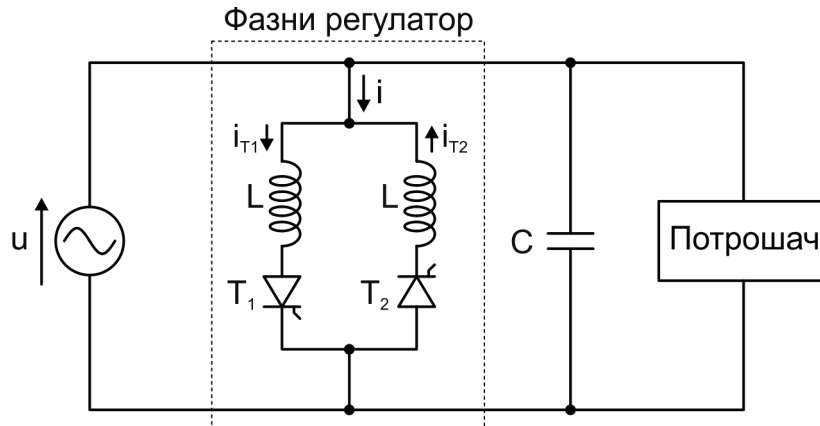
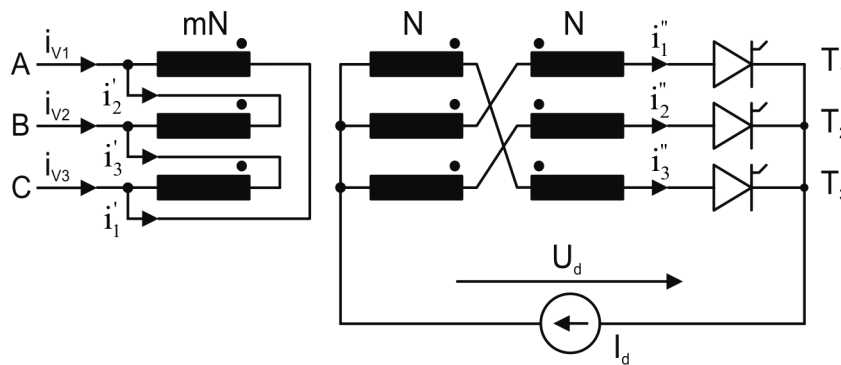


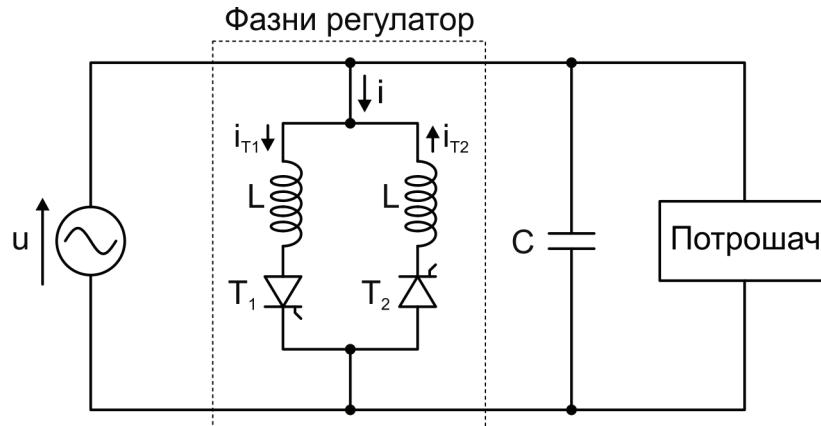
1. Фазни регулатор приказан на слици, користи се за компензацију реактивне снаге монофазног потрошача прикљученог на мрежни напон 220 V, 50 Hz. За угао управљања $\alpha=120^\circ$, нацртати таласне облике струја i , i_{T1} , i_{T2} , и одредити реактивну снагу регулатора, узимајући у обзир само основни хармоник струје регулатора. Индуктивност пригушнице је $L=10\text{ mH}$.



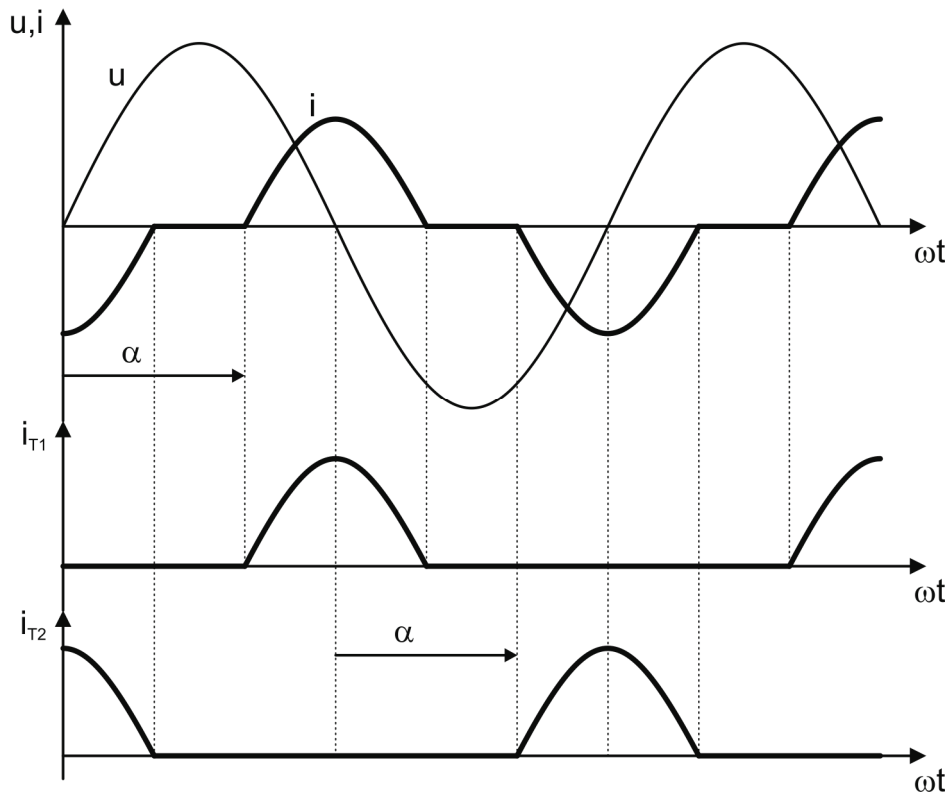
2. За исправљач приказан на слици, одредити однос снаге на коју је потребно димензионисати трансформатор и максималне снаге којом се енергија може преносити оптерећењу.



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.:

за i_{T1} је

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

за i_{T2} је

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

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:

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

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

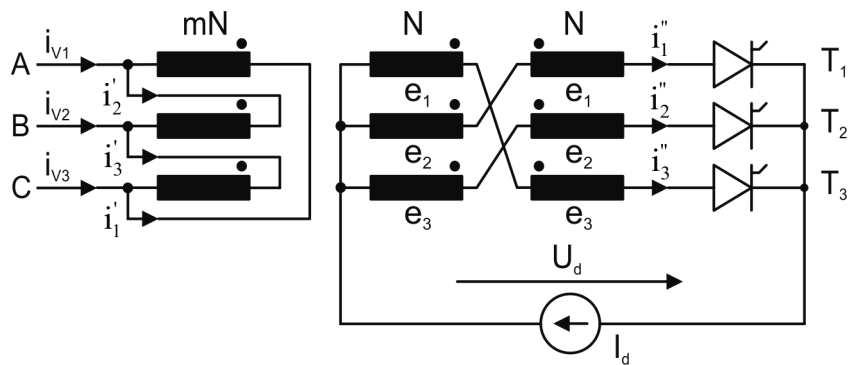
Ефективна вредност основног хармоника струје монофазног фазног регулатора је:

$$I_1 = \frac{|a_1|}{\sqrt{2}} = \frac{2U}{\omega L} \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right] = 27.38 \text{ A} \tag{1.10}$$

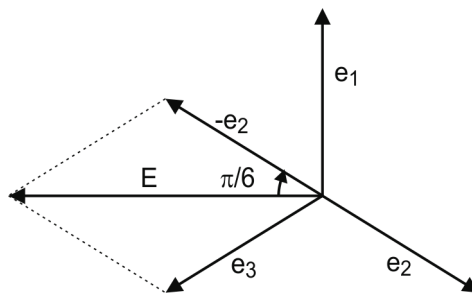
Индуктивна реактивна снага регулатора је:

$$Q_1 = UI_1 = \frac{2U^2}{L\omega} \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi} \right] = 6023.86 \text{ var} \tag{1.11}$$

2. задатак



Ефективна вредност фазног напона, E , на секундару трансформатора може да се добије помоћу векторског дијаграма на следећој слици:



па је:

$$E = 2E_S \cdot \cos \frac{\pi}{6} = \sqrt{3}E_S \quad (2.1)$$

где је:

E_S – ефективна вредност напона на једном полунамотају.

Привидна снага трансформатора са стране секундара је:

$$S'' = 6E_S I'' \quad (2.2)$$

Привидна снага трансформатора са стране примара је:

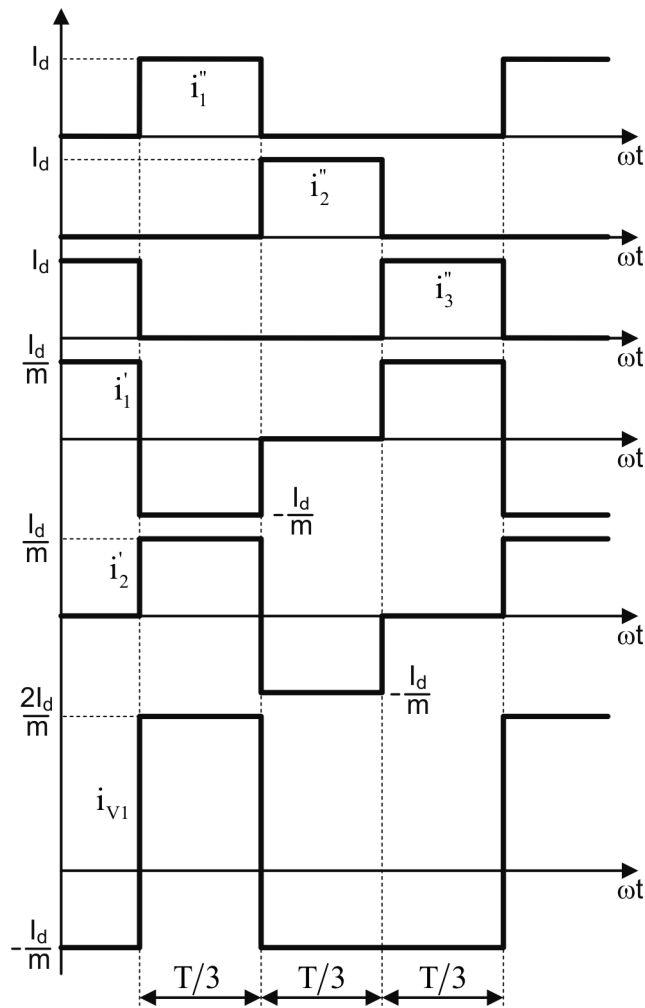
$$S' = 3UI' \quad (2.3)$$

Снага димензионисања трансформатора је средња вредност ове две снаге:

$$S = \frac{1}{2}(S' + S'') \quad (2.4)$$

Да бисмо одредили снагу димензионисања трансформатора, најпре треба одредити ефективне вредности струја кроз примарне и секундарне намотаје.

Прво треба уочити да ће сваки од тиристора проводити по 120° независно од угла управљања. Према томе, струје кроз секундарне намотаје су познате и представљене су на следећој слици:



Ефективна вредност струје секундарних намотаја је, дакле:

$$I'' = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_d^2 dt} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} \quad (2.5)$$

Збир МПС по затвореном магнетном путу којег чине први и други стуб једнак је нули (ако трансформатор није у засићењу):

$$Ni_3'' - Ni_1'' - mNi_1' + mNi_2' - Ni_1'' + Ni_2'' = 0 \quad (2.6)$$

Збир МПС по затвореном магнетном путу којег чине први и трећи стуб једнак је нули (ако трансформатор није у засићењу):

$$Ni_3'' - Ni_1'' - mNi_1' + mNi_3' - Ni_2'' + Ni_3'' = 0 \quad (2.7)$$

Пошто у секундарним намотајима не постоје струје трећег хармоника (нити струје хармоника који су мултипли трећег хармоника), нема их ни у примарним струјама, па је зато збир струја у троуглу примара једнак нули:

$$i_1' + i_2' + i_3' = 0 \quad (2.8)$$

Из претходних једначина добија се:

$$i_1' = \frac{1}{m}(i_3'' - i_1'') \quad (2.9)$$

На сличан начин добије се:

$$i_2' = \frac{1}{m}(i_1'' - i_2'') \quad (2.10)$$

па могу да се нацртају таласни облици за ове струје, као на претходној слици.

Ефективна вредност струје примарних намотаја је:

$$I' = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{I_d}{m}\right)^2 dt} = \frac{I_d}{m} \sqrt{\frac{2}{3}} \quad (2.11)$$

Привидна снага трансформатора са стране секундара сада је:

$$S'' = 6E_s I'' = 6 \cdot \frac{E}{\sqrt{3}} \cdot \frac{I_d}{\sqrt{3}} = 2EI_d \quad (2.12)$$

Привидна снага трансформатора са стране примара сада је:

$$S' = 3UI' = 3U \cdot \frac{I_d}{m} \sqrt{\frac{2}{3}} = 3 \frac{E}{\sqrt{3}} \cdot I_d \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} = \sqrt{2}EI_d \quad (2.13)$$

Снага димензионисања трансформатора сада је:

$$S = \frac{1}{2}(S' + S'') = \frac{2 + \sqrt{2}}{2} EI_d \quad (2.14)$$

Максимална снага којом енергија може да се преноси оптерећењу је:

$$P_0 = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} EI \quad (2.15)$$

Па је тражени однос снага:

$$\frac{S}{P_0} = \frac{2\pi}{3\sqrt{6}} \cdot \frac{2 + \sqrt{2}}{2} = 1.46 \quad (2.16)$$