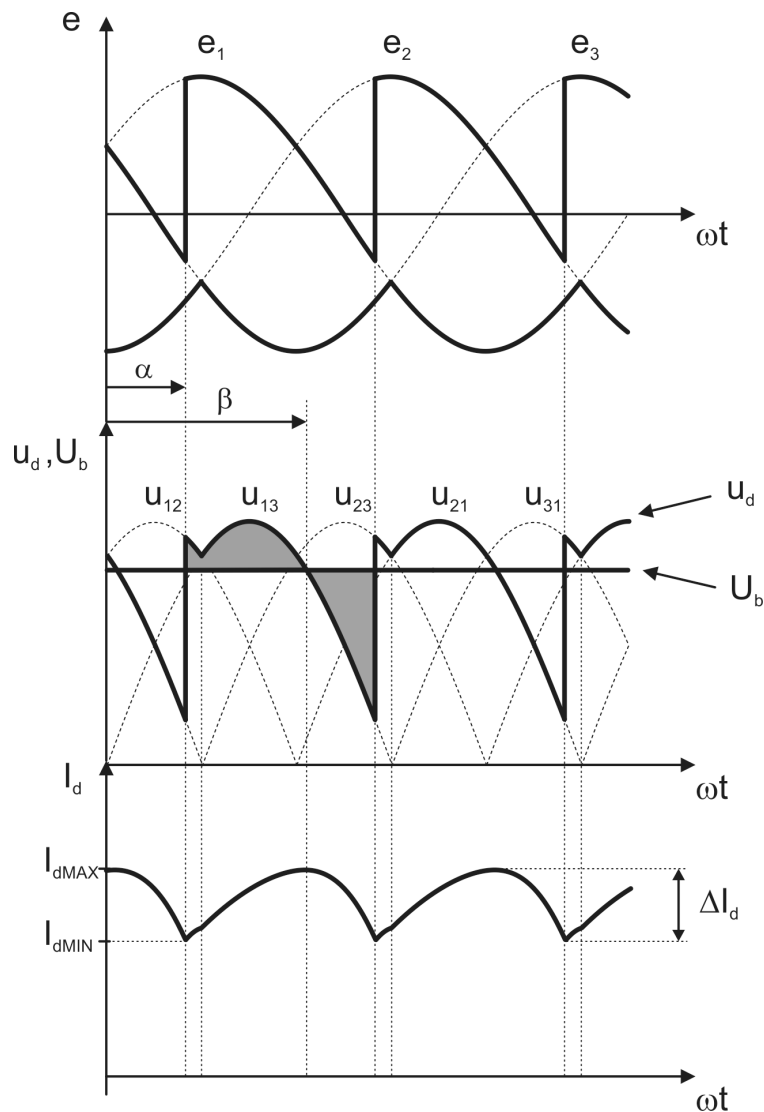
Ефективна вредност основног хармоника струје монофазног фазног регулатора је:

$$I_1 = \frac{|a_1|}{\sqrt{2}} = \frac{2U}{\omega L} \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right] = 75.12 \text{ A} \quad (1.10)$$

Индуктивна реактивна снага регулатора је:

$$Q_1 = UI_1 = \frac{2U^2}{L\omega} \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi} \right] = 16.526 \text{ kvar} \quad (1.11)$$

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 устаљеном 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 управљања тиристорима:

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

Тренутна вредност напона на пригушници ($u_L = u_d - U_b$) биће једнака нули у тренутку који одговара углу $\omega t = \beta$ (погледати таласне облике). У том тренутку, струја кроз пригушницу имаће максималну вредност. Угао β 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 β које је из опсега $\pi/2 \leq \beta \leq \pi$. 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 слику), и тада једносмерна струја расте од минималне до максималне вредности. Из претходне једначине следи:

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

Односно:

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

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:

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

па је:

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

Коначно је:

$$L \Delta I_d = 1.215 - 1.036 = 0.179 \text{ Vs} \Rightarrow \Delta I_d = 44.75 \text{ A} \quad (2.12)$$