

## ЕНЕРГЕТСКИ ТРАНСФОРМАТОРИ (ОГЗЕТ)

- октобар 2013 -

Београд, 6.09.2013.

Трофазни уљни трансформатор има следеће номиналне податке:  
 $S_n = 400 \text{ kVA}$ ,  $U_{1n} / U_{02} = 10 / 0,42 \text{ kV}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ , спрега Dd6,  $P_{0n} = 870 \text{ W}$ ,  $j_0 = 2 \%$ ,  
 $P_{kn} = 4,8 \text{ kW}$ ,  $u_{kn} = 4 \%$ . Штајнмицов коефицијент је 2.

1. Нацртати шеме веза и векторски дијаграм напона представљајући намотаје као калемове. Означити све крајеве намотаја (почетке и крајеве). **(10)**
2. Израчунати номиналне губитке услед хистерезиса и вихорних струја у магнетском колу трансформатора ако су при повећаном напону од  $1,1U_{1n}$  и смањеној учестаности од  $0,92f_n$  укупни губици у гвожђу  $1122 \text{ W}$ . **(10)**
3. Израчунати параметре еквивалентне заменске шеме трансформатора са НН стране. Нацртати шему са унетим бројним вредностима параметара и електричним величинама. **(10)**
4. Израчунати секундарни напон трансформатора при капацитивном оптерећењу од  $0,8S_n$ . Колико износи степен искоришћења снаге трансформатора у овом случају? **(10)**
5. а) На трансформатор је прикључено оптерећење при коме се има максимални степен искоришћења снаге. Колики је пораст температуре трансформатора у трајном раду са овим оптерећењем ако је почетни пораст температуре трансформатора пре укључења био  $20 \text{ K}$ . **(5)**  
б) Колико износи релативно старење трансформатора у процентима при раду са овим оптерећењем? **(5)**
6. Нацртати заменску шему трансформатора за проучавање пренапонских појава у средини прелазног процеса. Објаснити све елементе на шеми. Нацртати расподелу пренапона на уземљеном намотају трансформатора. Која су критична места и због чега? **(10)**
7. Израчунати време трајања укључења задатог трансформатора у празан ход ако претходно није био укључиван на мрежу. **(10)**
8. Једнофазни кратак спој између крајева b – c за трансформатор са спрегом Yd. **(10)**
9. Нацртати нулте заменске шеме за трансформаторе спрега: Yd и Yyn и објаснити их. **(10)**
10. Бухолцово реле. Улога и принцип рада. **(10)**

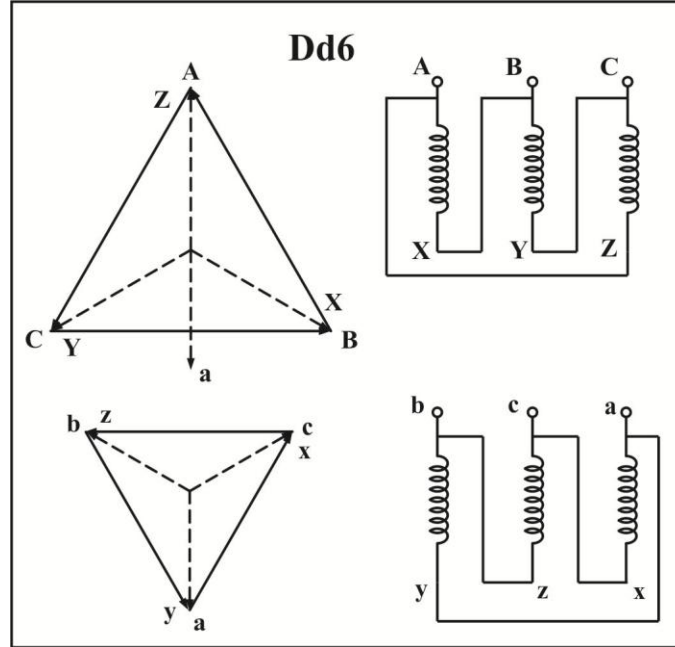
Испит траје 3 сата. Дозвољено је поседовање само једне вежбанке за рад. Прецртати што није за преглед.

Проф. др Зоран Лазаревић

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

6.09.2013.г.

1.



$$2. \quad P_h' = P_{hn} \left( \frac{U'}{U_n} \right)^2 \frac{f_n'}{f} = 1,1^2 \frac{1}{0,92} P_{hn} = 1,315 P_{hn}$$

$$P_v' = P_{vn} \left( \frac{U'}{U_n} \right)^2 = 1,1^2 P_{vn} = 1,21 P_{vn}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_{hn} + P_{vn} = 870 W \\ 1,315 P_{hn} + 1,21 P_{vn} = 1122 W \end{array} \right\} \Rightarrow P_{hn} = 660 W, \quad P_{vn} = 210 W$$

$$3. \quad I_{2nf} = \frac{S_n}{3U_{02f}} = \frac{400 \cdot 10^3}{3 \cdot 0,42 \cdot 10^3} = 317,5 A, \quad R_{a2} = \frac{U_{02f}^2}{P_0/3} = \frac{3 \cdot 420^2}{870} = 608,3 \Omega$$

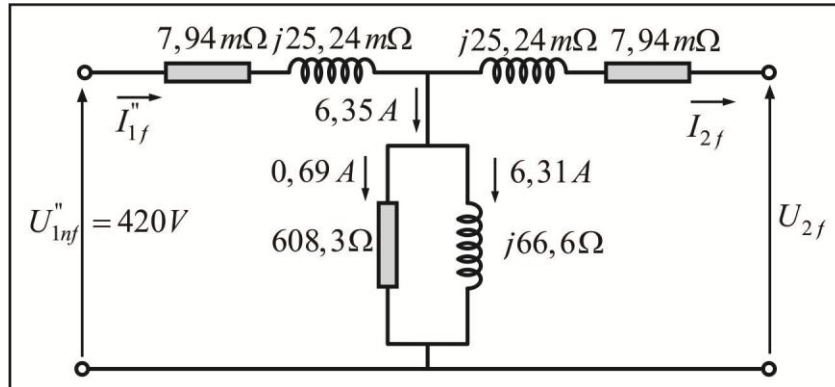
$$I_{a2} = \frac{U_{02f}}{R_{a2}} = \frac{420}{608,3} = 0,69 A, \quad I_{02} = \frac{j_0}{100} \cdot I_{2nf} = \frac{2}{100} \cdot 317,5 = 6,35 A$$

$$I_{\mu 2} = \sqrt{I_{02}^2 - I_{a2}^2} = \sqrt{6,35^2 - 0,69^2} = 6,31 A \Rightarrow X_{\mu 2} = \frac{U_{02f}}{I_{\mu 2}} = \frac{420}{6,31} = 66,6 \Omega$$

$$R_k'' = \frac{P_{kn}}{3I_{2nf}^2} = \frac{4800}{3 \cdot 317,5^2} = 15,87 m\Omega \Rightarrow R_1'' \approx R_2 = \frac{R_k''}{2} = 7,94 m\Omega,$$

$$Z_k = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_{02f}}{I_{2nf}} = \frac{4}{100} \cdot \frac{420}{317,5} = 52,91 m\Omega \Rightarrow X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} = 50,47 m\Omega$$

$$X_{\sigma 1}'' \approx X_{\sigma 2}'' = \frac{X_k''}{2} = \frac{50,47}{2} = 25,24 m\Omega$$



$$4. \quad u_r = \frac{P_{kn}}{S_n} \cdot 100 = \frac{4800}{400 \cdot 10^3} \cdot 100 = 1,2\% \Rightarrow u_x = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} = \sqrt{4^2 - 1,2^2} = 3,82\%$$

$$\left. \begin{aligned} a &= \beta u_{xn} \sin \varphi = -0,8 \cdot 3,82 = -3,056\% \\ b &= -\beta u_{mn} \sin \varphi = 0,8 \cdot 1,2 = 0,96\% \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta u = a + \frac{b^2}{200} = -3,051\%$$

$$U_{2f} = U_{02f} \left( 1 - \frac{\Delta u}{100} \right) = 420 \cdot \left( 1 + \frac{3,051}{100} \right) = 432,8V$$

Пошто је оптерећење чисто реактивно степен искоришћења је нула.

$$5. \quad a) \quad \beta_{\max} = \sqrt{\frac{P_{0n}}{P_{kn}}} = \sqrt{\frac{870}{4800}} = 0,426 \Rightarrow S_{\max} = 0,426 \cdot 400 = 170,3 kVA$$

$$\theta_m' = \theta_{mn} \frac{2P_{0n}}{P_{0n} + P_{kn}} = 65 \cdot \frac{2 \cdot 870}{870 + 4800} = 19,95 K$$

$$6) \quad V = 100 \cdot 2^{\frac{\theta_m' - \theta_{mn}}{6}} = 100 \cdot 2^{\frac{19,9 - 65}{6}} = 0,546\%$$

## 6. теорија

$$7. \quad t_{uk} \approx 4T_0, \quad T_0 = \frac{L_1}{R_1} = \frac{X_1}{\omega R_1}, \quad X_1 = X_{\sigma 1} + X_m$$

$$Z_1 = \frac{U_{1nf}}{I_{01f}} = \frac{U_{1nf}}{\frac{j_0}{100} \cdot I_{1nf}} = \frac{10 \cdot 10^3}{\frac{2}{100} \cdot 13,34} = 37,48 k\Omega$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{3U_{1nf}I_{01f}} = 0,109 \Rightarrow \sin \varphi_0 = 0,994$$

$$X_1 = Z_1 \sin \varphi_0 = 37,48 \cdot 10^3 \cdot 0,994 = 37,26 k\Omega$$

$$R_1 = R_1'' n^2 = 7,94 \cdot 10^{-3} \cdot \left( \frac{10}{0,42} \right)^2 = 4,5 \Omega$$

$$T_0 = \frac{36,58 \cdot 10^3}{314 \cdot 4,5} = 26,27 s \Rightarrow t_{uk} = 4 \cdot 26,37 = 105,5 s$$

**8.** теорија

**9.** теорија

**10.**теорија