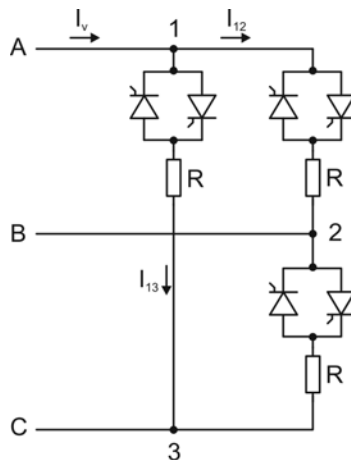
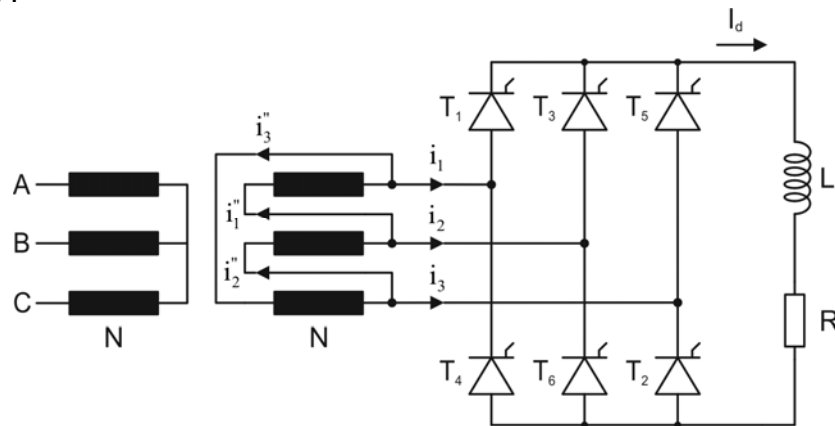


1. Снага отпорне пећи сачињене од три грејача повезана у троугао и прикључене на мрежни напон  $3 \times 380\text{V}$ ,  $50\text{Hz}$ , износи  $P=80\text{kW}$ . У циљу регулисања температуре пећи, на ред са сваким грејачем повезан је фазни регулатор са антипаралелном везом тиристора. Нацртати таласни облик струје у једном од прикључних водова, израчунати њену ефективну вредност као и фактор снаге на прикључним крајевима пећи, ако је угао укључења тиристора једнак  $60^\circ$ .



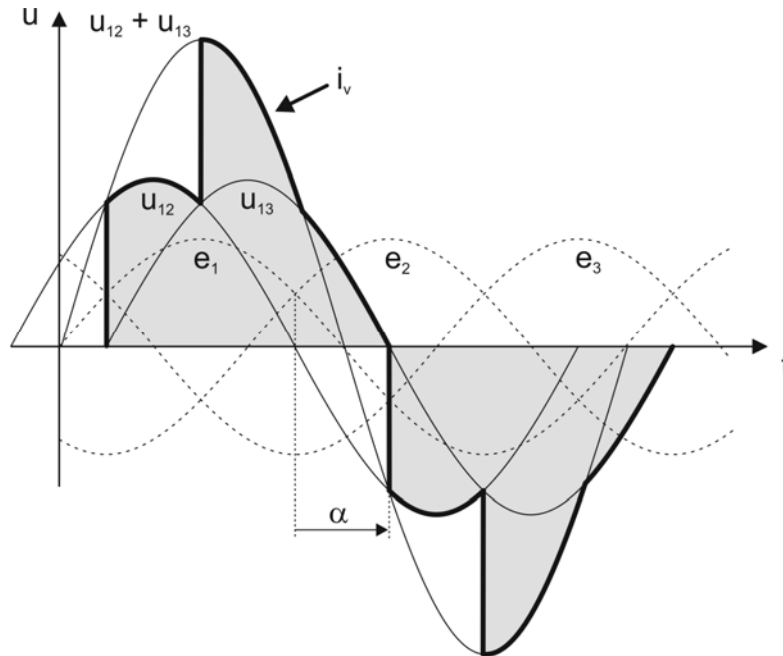
2. Исправљач на слици прикључен је на мрежни напон  $3 \times 380\text{V}$ ,  $50\text{Hz}$ . Отпорност оптерећења је  $R=10\Omega$ , а индуктивност пригушнице  $L$  је довољно велика да се може занемарити наизменична компонента струје оптерећења. Одредити ефективну вредност струје примара трансформатора, ако је угао укључења тиристора  $\alpha=30^\circ$ . Колико износи активна, а колико реактивна снага основног хармоника која се узима из мреже? Колико износи укупни фактор снаге на месту прикључења на мрежу?



Испит траје 2 сата

## 1. задатак

С обзиром да је познат угао укључења тиристора, могу се нацртати струје  $i_{12}$  и  $i_{13}$ , а самим тим и струја вода,  $i_v$ . Таласни облик струје вода приказан је подебљаном линијом на доњој слици.



На основу овог таласног облика може се израчунати ефективна вредност струје вода:

$$I_v = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{R} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[ \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 \left( \omega t + \frac{\pi}{6} \right) d(\omega t) + 3 \int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{5\pi}{6}} \sin^2(\omega t) d(\omega t) + \int_{\frac{5\pi}{6}}^{\frac{7\pi}{6}} \sin^2 \left( \omega t - \frac{\pi}{6} \right) d(\omega t) \right]} \quad (1.1)$$

тј.

$$I_v = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{R} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[ \left( \frac{\pi}{6} + \frac{\sqrt{3}}{4} \right) + \left( \frac{\pi}{2} + \frac{3\sqrt{3}}{8} \right) + \left( \frac{\pi}{6} - \frac{\sqrt{3}}{8} \right) \right]} = \frac{\sqrt{2} \cdot P(0)}{3U} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[ \frac{5\pi}{6} + \frac{\sqrt{3}}{2} \right]} = 104.51 \text{ A} \quad (1.2)$$

Снага пећи при задатом углу укључења тиристора може се израчунати као:

$$P(\alpha) = \frac{3 \cdot U^2}{R} \left( 1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi} \right) = P(0) \left( 1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi} \right) \quad (1.3)$$

Односно:

$$P(60^\circ) = 64.36 \text{ kW} \quad (1.4)$$

Фактор снаге на прикључним крајевима пећи је:

$$\lambda = \frac{P(\alpha)}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_v} = \frac{64360 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 380 \text{ V} \cdot 104.51 \text{ A}} = 0.936 \quad (1.5)$$

## 2. задатак

Да бисмо одредили ефективну вредност струје примара трансформатора, потребно је нацртати одговарајуће таласне облике. Пошто је средња вредност напона на пригушници, у устаљеном стању, једнака нули, средња вредност напона на оптерећењу (отпорнику) једнака је средњој вредности напона на излазу исправљача. У поставци задатка је наведено да је индуктивност пригушнице  $L$  довољно велика да се може занемарити наизменична компонента струје оптерећења, што значи да је струја кроз оптерећење константна, и једнака количнику средње вредности напона на излазу исправљача и отпорности отпорника:

$$I_d = \frac{U_d}{R} = \frac{1}{R} \cdot \frac{3\sqrt{6}E}{\pi} \cos(\alpha) = \frac{1}{R} \cdot \frac{3\sqrt{6}U}{3} \cos(\alpha) = 25.66 \text{ A} \quad (2.1)$$

где је:  $E$ - фазни напон у колу секундера трансформатора.

На основу познатог угла паљења тиристора, могуће је нацртати таласне облике линијских струја секундера трансформатора. Ови таласни облици приказани су на слици на следећој страни. Сада је потребно одредити струју кроз један од секундарних намотаја (рецимо, кроз први намотај). С обзиром на усвојене референтне смерове, важи:

$$\begin{aligned} i_1'' &= i_1 + i_3'' \\ i_2'' &= i_2 + i_1'' \end{aligned} \quad (2.2)$$

Осим тога, збир струја у троуглу једнак је нули:

$$i_1'' + i_2'' + i_3'' = 0 \quad (2.3)$$

На основу ових једначина добија се:

$$i_1'' = \frac{1}{3}(i_1 - i_2) \quad (2.4)$$

На основу чега се може нацртати таласни облик ове струје, што је такође приказано на слици на следећој страни. Ефективна вредност струје кроз секундарне намотаје је (према таласном облику):

$$I'' = \sqrt{\frac{2}{T} \left( 2 \cdot \frac{I_d^2 T}{9 \cdot 6} + \frac{4I_d^2 T}{9 \cdot 6} \right)} = \frac{\sqrt{2}I_d}{3} = 12.1 \text{ A} \quad (2.5)$$

Ефективна вредност струје кроз примарне намотаје је:

$$I' = \frac{I''}{m} = 12.1 \text{ A} \quad (2.6)$$

јер у струјама кроз секундарне намотаје нема једносмерне компоненте.

Снага којом оптерећење преузима енергију износи:

$$P = U_d \cdot I_d = 6.584 \text{ kW} \quad (2.7)$$

Пошто су напони мреже простопериодични, а губици у трансформатору и исправљачу занемарени, активна снага се из мреже преузима само првим хармоником струје, што за последицу има да су активна снага основног хармоника, укупна активна снага и снага оптерећења једнаке.

$$P_1 = P = 6.584 \text{ kW} \quad (2.8)$$

Да би се добила реактивна снага основног хармоника која се узима из мреже, потребно је наћи први хармоник струје  $i_1''$  или струје  $i_1'$ . Струја  $i_1''$  је непарна функција, те има само синусну компоненту основног хармоника чија амплитуда износи која износи:

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{4}{T} \int_0^{T/2} i_1''(t) \cdot \sin(\omega t) dt = \frac{8}{T} \int_0^{T/4} i_1''(t) \cdot \sin(\omega t) dt = \\ &= \frac{8}{T} \left( \int_0^{T/6} \frac{I_d}{3} \cdot \sin(\omega t) dt + \int_{T/6}^{T/4} \frac{2I_d}{3} \cdot \sin(\omega t) dt \right) = \frac{2 \cdot I_d}{\pi} \end{aligned} \quad (2.9)$$

Ефективна вредност основног хармоника струје  $i_1''$  износи:

$$I_{11}'' = \frac{b_1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2} \cdot I_d}{\pi} = 11.55 \text{ A} \quad (2.10)$$

Основни хармоник струје  $i_1''$  касни за напонем  $u_{12}''$  за 30 степени. Реактивна снага основног хармоника износи:

$$Q_1 = 3 \cdot U_{12}'' \cdot I_{11}'' \sin \varphi = 3 \cdot \frac{380}{\sqrt{3}} \cdot 11.55 \cdot \frac{1}{2} = 3.801 \text{ kVAr} \quad (2.11)$$

Укупни фактор снаге износи:

$$\lambda = \frac{P_1}{S} = 0.827 \quad (2.12)$$

