

ЕНЕРГЕТСКИ ТРАНСФОРМАТОРИ (ОГЗЕТ)

- септембар 2016 -

Београд, 2.09.2016.

Трофазни енергетски уљни трансформатор са номиналним подацима: $S_n = 5 \text{ MVA}$, $U_1 / U_{02} = 35 / 6,3 \text{ kV}$, 50 Hz , спрега $Yd5$, $u_k = 5 \%$, $j_0 = 1 \%$, $P_{kn} = 28 \text{ kW}$, $P_{0n} = 6,5 \text{ kW}$, има следеће конструкцијске податке: укупна површину попречног пресека магнетског кола $S_{Fe} = 805 \text{ cm}^2$, висина оба намотаја $h = 650 \text{ mm}$. Корен карактеристичне једначине за израчунавање расподеле пренапона је $\alpha = 5$.

- а) Нацртати шеме веза и векторски дијаграм напона представљајући намотаје као калемове. Означити све крајеве намотаја (почетке и крајеве). (6)
б) Проценити број навојака примара ако је максимална вредност индукције $B_m = 1,7 \text{ T}$, а коефицијент испуне гвожђем $0,95$. Резултат заокружити на цео број навојака. (4)
- а) Мерењем отпорности намотаја трансформатора на 20°C измерена је 30 пута већа отпорност између примарних прикључака него између секундарних. Израчунати фазне отпорности на референтној температури ако је Филдов сачинилац исти за оба намотаја и износи $k_F = 1,015$. (6)
б) Колико износи Филдов сачинилац ако се специфична проводност бакра смањи за 10% услед пораста температуре намотаја? (4)
- Израчунати параметре еквивалентне заменске шеме трансформатора са ВН стране. Нацртати шему са унетим бројним вредностима параметара и електричним величинама. (10)
- Укупно оптерећење на секундару датог трансформатора износи 4 MVA и има фактор снаге од $0,8$ инд. Израчунати пофазну капацитивност кондензаторских батерија спрегнутих у звезду, тако да се при њиховом прикључењу на секундарну страну напон повећа за 2% у односу на случај када је прикључено само претходно наведено оптерећење. Користити упрошћену формулу за пад напона. (10)
- Где се постављају и на који начин делују екрани за смањење губитака у суду трансформатора? (10)
- Ако је задати трансформатор превезан тако да формира аутотрансформатор спреге Yy , израчунати максималну трајну снагу коју може да пренесе у том случају као и процентуалну вредност максималног пада напона при његовом номиналном оптерећењу. Користити упрошћену формулу за пад напона. (10)
- Колика је максимална вредност напона који се јавља у намотају примара задатог трансформатора при наиласку пренапонског таласа амплитуде 2 MV ? Која су критична места у погледу изолације и зашто? (10)
- Паралелно задатом трансформатору треба прикључити нови трансформатор исте снаге и напона али са $u_k = 4,5 \%$. Како ће ови трансформатори делити укупно оптерећење од 10 MVA ? Да ли је трајни рад могућ и ако није, колико износи максимално дозвољено оптерећење трансформатора? (10)
- Нацртати шеме за мерење нултих импеданси трансформатора и написати одговарајуће изразе по којима се рачунају. (10)
- На јединственом графику скицирати расподелу температуре делова трансформатора по висини. Написати израз за израчунавање температуре најтоплије тачке на основу температура које се могу измерити на класичан начин, сматрајући да је познат фактор најтоплије тачке (H). (10)

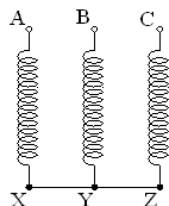
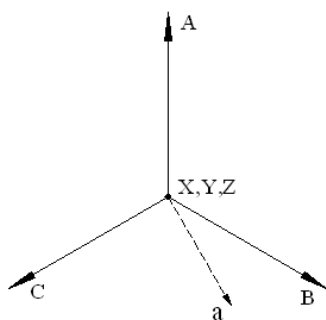
Испит траје 3h. Дозвољено је поседовање само једне свеске за рад и концепт. Прецртати што није за преглед.

Проф. др Зоран Лазаревић
Проф. др Зоран Радаковић

ЕНЕРГЕТСКИ ТРАНСФОРМАТОРИ (ОГЗЕТ)
- септембар 2012 -

2.09.2016.г.

1. а)

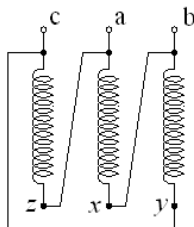
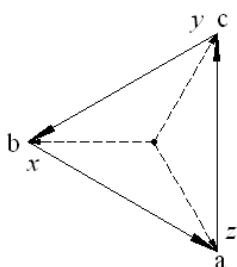


б)

$$N_1 = \frac{U_{1nf}}{4,44 S_{Fe} f B_m k_{Fe}}$$

$$= \frac{35000/\sqrt{3}}{4,44 \cdot 805 \cdot 10^{-4} \cdot 50 \cdot 1,7 \cdot 0,95}$$

$$N_1 \approx 700 \text{ нав}$$



- 2. а)** Отпорности између прикључних крајева намотаја на 20°C су у односу $R_1^{20} = 30R_2^{20}$. Отпорности при једносмерној струји али на 75°C могу се представити следећим формулама:

$$R_{1f,DC}^{75} = \frac{R_1^{20}}{2} \cdot \frac{310}{255} = 15R_2^{20} \cdot 1,22$$

$$R_{2f,DC}^{75} = \frac{3 \cdot R_2^{20}}{2} \cdot \frac{310}{255} = 1,5R_2^{20} \cdot 1,22$$

Губици на 75°C при наизменичном напајању могу се представити преко отпорности које су дате горњим једначинама:

$$P_{kn}^{75} = 3k_F \cdot (15R_2^{20} \cdot 1,22 \cdot I_{1nf}^2 + 1,5R_2^{20} \cdot 1,22 \cdot I_{2nf}^2)$$

Одавде је:

$$R_2^{20} = \frac{28000}{3 \cdot 1,015 \cdot (15 \cdot 1,22 \cdot 82,5^2 + 1,5 \cdot 1,22 \cdot 264,6^2)} = 0,03652 \Omega$$

Па су:

$$R_{1f,DC}^{75} = 15R_2^{20} \cdot 1,22 = 0,667 \Omega$$

$$R_{2f,DC}^{75} = 1,5R_2^{20} \cdot 1,22 = 0,0667\Omega$$

Тражене отпорности намотаја на 75°C при наизменичном напајању су:

$$R_{1f,AC}^{75} = 1,015 \cdot R_{1f,DC}^{20} = 0,676 \Omega$$

$$R_{2f,AC}^{75} = 1,015 \cdot R_{2f,DC}^{20} = 0,0676\Omega$$

б)

$$\frac{\Delta k'_F}{\Delta k_F} = \left(\frac{\sigma'}{\sigma} \right)^2 = 0,9^2 = 0,81 \Rightarrow k'_F = 1 + \Delta k'_F = 1 + 0,015 \cdot 0,81 = 1,0122$$

3. ПХ:

$$I_{1nf} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{1n}} = \frac{5000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 10^3} = 82,5 A$$

$$R_a = \frac{U_{1nf}^2}{P_{0n}/3} = \frac{35^2 \cdot 10^6}{6500} = 188,5 k\Omega \Rightarrow I_{a1} = \frac{U_{1nf}}{R_a} = \frac{35 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 188,5 \cdot 10^3} = 0,107 A$$

$$I_{01} = \frac{j_0}{100} \cdot I_{1nf} = 0,825 A \Rightarrow I_{\mu 1} = \sqrt{I_{01}^2 - I_{a1}^2} = 0,818 A$$

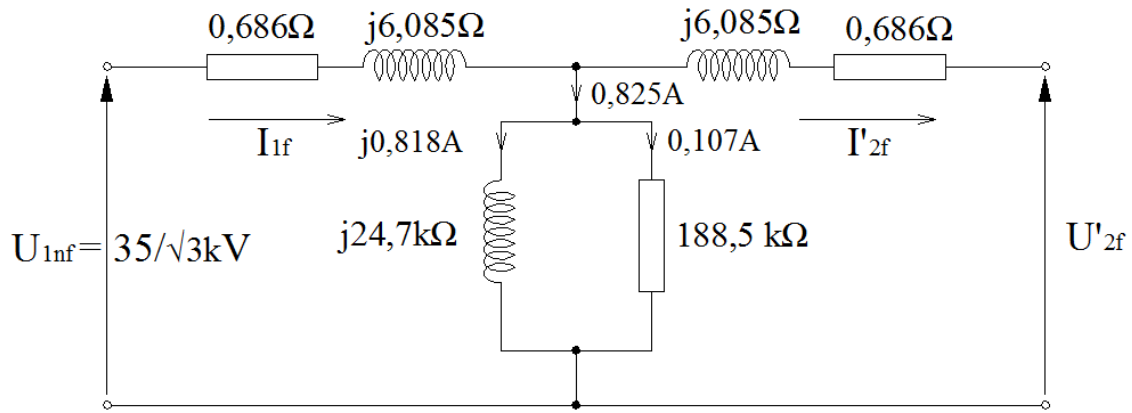
$$X_\mu = \frac{U_{1nf}}{I_{\mu 1}} = \frac{35 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,818} = 24,7 k\Omega$$

КС:

$$R_k = \frac{P_{kn}}{3I_{1nf}^2} = \frac{28000}{3 \cdot 82,5^2} = 1,371 \Omega \Rightarrow R_1'' = R_2 = \frac{R_k}{2} = \frac{1,371}{2} = 0,686 \Omega$$

$$Z_k = \frac{u_k}{100} \frac{U_{1nf}}{I_{1nf}} = \frac{5}{100} \frac{35 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 82,5} = 12,247 \Omega \Rightarrow X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} \approx 12,17 \Omega$$

$$\Rightarrow X_{\sigma 1}'' \approx X_{\sigma 2} = \frac{X_k}{2} = 6,085 \Omega$$



4.

$$\beta = \frac{S}{S_n} = 0,8$$

$$u_r = \frac{P_{kn}}{S_n} \cdot 100 = 0,56\%, \quad u_x = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} = 4,968\%$$

$$\Delta u = a = \beta(u_r \cos \varphi + u_x \sin \varphi) = 2,743\%$$

$$U_2' = U_{02} \left(1 - \frac{\Delta u}{100} \right) \left(1 + \frac{\Delta u_c}{100} \right) = 6,25 \text{ kV}$$

$$\Delta u' = \frac{U_2'}{U_{2n}} \cdot 100 = \frac{50}{6300} \cdot 100 = 0,794\%$$

$$\Delta u' = \beta' (u_r \cos \varphi' + u_x \sin \varphi')$$

$$\beta' = \frac{S'}{S_n} = \frac{\sqrt{P^2 + (Q - Q_c)^2}}{S_n}, \quad \cos \varphi' = \frac{P}{S'}, \quad \sin \varphi' = \frac{Q - Q_c}{S'}$$

$$\Delta u' = \frac{S'}{S_n} \left(u_r \frac{P}{S'} + u_x \frac{Q - Q_c}{S'} \right) \Rightarrow \Delta u' = \frac{1}{S_n} (u_r \cdot P + u_x \cdot (Q - Q_c))$$

$$\Rightarrow Q_c = 1,962 \text{ M var} \Rightarrow C_f = \frac{Q_c}{3U_{02f}^2 \omega} = 157,5 \mu\text{F}$$

5. теорија

6. Повољнија спрега аутотрансформатора је она са преносним односом који је ближи јединици јер се тада преноси већа привидна снага:

$$U_{1a} = \sqrt{3} \left(\frac{35}{\sqrt{3}} + 6,3 \right) = 45,9 \text{ kVA}$$

$$U_{2a} = \sqrt{3} \cdot \frac{35}{\sqrt{3}} = 35 \text{ kVA}$$

$$n_a = \frac{U_{1a}}{U_{2a}} = 1,31 \Rightarrow S_a = \frac{n_a}{n_a - 1} S_n = 21,12 \text{ MVA}$$

$$\Delta u_m = u_r \cdot \frac{u_r}{u_k} + u_x \cdot \frac{u_x}{u_k} = u_{ka} = u_k \cdot \frac{S_n}{S_a} = 5,5 \cdot \frac{5}{21,12} = 1,183 \%$$

7. Највећи напон се јавља на крају неуземљеног намотаја у току прелазног режима када постоје осцилације:

$$U_m = 2U - u(x=0) = 2U - \frac{Uch(\alpha \cdot 0)}{ch(\alpha h)} = 4 - 2 \cdot \frac{1}{ch(5 \cdot 0,65)} = 3,845 \text{ MVA}$$

У овој тачки је угрожена изолација намотаја према маси јер се у њој јавља највећи напон према маси у току прелазног процеса. Друго место је почетак намотаја где се јавља највећи градијент напона па је угрожена међузавојна изолација.

8.

$$S_1 = \frac{\sum S_n}{\frac{u_{k1}}{S_{n1}} \sum \left(\frac{S_{ni}}{u_{ki}} \right)} = 4,74 \text{ MVA}, S_2 = \frac{\sum S_n}{\frac{u_{k2}}{S_{n2}} \sum \left(\frac{S_{ni}}{u_{ki}} \right)} = 5,26 \text{ MVA}$$

$$S_2' = S_{n2} = \frac{S_d}{\frac{u_{k1}}{S_{n1}} \sum \left(\frac{S_{ni}}{u_{ki}} \right)} \Rightarrow S_d = 4,5 \cdot 2,11 = 9,49 \text{ MVA}$$

9. Теорија

10. Теорија