

**ЕНЕРГЕТСКИ ТРАНСФОРМАТОРИ (ОГЗЕТ)**  
**- септембар 2013 -**

**Београд, 23.08.2013.**

Трофазни уљни индустријски трансформатор има следеће номиналне податке:  $S_n = 1000 \text{ kVA}$ ,  $U_{1n} / U_{02} = 20 / 6,3 \text{ kV}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ , спрега Yd5,  $P_{0n} = 1,2 \text{ kW}$ ,  $j_0 = 1,1 \%$ ,  $P_{kn} = 12 \text{ kW}$ ,  $u_{kn} = 4,7 \%$ . Корен карактеристичне једначине расподеле напона је  $\alpha = 8$ .

1. Нацртати шему веза и векторски дијаграм напона представљајући намотаје као калемове. Означити све крајеве намотаја (почетке и крајеве). **(10)**
2. Ако се фреквенција напајања повећа на 60 Hz израчунати нову вредност губитака кратког споја. Номинална вредност Филдовог сачиниоца износи 1,06 и иста је за оба намотаја. **(10)**
3. Израчунати параметре еквивалентне заменске шеме трансформатора са ВН стране. Нацртати шему са унетим бројним вредностима параметара и електричним величинама. **(10)**
4. Колико износи фактор снаге номиналног трофазног оптерећења које ствара максимални пад напона када се прикључи на секундарне крајеве трансформатора. Колико износи овај пад напона и на који начин се може компензовати? **(10)**
5. Израчунати устаљену и критичну струју кратког споја задатог трансформатора као и време и број периода за које ће апериодична компонента опасти на 5 % своје почетне вредности. **(10)**
6. Узрок настанка и последице дејства радијалних сила на намотаје трансформатора. **(10)**
7. На примарну фазу задатог трансформатора са четворослојним намотајем висине  $h = 500 \text{ mm}$ , наилази пренапонски талас амплитуде 100 kV. Израчунати највиши могући напон према земљи и тачку намотаја где се јавља. На ком је још месту угрожена изолација и због чега? **(10)**
8. Шематски приказати начин извођења пренапонске заштите трансформатора са електростатичким екранима и објаснити шта се њом постиже. **(10)**
9. Одредити колики напон кратког споја треба да има трансформатор снаге 800kVA који се прикључује паралелно задатом трансформатору тако да ни један од њих не буде преоптерећен при раду са заједничким оптерећењем од 1800 kVA. **(10)**
10. Предности и недостаци аутотрансформаторске спреге. **(10)**

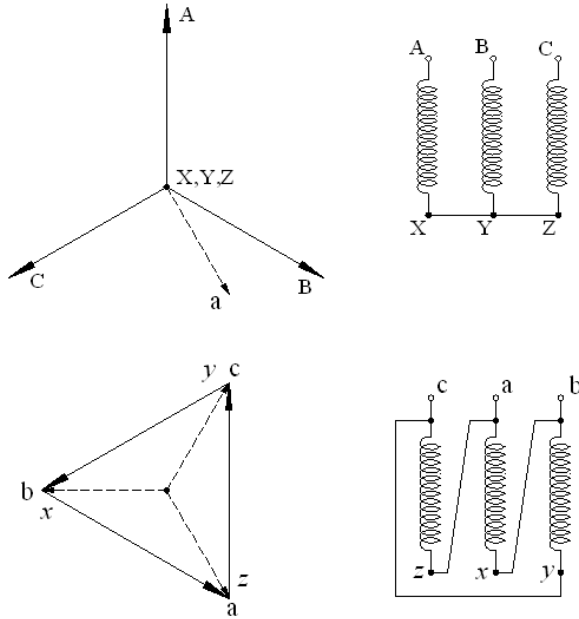
**Испит траје 3 сата. Дозвољено је поседовање само једне вежбанкеза рад. Прецртати што није за преглед.**

**Проф. др Зоран Лазаревић**

**ЕНЕРГЕТСКИ ТРАНСФОРМАТОРИ (ОГЗЕТ)**  
- септембар 2013 -

**23.08.2013.г.**

**1.**



$$2. \quad P_{kn} = 12 \text{ kW}, \quad k_{Fn} = 1,06 \Rightarrow P_{Cum} = \frac{P_{kn}}{k_{Fn}} = \frac{12 \cdot 10^3}{1,06} = 11,32 \text{ kW}, \quad P_{dn} = P_{kn} - P_{Cum} = 679 \text{ W}$$

$$P_d^{60} = P_{dn} \left( \frac{60}{50} \right)^2 = 977,8 \text{ W} \Rightarrow P_k^{60} = P_{Cum} + P_d^{60} = 12298 \text{ W}$$

$$3. \quad I_{lnf} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}} = \frac{1000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 28,9 \text{ A}, \quad R_a = \frac{U_{lnf}^2}{P_0/3} = \frac{3 \cdot 20^2 \cdot 10^6}{3 \cdot 1200} = 333 \text{ k}\Omega$$

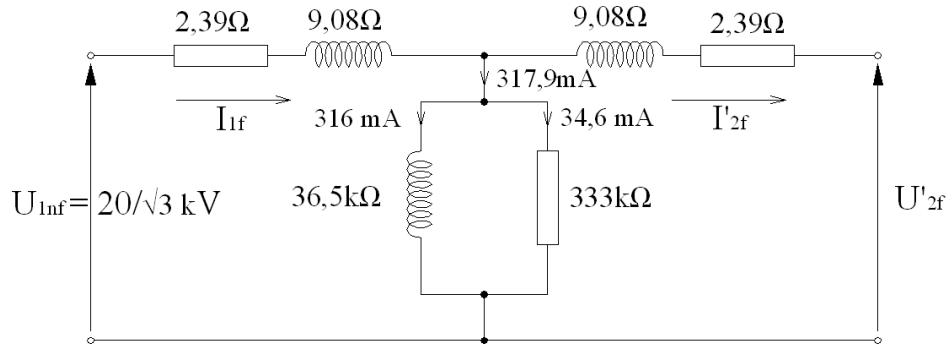
$$I_a = \frac{U_{lnf}}{R_a} = \frac{20 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 333 \cdot 10^3} = 34,7 \text{ mA}, \quad I_0 = \frac{j_0}{100} \cdot I_{lnf} = \frac{1,1}{100} \cdot 28,9 = 317,9 \text{ mA}$$

$$I_\mu = \sqrt{I_0^2 - I_a^2} = \sqrt{317,9^2 - 34,7^2} = 316 \text{ mA} \Rightarrow X_\mu = \frac{U_{lnf}}{I_\mu} = \frac{20 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 316 \cdot 10^{-3}} = 36,5 \text{ k}\Omega$$

$$R_k = \frac{P_{kn}}{3I_k^2} = \frac{12000}{3 \cdot 28,9^2} = 4,789 \Omega \Rightarrow R_1 \approx R_2' = \frac{R_k}{2} = 2,39 \Omega,$$

$$Z_k = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_{lnf}}{I_{lnf}} = \frac{4,7}{100} \cdot \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 28,9} = 18,78 \Omega \Rightarrow X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} = 18,16 \Omega$$

$$X_{\sigma 1} \approx X_{\sigma 2} = \frac{X_k}{2} = \frac{18,16}{2} = 9,08 \Omega$$



$$4. \Delta u \approx a = \beta(u_m \cos \varphi + u_{xn} \sin \varphi) \Rightarrow \frac{d\Delta u}{d\varphi} = 0$$

$$-u_m \sin \varphi + u_{xn} \cos \varphi = 0 \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi = \frac{u_{xn}}{u_m}, \quad \cos \varphi = \frac{u_m}{u_{kn}}$$

$$u_r = \frac{P_{kn}}{S_n} \cdot 100 = \frac{12000}{1000 \cdot 10^3} \cdot 100 = 1,2\% \Rightarrow u_x = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} = \sqrt{4,7^2 - 1,2^2} = 4,54\%$$

$$\cos \varphi = \frac{u_m}{u_{kn}} = \frac{1,2}{4,7} = 0,255$$

$$\Delta u_{\max} = u_m \cdot \frac{u_m}{u_{kn}} + u_{xn} \cdot \frac{u_{xn}}{u_{kn}} = u_{kn} = 4,7\% \Rightarrow \Delta U_{\max} = \frac{\Delta u_{\max}}{100} \cdot U_{02} = 296,1V$$

Компензација пада напона може се остварити на два начина:

1. додавањем кондензаторских батерија паралелно оптерећењу
2. регулацијом напона на примару

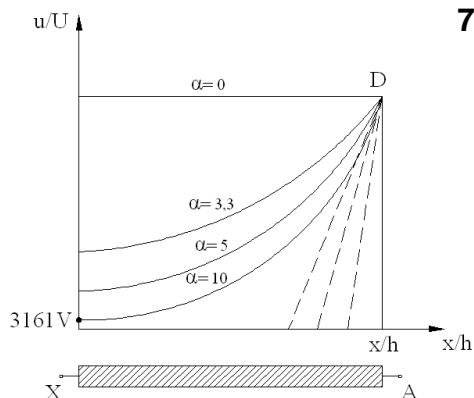
$$5. I_{1ku} = \frac{100 I_{1n}}{u_{k\%}} = \frac{100 \cdot 28,9}{4,7} = 614,9 A$$

$$k_m = \left( 1 + e^{-\frac{u_r \pi}{u_x}} \right) = \left( 1 + e^{-\frac{1,2}{4,54} \pi} \right) = 1,436$$

$$I_{k \max 1} = \sqrt{2} \cdot k_m \cdot I_{1ku} = \sqrt{2} \cdot 1,436 \cdot 614,9 = 1248,7 A$$

$$0,05 = e^{-\frac{u_m}{u_{xn}} \omega} \Rightarrow t = 36,1 ms$$

## 6. теорија



7.

$$U_{\max} = 2U - \frac{U}{ch\alpha h} = 2 \cdot 100 \cdot 10^3 - \frac{100 \cdot 10^3}{ch8 \cdot 0,5} = 196,3 kV$$

$$U_{\max} \approx 2U = 200 kV$$

## 8. теорија

9.  $S_1 \leq S_{1n}, \quad S_2 \leq S_{2n}$

$$S_1 = \frac{\Sigma S}{\frac{u_{k1}}{S_{n1}} \sum_i \left( \frac{S_{ni}}{u_{ki}} \right)} \leq S_{1n} \Rightarrow u_{k2} \leq 4,7\%$$

$$S_2 = \frac{\Sigma S}{\frac{u_{k2}}{S_{n2}} \sum_i \left( \frac{S_{ni}}{u_{ki}} \right)} \leq S_{2n} \Rightarrow u_{k2} \geq 4,7\%$$

$$\Rightarrow u_{k2} = 4,7\%$$

Ово је једино решење које задовољава задати услов. Провера се може извршити тако што се изабере произвољна вредност већа или мања од 4,7% па се затим израчунају појединачне снаге трансформатора.

## 10. теорија