

ЕНЕРГЕТСКИ ТРАНСФОРМАТОРИ (13E013ЕНТ, 19E013ЕНТ)

- септембар 2024 -

Београд, 22.09.2024.

У дистрибутивној трансформаторској станици (ТС) преносног односа 35/10 kV налазе се два трансформатора који треба да раде паралелно. **Први** трансформатор има следеће номиналне податке: $S_n = 2500 \text{ kVA}$, $U_{1n} / U_{02} = 35 / 10,5 \text{ kV}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $P_0 = 3,2 \text{ kW}$, $P_k = 20 \text{ kW}$, $j_0 = 0,81 \%$, $u_k = 6 \%$ спрега Yd5. **Други** трансформатор снаге $S_n = 4000 \text{ kVA}$, спреге Dy1, истих напона и учестаности као први је пре постављања у ТС испитан у фабрици, при чему је огледима празног хода и кратког споја добијено:

ПХ: $P_0 = 5,7 \text{ kW}$, $U_0 = 10,5 \text{ kV}$, $j_0 = 0,75 \%$

КС: $P_k = 28 \text{ kW}$, $U_k = 2,38 \text{ kV}$, $I_k = 66 \text{ A}$

Термичка временска константа горњег уља другог трансформатора је 3 h. Номинални пораст температуре горњег уља за оба трансформатора износи 55 K.

1. Нацртати шеме веза и векторске дијаграме напона оба трансформатора представљајући намотаје као калемове и означити почетке и крајеве намотаја. Показати табеларно на који начин треба повезати ова два трансформатора тако да могу да раде несметано у паралели. (T15)
2. Израчунати параметре еквивалентне заменске шеме другог трансформатора са НН стране. Нацртати шему са унетим бројним вредностима параметара и електричним величинама. (310)
3. Израчунати максимално дозвољено укупно оптерећење ова два трансформатора када раде паралелно тако да ниједан од њих не буде преоптерећен као и појединачна оптерећења трансформатора у том случају. При овом прорачуну занемарити фазне разлике импеданси кратког споја трансформатора. (310)
4. Ако трансформатори раде са оптерећењем од 6030 kVA израчунати заједнички напон на крајевима трансформатора и степен искоришћења снаге првог. Фактор снаге оптерећења оба трансформатора је исти и износи 0,9 инд.(315)
5. Трансформатори раде са оптерећењем из задатка 4 тако да су порасте температуре горњег уља сваког од њих достигли стационарно стање. Ако се тада због квара искључи први трансформатор, израчунати колико други трансформатор сме да ради са непромењеним оптерећењем тако да му пораст температуре горњег уља не пређе номиналну вредност. Зависност пораста температуре од губитака је линеарна. (310)
6. У ситуацији у којој ради само други трансформатор са номиналним оптерећењем долази до трополног кратког споја у најнеповољнијем тренутку. Израчунати критичну вредност струје која се при томе јавља у намотајима примара трансформатора. (310)
7. Написати све изразе на основу којих се може израчунати наизменична компонента струје кратког споја у Амперима при двополном кратком споју без споја са земљом на ниженапонској страни трофазног трансформатора снаге S_n , спреге Dyn, за који су познати номинални линијски напони на ВН страни (U_1) и НН страни (U_2), као и директна (x_d) реактанса расипања у релативним јединицама. Занемарити утицај отпорности. Сматрати да су све импедансе елемената мреже занемарљиве у односу на импедансе расипања трансформатора. (T10)
8. Нацртати заменску шему намотаја трансформатора чијим се решавањем може добити расподела потенцијала по запремини при било ком облику пренапонског таласа. Дати легенду симбола на шеми. Чему одговарају чворишта у шеми? Нацртати и упрошћену шему чијим се коришћењем долази до расподеле електричног поља на делу чела стандардизованог пренапонског таласа. (T10)
9. Нацртати шему веза Скотовог трансформатора и објаснити чему она служи. На секундаре оба трансформатора се прикључују пријемници истог називног напона U_{pri} и исте снаге P_{pri} . Оба трансформатора која имају имају исти број навојака на примару (N_1). Колико би тада износили бројеви навојака на секундару првог (N_2') и другог (N_2'') трансформатора? Примари трансформатора се прикључују на мрежу чији линијски напон износи U_m . (T10)

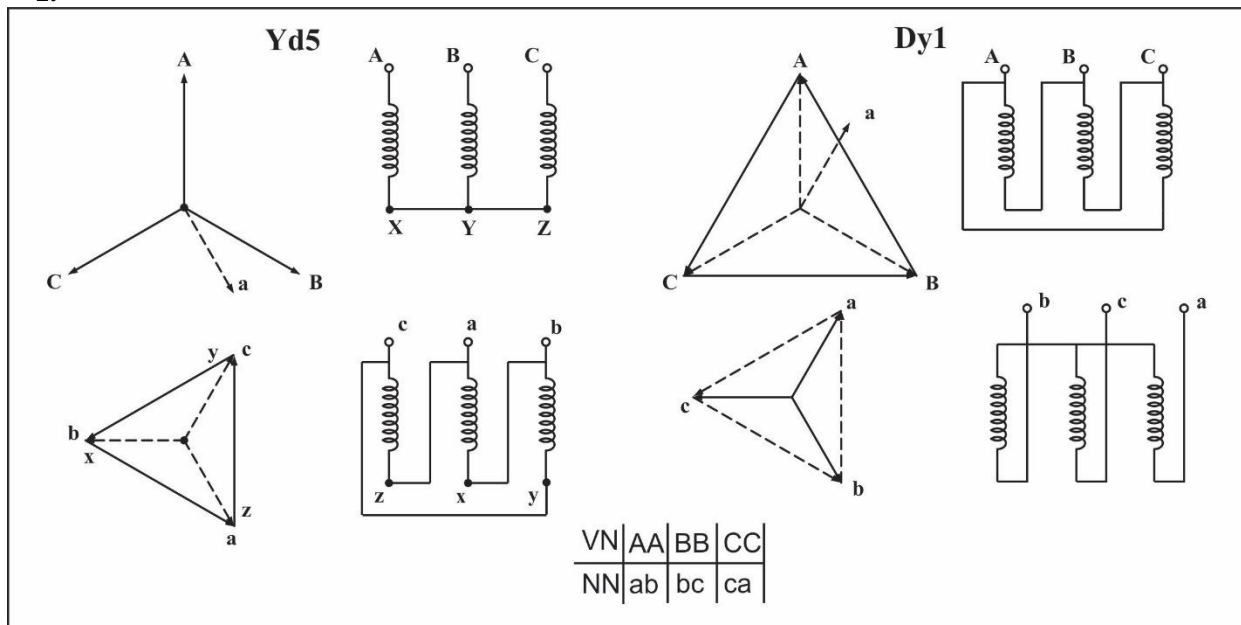
Испит траје 3h. Дозвољено је поседовање само једне свеске за рад и концепт. Прецртати што није за преглед.

РЕШЕЊА

- септембар 2024 -

22.09.2024.

1.



2. ПХ:

$$R_a = \frac{3U_{02f}^2}{P_0} = 19,3 \text{ k}\Omega$$

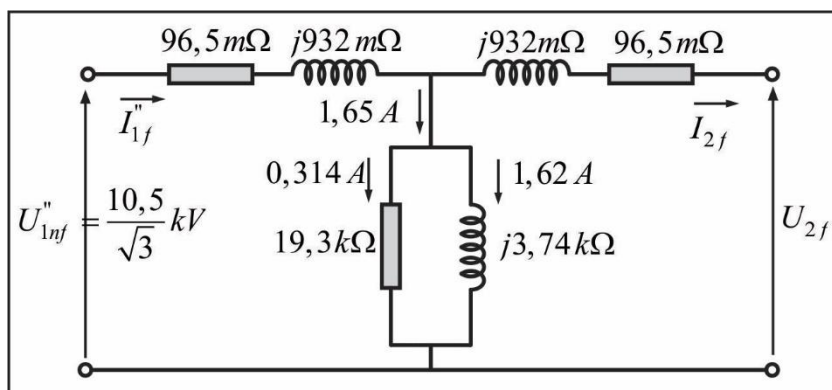
$$I_{2nf} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{02}} = 220 \text{ A} \Rightarrow I_{02} = \frac{j_0}{100} I_{2nf} = 1,65 \text{ A}$$

$$I_a = \frac{U_{02f}}{R_a} = 0,314 \text{ A} \Rightarrow I_\mu = \sqrt{I_{02}^2 - I_a^2} = 1,65 \text{ A} \Rightarrow X_\mu = \frac{U_{02f}}{I_\mu} = 3,74 \text{ k}\Omega$$

КС:

$$R_k = \frac{P_k}{3I_{2nf}^2} = 0,193 \text{ }\Omega \Rightarrow R_1'' \approx R_2 = \frac{R_k}{2} = 0,0965 \text{ }\Omega$$

$$Z_k = \frac{U_{kf}}{n I_{2nf}} = 1,857 \text{ }\Omega \Rightarrow X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} = 1,865 \text{ }\Omega \Rightarrow X_{\sigma 1}'' = X_{\sigma 2} = \frac{X_k}{2} = 0,932 \text{ }\Omega$$



3.

$$S_i = \frac{\sum S}{\frac{u_{ki}}{s_{ni}} \sum_i^m \frac{s_{ni}}{u_{ki}}}$$

$$m = 2, \Sigma S = 6500 \text{ kVA}, u_{k2} = \frac{U_k}{U_{1n}} 100 = 6,8 \%, \sum_i^m \frac{S_{ni}}{u_{ki}} = 1005 \text{ kVA}$$

$$S_1 = \frac{6500}{\frac{6}{2500} 1005} = 2695 \text{ kVA} \rightarrow \text{преоптерећен}$$

$$S_2 = \frac{6500}{\frac{6,8}{4000} 1005} = 3805 \text{ kVA} \rightarrow \text{подоптерећен}$$

$$S'_1 = S_{n1} = \frac{S_{md}}{\frac{u_{k1}}{S_{n1}} \sum_i^m \frac{S_{n1}}{u_{k1}}}$$

$$S_{md} = 6030 \text{ kVA} \Rightarrow S_1 = 2500 \text{ kVA}, S_2 = 3529 \text{ kVA}$$

4. $\cos\varphi = 0,9 \Rightarrow \sin\varphi = 0,44$

$$\beta_2 = \frac{S_2}{S_{n2}} = 0,88$$

$$u_{rn2} = \frac{P_{kn2}}{S_{n2}} 100 = 0,7 \%, u_{xn2} = \sqrt{u_{kn2}^2 - u_{rn2}^2} = 6,76 \%$$

$$a = \beta_2(u_{rn2}\cos\varphi + u_{xn2}\sin\varphi) = 3,17 \%$$

$$b = \beta_2(u_{xn2}\cos\varphi - u_{rn2}\sin\varphi) = 5,1 \%$$

$$\Delta u = a + \frac{b^2}{200} = 3,3 \% \Rightarrow U_2 = \left(1 - \frac{\Delta u}{100}\right) U_{02} = 10,16 \text{ kV}$$

$$\beta_1 = \frac{S_1}{S_{n1}} = 1$$

$$\eta_1 = \frac{\beta_1 S_{n1} \cos\varphi}{\beta_1 S_{n1} \cos\varphi + \beta_1^2 P_{kn1} + P_{0n1}} = 98,98 \%$$

5. Први режим другог трансформатора: $S = 3530 \text{ kV}, \beta = 0,88$ – достизање стационарног стања

$$\theta_m = \theta_{mn} \frac{P_{0n} + \beta^2 P_{kn}}{P_{0n} + P_{kn}} = 44,7 \text{ K}$$

$$\text{Други режим: } \theta_0 = \theta_m = 44,7 \text{ K}, S' = 6030 \text{ kVA}, \beta' = 1,51, \theta'_m = \theta_{mn} \frac{P_{0n} + \beta'^2 P_{kn}}{P_{0n} + P_{kn}} = 113,5 \text{ K}$$

$$\theta_2 = \theta_{mn} = 55 \text{ K} = \theta_0 e^{-t_d/T} + \theta'_m (1 - e^{-t_d/T})$$

$$t_d = -T \ln \frac{\theta'_m - \theta_{mn}}{\theta'_m - \theta_0} \approx 29 \text{ min}$$

6.

$$I_{kul} = \frac{100}{u_k} I_{1n} = 970,6 \text{ A}$$

$$I_{kmf} = \frac{\sqrt{2} I_{kul}}{\sqrt{3}} (1 + e^{-\pi u_r / u_x}) = 1363 \text{ A}$$

7. Предавања, Поглавље 9, односно страна 557 из књиге [1], при чему је:

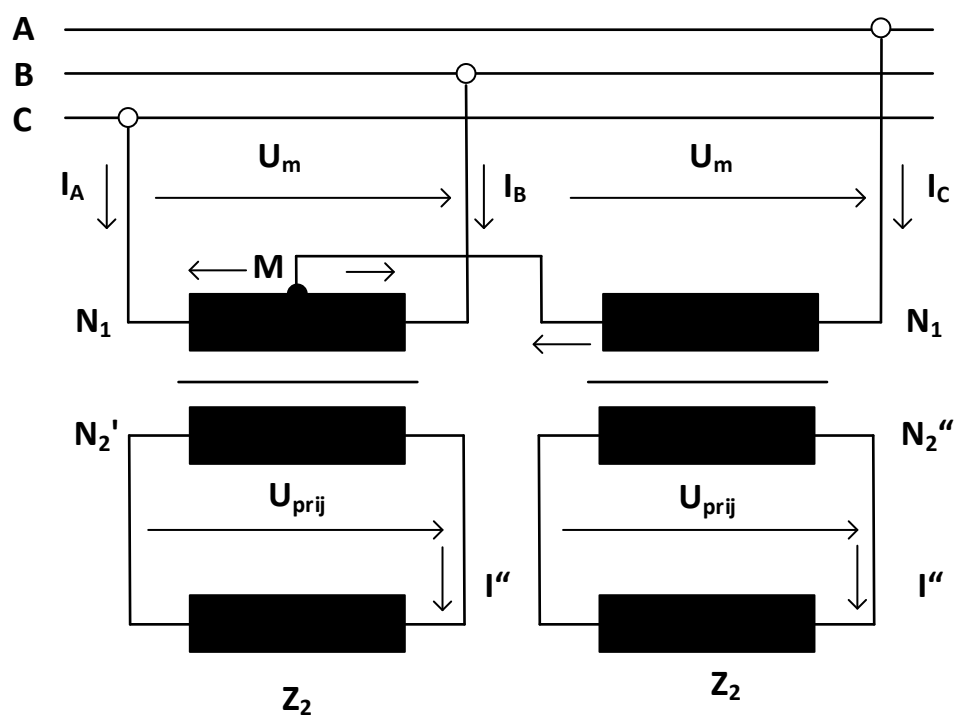
$$V_F = \frac{U_2}{\sqrt{3}}$$

$$X_1 = X_2 = x_d \frac{U_2^2}{S_n}$$

$$Z_F = 0$$

8. Предавања, Поглавље 6, Слика 6.17 са пропратним текстом. Упрошћена шема – слика 6.18.

9. Поглавље 10, 10.1. ПРЕТВАРАЧИ БРОЈА ФАЗА, 1) Претварање трофазног у двофазни систем



$$N_2' = \frac{U_{prij}}{U_{mreze}} N_1$$

$$N_2'' = \frac{\sqrt{3}}{2} N_2'$$