

ЕНЕРГЕТСКИ ТРАНСФОРМАТОРИ (13E013ЕНТ)

– јануар 2017 –

Трофазни уљни дистрибутивни трансформатор има следеће номиналне податке: $S_n = 200 \text{ kVA}$, $U_1/U_02 = 10 \pm 2\%/0.4 \text{ kV}$, 50 Hz , спрега Dyn5, $P_{kn} = 3.6 \text{ kW}$, $u_k = 5 \%$, $P_{0n} = 400 \text{ W}$, $j_0 = 3\%$.

Идео

- а) Нацртати шеме веза и векторски дијаграм напона представљајући намотаје као калемове. Означити све прикључке намотаја (почетке и крајеве).
б) Израчунати вредност Филдовог сачиниоца (претпоставити да има једнаку вредност за оба намотаја), ако су отпорности намотаја измерене између прикључних крајева при једносмерној струји и средњој температури намотаја од 20°C $R_{1DC} = 6.95 \Omega$ и $R_{2DC} = 0.0118 \Omega$.
- Израчунати параметре еквивалентне заменске шеме трансформатора са НН стране. Нацртати шему са унетим бројним вредностима параметара и електричним величинама.
- Трансформатор напаја потрошач непознате снаге, при чему средња вредност температуре намотаја у устаљеном стању има вредност 55°C при температури амбијента од 20°C и напон секундарна је једнак напону примара (сведеном на секундарну страну). Пораст температуре намотаја у устаљеном стању при номиналном оптерећењу износи 55°C . Користити приближну претпоставку да је пораст температуре намотаја линеарно сразмеран са укупним губицима. Колико износи степен искоришћења снаге трансформатора у овом режиму? Приликом прорачуна занемарити попречну компоненту пада напона.
- Чему служе, где се постављају и од чега се израђују екрани за смањење губитака у суду трансформатора?
- На које две величине битне при конструкцији трансформатора утиче радијална компонента поља у намотајима трансформатора?

Идео

- Колико износи критична вредност струје укључења задатог трансформатора у празан ход са ВН стране? Зависност флукса од струје празног хода може се приближно изразити као:
$$\Phi = \begin{cases} 33.3 \cdot \Phi_m \cdot i_0, & i_0 \leq 0.03 \\ \Phi_m (1 + 0.4 \cdot i_0), & i_0 > 0.03 \end{cases}$$
 Колико је приближно времена потребно да струја достигне вредност која одговара устаљеном стању? Занемарити утицај реманентног флукса.
- Дати трансформатор треба да ради паралелно са трансформатором спреге Dy1 са подацима: $S_n = 300 \text{ kVA}$, $U_1/U_{02} = 10/0.42 \text{ kV}$, $Z_k = 0.012 + j0.027 \Omega$. Како треба повезати крајеве секундарна ових трансформатора (приказати табеларно)? Одредити струје секундарна и заједнички напон на секундарним крајевима трансформатора у празном ходу ако је регулациони извод трансформатора спреге Dyn5 у положају који обезбеђује минималну вредност струје изједначења. Напон напајања примара једнак је 10 kV . Сматрати да промена положаја регулационог извода не утиче на вредност импедансе трансформатора.
- Израчунати струје кроз намотаје и линијске проводнике на страни примара и секундарна трансформатора у случају да дође до прекида фазе c током напајања симетричног трофазног пријемника карактеристика одређених у задатку 3. Импедансе пријемника су везане између фазног и нулног проводника. Напајање трансформатора на примару је уравнотеженим симетричним системом напона (напон фазе b касни за напоном фазе a за 120°).
- Од задатог трансформатора превезивањем формирати аутотрансформатор спреге Yy тако да има што већу пролазну снагу. Колико износи пролазна снага и номинални напони и струје овако формираног аутотрансформатора?
- За један енергетски уљни трансформатор су познате следеће позиције (у односу на дно суда) и висине намотаја и хладњака: дно оба намотаја H_{dn} , дно хладњака H_{dh} ($H_{dh} > H_{dn}$), висина намотаја H_{n1} ($>$) H_{n2} , дужина (висина) хладњака H_h ($>$) H_{n1}). Посматрају се два огледа загревања у кратком споју, оба са истим губицима у намотајима: ONAF и ODAF, у којима су познате вредности протока уља кроз сваки од намотаја (Q_{n1} , Q_{n2}) и кроз хладњак (Q_h); за сваки од ових протока важи да је проток у ODAF режиму 4 пута већи од протока у ONAF режиму. Познати су порасте температура уља по висини сваког од намотаја и хладњака ($\Delta\theta_{n1}$, $\Delta\theta_{n2}$ и $\Delta\theta_h$; $\Delta\theta_{n1} > \Delta\theta_h > \Delta\theta_{n2}$) и пораст температуре доњег уља у односу на амбијент (θ_{du}) у ONAF режиму. Може се сматрати да су порасте температура по висини намотаја и хладњака сразмерани са губицима (у намотајима), односно снагом хлађења (у хладњаку) и обрнуто сразмерни са протоком кроз њих. Нацртати дијаграме промене температуре уља у оба огледа загревања. Снага хлађења је сразмерна разлици средње температуре уља у хладњаку и температуре амбијента.

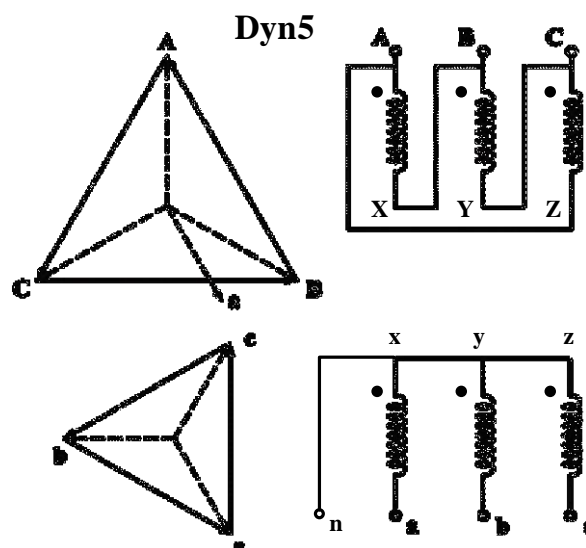
НАПОМЕНА: Уколико није другачије наглашено, сматрати да је регулациони извод задатог трансформатора у нултом положају, тј. да је преносни однос $U_1/U_{02} = 10/0.4 \text{ kV}$.

Дозвољено је поседовање само једне свеске за рад и концепт. Прецртати што није за преглед.

Интегрални испит: трајање: 180 минута, сваки од задатака носи по 12 поена.

Други колоквијум: задаци 6-10, трајање: 120 минута, сваки од задатака носи по 24 поена.

1. а) Векторски дијаграм и шема веза су приказани на слици:



- б) Отпорности фаза примара и секундара при једносмерној струји једнаке су:

$$R_{1=} = \frac{3}{2} R_{1DC} = 10.43 \, \Omega$$

$$R_{2=} = \frac{1}{2} R_{2DC} = 0.0059 \, \Omega$$

Номиналне фазне струје намотаја примара и секундара једнаке су:

$$I_{1nf} = \frac{S_n}{3U_{1n}} = 6.67 \, \text{A}$$

$$I_{2nf} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{2n}} = 288.7 \, \text{A}$$

Џулови губици у намотајима при температури од 20°C и номиналној струји износе:

$$P_{Cu20} = 3(R_{1=} I_{1nf}^2 + R_{2=} I_{2nf}^2) = 2865 \, \text{W}$$

Џулови губици при радној температури износе:

$$P_{Cu75} = P_{Cu20} \frac{235 + 75}{235 + 20} = 3483 \, \text{W}$$

Филдов сачинилац се сада може израчунати као:

$$k_F = \frac{P_{kn}}{P_{Cu75}} = 1.034$$

2. Оглед ПХ (параметри оточне гране):

$$I_{2nf} = 288.7 \, \text{A} \rightarrow I_0 = \frac{j_0}{100} \cdot I_{2nf} = \frac{3}{100} \cdot 288.7 = 8.66 \, \text{A}$$

$$I_a = \frac{P_0 / 3}{U_{02f}} = \frac{400 / 3}{400 / \sqrt{3}} = 0.5774 \, \text{A} \Rightarrow I_\mu = \sqrt{I_0^2 - I_a^2} = 8.641 \, \text{A}$$

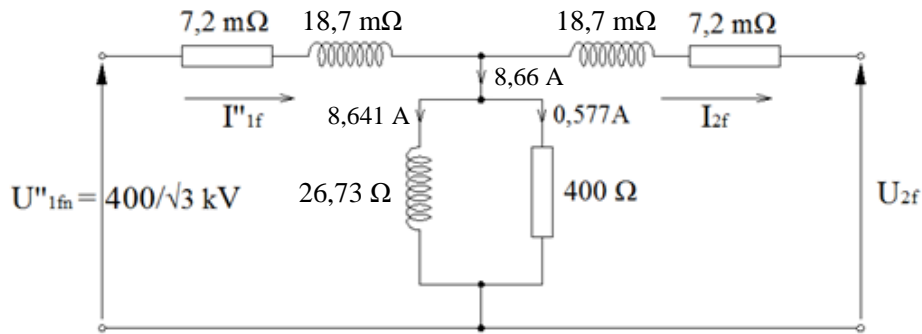
$$R_a = \frac{U_{02f}}{I_a} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0.5774} = 400 \, \Omega \rightarrow X_\mu = \frac{U_{02f}}{I_\mu} = \frac{400 / \sqrt{3}}{8.641} = 26.73 \, \Omega$$

Оглед КС (параметри редне гране):

$$R_k = \frac{P_{kn}}{3I_{2nf}^2} = \frac{3,6 \cdot 10^3}{3 \cdot 288,7^2} = 14,4 \text{ m}\Omega \Rightarrow R_1 \approx R_2' = \frac{R_k}{2} = 7,2 \text{ m}\Omega$$

$$Z_k = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_{1nf}}{I_{1nf}} = \frac{5}{100} \cdot \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 288,7} = 40 \text{ m}\Omega$$

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} = \sqrt{40^2 - 14,4^2} = 37,3 \text{ m}\Omega \Rightarrow X_{\sigma 1} \approx X_{\sigma 2}' = \frac{X_k}{2} = 18,7 \text{ m}\Omega$$



3. Уз уважавање промене отпорности са температуром:

Губици у намотајима при номиналној струји и температури од 55°C могу се одредити као:

$$P_{kn55} = P_{Cu75} \frac{235 + 55}{235 + 75} + (P_{kn} - P_{Cu75}) \frac{235 + 55}{235 + 75} = 3383,4 \text{ W}$$

Користећи чињеницу да је однос пораста температура намотаја при датом оптерећењу и у номиналном режиму једнак односу снага губитака у тим режимима, може се одредити релативно оптерећење трансформатора:

$$\frac{\theta_{novo}}{\theta_n} = \frac{55 - 20}{55} = \frac{\beta^2 P_{kn55} + P_{0n}}{P_{kn} + P_{0n}} \Rightarrow \beta = 0,796$$

Ако се занемари попречна компонента пада напона, напони ће бити једнаки када је:

$$a = \beta(u_r \cos \varphi + u_x \sin \varphi) = 0 \Rightarrow \varphi = \arctg \left(-\frac{u_r}{u_x} \right)$$

Активну компоненту напона кратког споја треба израчунати уважавајући промену температуре намотаја:

$$u_r = \frac{P_{kn55}}{S_n} \cdot 100 = 1,692\%$$

Реактивна компонента напона кратког споја једнака је:

$$u_x = \frac{X_k I_{1nf}}{U_{1nf}} \cdot 100 = 4,665\%$$

па се има да је:

$$\varphi = -19,93^\circ \Rightarrow \cos \varphi = 0,940, \sin \varphi = -0,341$$

Сада се може одредити степен искоришћења:

$$\eta = \frac{\beta S_n \cos \varphi}{\beta S_n \cos \varphi + \beta^2 P_{kn55} + P_{0n}} \cdot 100 = 98,33\%$$

Уз занемарење промене отпорности са температуром:

Сматраће се да су губици при датој температури намотаја једнаки губицима при номиналној радној температури: $P_{kn55} = P_{kn}$. Сада се из односа температура и губитака добија:

$$\frac{\theta_{novo}}{\theta_n} = \frac{55 - 20}{55} = \frac{\beta^2 P_{kn} + P_{0n}}{P_{kn} + P_{0n}} \Rightarrow \beta = 0,772$$

Исти услов за једнакост напона важи и у овом случају, с тим што је активна компонента напона кратког споја сада једнака номиналној вредности:

$$u_r = \frac{P_{kn}}{S_n} \cdot 100 = 1.8\%$$

Реактивна компонента напона кратког споја иста је као и у претходном случају, па се за фактор снаге оптерећења добија:

$$\varphi = -21.1^\circ \Rightarrow \cos \varphi = 0.933, \sin \varphi = -0.360$$

Степен искоришћења је једнак:

$$\eta = \frac{\beta S_n \cos \varphi}{\beta S_n \cos \varphi + \beta^2 P_{kn55} + P_{0n}} \cdot 100 = 98.26\%$$

4. Прва три пасуса одељка 4.2.

5. Утиче на додатне губитке у намотају (више детаља, који се нису очекивали н испиту, може се наћи у тексту на крају страни 12, Поглавље 4.) и на аксијалне силе које делују на проводнике намотаја, сагласно изразу (6.Ж).

6. Једначина кола једне фазе трансформатора у празном ходу гласи:

$$\sqrt{2}U_{1nf} \sin(\omega t + \varphi_0) = \frac{dL_1(i_0)i_0}{dt} + R_1 i_0$$

то јест, изражено помоћу флукса као променљиве стања, и сматрајући да је $L_1 \approx \text{const}$:

$$\frac{\sqrt{2}U_{1nf}}{N_1} \sin(\omega t + \varphi_0) = \frac{d\phi_0}{dt} + \frac{R_1}{L_1} \phi_0$$

Временска промена флукса дата је изразом:

$$\phi_0(t) = [\Phi_r - \Phi_m \sin(\varphi - \varphi_0)] e^{-t/\tau_0} + \Phi_m \sin(\omega t + \varphi_0 - \varphi)$$

Максимална вредност флукса при укључењу у празан ход у најнеповољнијем тренутку ($\varphi_0 = \varphi$) уз занемарење реманентног флукса једнака је $\Phi_{kr} = 2\Phi_m$. Ова вредност флукса припада делу карактеристике магнећења на ком је $i_0 > 0.03$, па је критична вредност струје:

$$i_{0kr} = \frac{\frac{\Phi_{kr}}{\Phi_m} - 1}{0.4} = 2.5 \text{ r.j.}$$

Критична вредност фазне струје у апсолутним јединицама износи:

$$I_{0kr} = i_{0kr} \cdot I_{1nf} \sqrt{2} = 23.57 \text{ A}$$

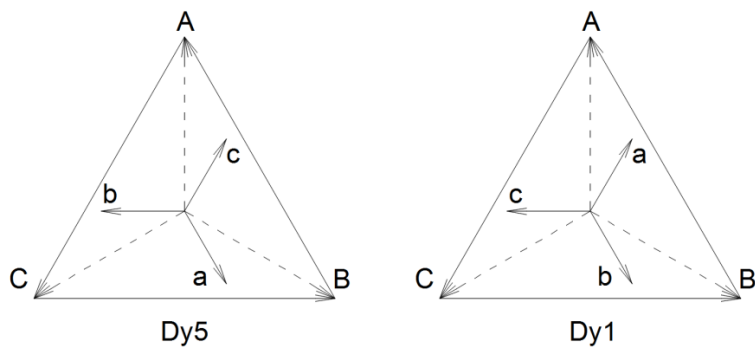
Временска константа једнака је:

$$\tau_0 = \frac{L_1}{R_1} = \frac{X_\mu}{2\pi f R_1} = 11.8 \text{ s}$$

Устаљено стање достиже се приближно после $t_{ust} = 4\tau_0 = 47.3 \text{ s}$.

7. Векторски дијаграми напона трансформатора и везе крајева примара и секундара:

Dy5	A	B	C	a	b	c
Dy1	A	B	C	b	c	a

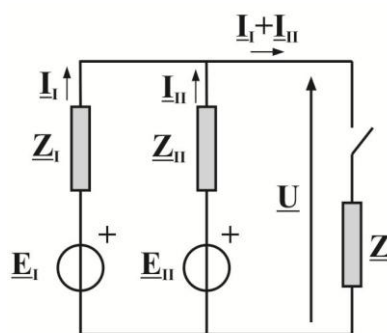


Струја изједначења биће најмања када су преносни односи трансформатора најприближнији. То ће бити испуњено када је регулациони извод у крајњем горњем положају, тј. када је преносни однос првог трансформатора 10-2х2%/0.4 kV. Тада су односи трансформације трансформатора (трансформатор спреге Dyn5 биће означавањем индексом I, а трансформатор спреге Dy1 индексом II):

$$n_I = \frac{10 \cdot 0.96}{0.4 / \sqrt{3}} = 41.57$$

$$n_{II} = \frac{10}{0.42 / \sqrt{3}} = 41.24$$

Трансформатори у паралелном раду могу бити представљени еквивалентним колом приказаним на слици:



У приказаном колу су све величине сведене на секундарну страну. Напони \underline{E}_I и \underline{E}_{II} имају следеће вредности:

$$\underline{E}_I = \frac{U_{1nf}}{n_I} = 240.6 \text{ V}$$

$$\underline{E}_{II} = \frac{U_{2nf}}{n_I} = 242.5 \text{ V}$$

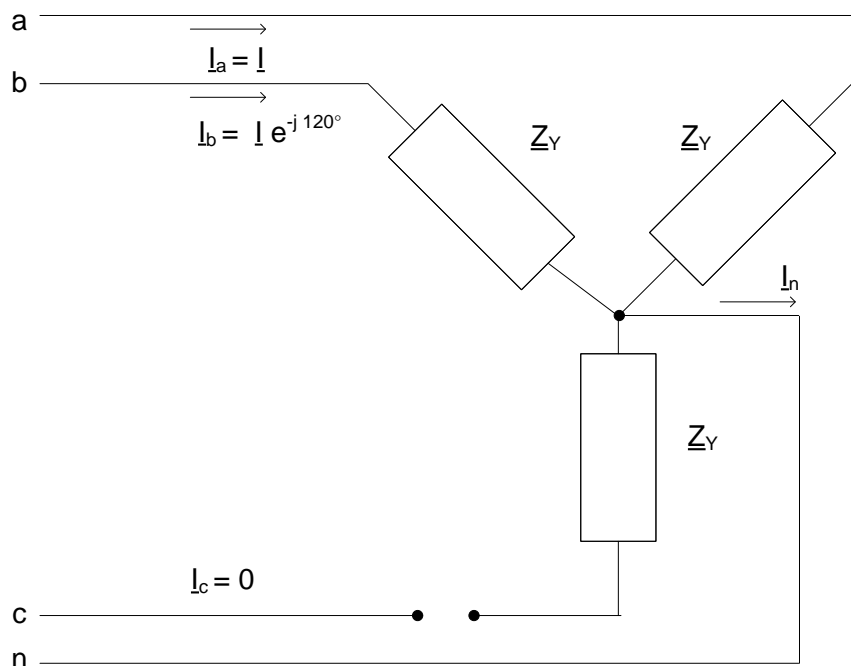
У празном ходу $Z \rightarrow \infty$, па су струје првог и другог трансформатора:

$$\underline{I}_I = -\underline{I}_{II} = \frac{\underline{E}_I - \underline{E}_{II}}{\underline{Z}_I + \underline{Z}_{II}} = (-10.58 + j25.64) \text{ A}$$

Напон на заједничким крајевима секундара трансформатора једнак је:

$$\underline{U}_{2f} = \underline{E}_I - \underline{Z}_I \underline{I}_I = \underline{E}_{II} - \underline{Z}_{II} \underline{I}_{II} \approx 241.7 \text{ V} \Rightarrow U_{2lin} = 418.64 \text{ V}$$

8.



I. РЕШЕЊЕ ПРЕМА МАТЕРИЈАЛИМА СА ПРЕДАВАЊА, СА ПОТПУНИМ РАЗДВАЈАЊЕМ ДИРЕКТНЕ, ИНВЕРЗНЕ И НУЛТЕ КОМПОНЕНТЕ:

За оптерећење из 3. задатка (интегрални испит):

$$Z_Y = \frac{1}{\beta} \frac{U^2}{S_n} e^{j-19.93^\circ} = \frac{1}{0.796} \frac{400^2}{200000} e^{j-19.93^\circ} = 1.005 e^{j-19.93^\circ} \Omega$$

Струје кроз намотаје секундара:

$$I_a = \frac{U_{02}/\sqrt{3}}{Z_Y} = \frac{400/\sqrt{3}}{1.005 e^{j-19.93^\circ}} = 229.79 e^{j19.93^\circ} \text{ A}$$

$$I_b = a^2 I_a = 229.79 e^{-j100.07^\circ} \text{ A}$$

$$I_c = 0$$

Симетричне компоненте струја кроз намотаје секундара:

$$I_0'' = \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c) = \frac{1}{3} 229.79 e^{j19.93^\circ} (1 + a^2) = 76.63 e^{-j40.07^\circ} \text{ A}$$

$$I_d'' = \frac{1}{3} (I_a + a I_b + a^2 I_c) = \frac{1}{3} 229.79 e^{j19.93^\circ} (1 + 1) = 153.3 e^{j19.93^\circ} \text{ A}$$

$$I_i'' = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c) = \frac{1}{3} 229.79 e^{j19.93^\circ} (1 + a) = 76.63 e^{j79.93^\circ} \text{ A}$$

Струја у неутралном проводнику секундара:

$$I_n = (I_a + I_b + I_c) = 229.79 e^{j19.93^\circ} (1 + a^2) = 3 I_0''$$

Симетричне компоненте струја кроз намотаје примара:

$$\underline{I}_0' = \underline{I}_0 \frac{0.4/\sqrt{3}}{10} = \underline{I}_0 \frac{0.4/\sqrt{3}}{10} = 1.769 e^{-j40.07^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_d' = \underline{I}_d \frac{0.4/\sqrt{3}}{10} = \underline{I}_d \frac{0.4/\sqrt{3}}{10} = 3.539 e^{j19.93^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_i' = \underline{I}_i \frac{0.4/\sqrt{3}}{10} = \underline{I}_i \frac{0.4/\sqrt{3}}{10} = 1.769 e^{j79.93^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_A = (\underline{I}_0' + \underline{I}_d' + \underline{I}_i') = 5.309 e^{j19.93^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_B = (\underline{I}_0' + \underline{a}^2 \underline{I}_d' + \underline{a} \underline{I}_i') = 5.309 e^{-j100.07^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_C = (\underline{I}_0' + \underline{a} \underline{I}_d' + \underline{a}^2 \underline{I}_i') = 0$$

Симетричне компоненте струје кроз линијске проводнике на примарној страни:

$$\underline{I}_{0lin} = 0$$

$$\underline{I}_{dlin} = \sqrt{3} \underline{I}_d' e^{j30^\circ} = 6.13 e^{j49.93^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_{ilin} = \sqrt{3} \underline{I}_i' e^{-j30^\circ} = 3.065 e^{j49.93^\circ} \text{ A}$$

Струје кроз линијске проводнике на примарној страни:

$$\underline{I}_{Alin} = (\underline{I}_{0lin} + \underline{I}_{dlin} + \underline{I}_{ilin}) = 5.309 e^{j19.93^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_{Blin} = (\underline{I}_{0lin} + \underline{a}^2 \underline{I}_{dlin} + \underline{a} \underline{I}_{ilin}) = 9.195 e^{-j130.07^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_{Clin} = (\underline{I}_{0lin} + \underline{a} \underline{I}_{dlin} + \underline{a}^2 \underline{I}_{ilin}) = 5.309 e^{j79.93^\circ} \text{ A}$$

За усвојено оптерећење S = 180 kVA, cosφ = 0.8 инд. (2. колоквијум):

Струје кроз фазне проводнике секундара:

$$\underline{I}_a = \frac{U_{02}/\sqrt{3}}{\underline{Z}_Y} = \frac{400/\sqrt{3}}{1.005 e^{-j19.93^\circ}} = 259.80 e^{-j36.87^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_b = \underline{a}^2 \underline{I}_a = 259.80 e^{-j156.87^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_c = 0$$

$$\underline{I}_n = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 259.81 e^{-j96.87^\circ}$$

Струје кроз фазне проводнике примара:

$$\underline{I}_A = 6.0 e^{-j36.87^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_B = 6.0 e^{-j156.87^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_C = 0$$

Струје кроз линијске проводнике примара:

$$\underline{I}_{Alin} = 6.0 e^{-j36.87^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_{Blin} = 10.39 e^{j173.13^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_{Clin} = 6.0 e^{j20.13^\circ} \text{ A}$$

НАПОМЕНА: У овој варијанти решења, ознака „прим“ означава величине са примарне стране, а не збир директне и инверзне компоненте.

II. РЕШЕЊЕ ПРЕМА МАТЕРИЈАЛИМА СА РАЧУНСКИХ ВЕЖБИ, СА ПОСМАТРАЊЕМ ДИРЕКТНЕ И ИНВЕРЗНЕ КОМПОНЕНТЕ ОБЈЕДИЊЕНО (ПОСТУПАК ПРИКАЗАН НА ПРИМЕРУ ОПТЕРЕЂЕЊА ИЗ 3. ЗАДАТКА):

Струје кроз намотаје секундара:

$$\underline{I}_a = \frac{U_{02}/\sqrt{3}}{\underline{Z}_Y} = \frac{400/\sqrt{3}}{1.005 e^{-j19.93^\circ}} = 229.79 e^{j19.93^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_b = \underline{a}^2 \underline{I}_a = 229.79 e^{-j100.07^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_c = 0$$

Нулта компонента струје кроз намотаје секундара (иста у све три фазе):

$$\underline{I}_{a0} = \frac{1}{3}(\underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c) = \frac{1}{3} 229.79 e^{j19.93^\circ} (1 + \underline{a}^2) = 76.63 e^{-j40.07^\circ} \text{ A}$$

Збир директне и инверзне компоненте струје фаза секундара:

$$\underline{I}_a' = \underline{I}_a - \underline{I}_{a0} = 202.73 e^{j30.04^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_b' = \underline{I}_b - \underline{I}_{a0} = 202.73 e^{-j119.17^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_c' = \underline{I}_c - \underline{I}_{a0} = 76.63 e^{-j139.93^\circ} \text{ A}$$

Директна и инверзна компонента се преносе са секундара на примар обрнуто сразмерно односу трансформације:

$$\underline{I}_A' = \underline{I}_a' \frac{0.4/\sqrt{3}}{10} = 4.682 e^{j39.04^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_B' = \underline{I}_b' \frac{0.4/\sqrt{3}}{10} = 4.682 e^{-j119.17^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_C' = \underline{I}_c' \frac{0.4/\sqrt{3}}{10} = 1.769 e^{j139.93^\circ} \text{ A}$$

С обзиром на врсту спреге, и нулта компонента се преноси у намотаје примара на исти начин као и директна и инверзна:

$$\underline{I}_{A0} = \underline{I}_{a0} \frac{0.4/\sqrt{3}}{10} = 1.769 e^{-j40.07^\circ} \text{ A}$$

Фазне струје примара се сада могу израчунати као:

$$\underline{I}_A = \underline{I}_A' + \underline{I}_{A0} = 5.309 e^{j19.93^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_B = \underline{I}_B' + \underline{I}_{A0} = 5.309 e^{-j100.07^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_C = \underline{I}_C' + \underline{I}_{A0} = 0$$

Струје кроз линијске проводнике на примарној страни могу се одредити на основу шеме веза примара као:

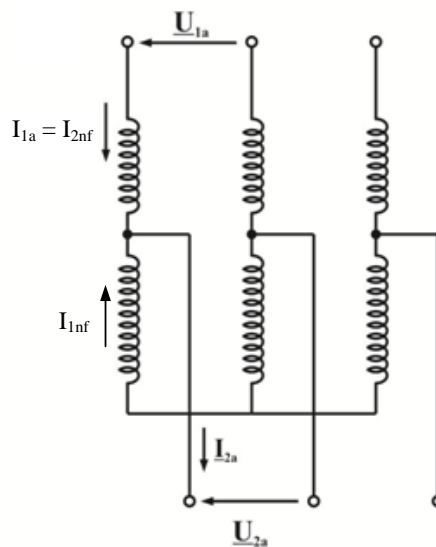
$$\underline{I}_{A\ lin} = \underline{I}_A - \underline{I}_C = 5.309 e^{j19.93^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_{B\ lin} = \underline{I}_B - \underline{I}_A = 9.195 e^{-j130.07^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_{C\ lin} = \underline{I}_C - \underline{I}_B = 5.309 e^{j79.93^\circ} \text{ A}$$

НАПОМЕНА: У овој варијанти решења, ознака „прим“ означава збир директне и инверзне компоненте. Величине са примарне стране су означене великим словима А, В, С у индексу, а величине са секундарне стране малим словима а, б, с. У ознаци нултих величина, ознака фазе стоји само како би се разликовала нулта компоненте струје са примарне и секундарне стране, при чему су, наравно, нулте компоненте у све три фазе међусобно једнаке ($\underline{I}_{A0} = \underline{I}_{B0} = \underline{I}_{C0}$ и $\underline{I}_{a0} = \underline{I}_{b0} = \underline{I}_{c0}$).

9. а) Тражена спрега аутотрансформатора приказана је на слици.



Како би се остварила што већа пролазна снага, потребно је да преносни однос буде што мањи. У том случају високонапонски намотај трансформатора треба узети као „доњи“ намотај. Тада напони и струје аутотрансформатора имају следеће вредности:

$$U_{1a} = \sqrt{3}(U_{1nf} + U_{2nf}) = 17.72 \text{ kV}, \quad I_{1a} = I_{2nf} = 288.7 \text{ A}$$

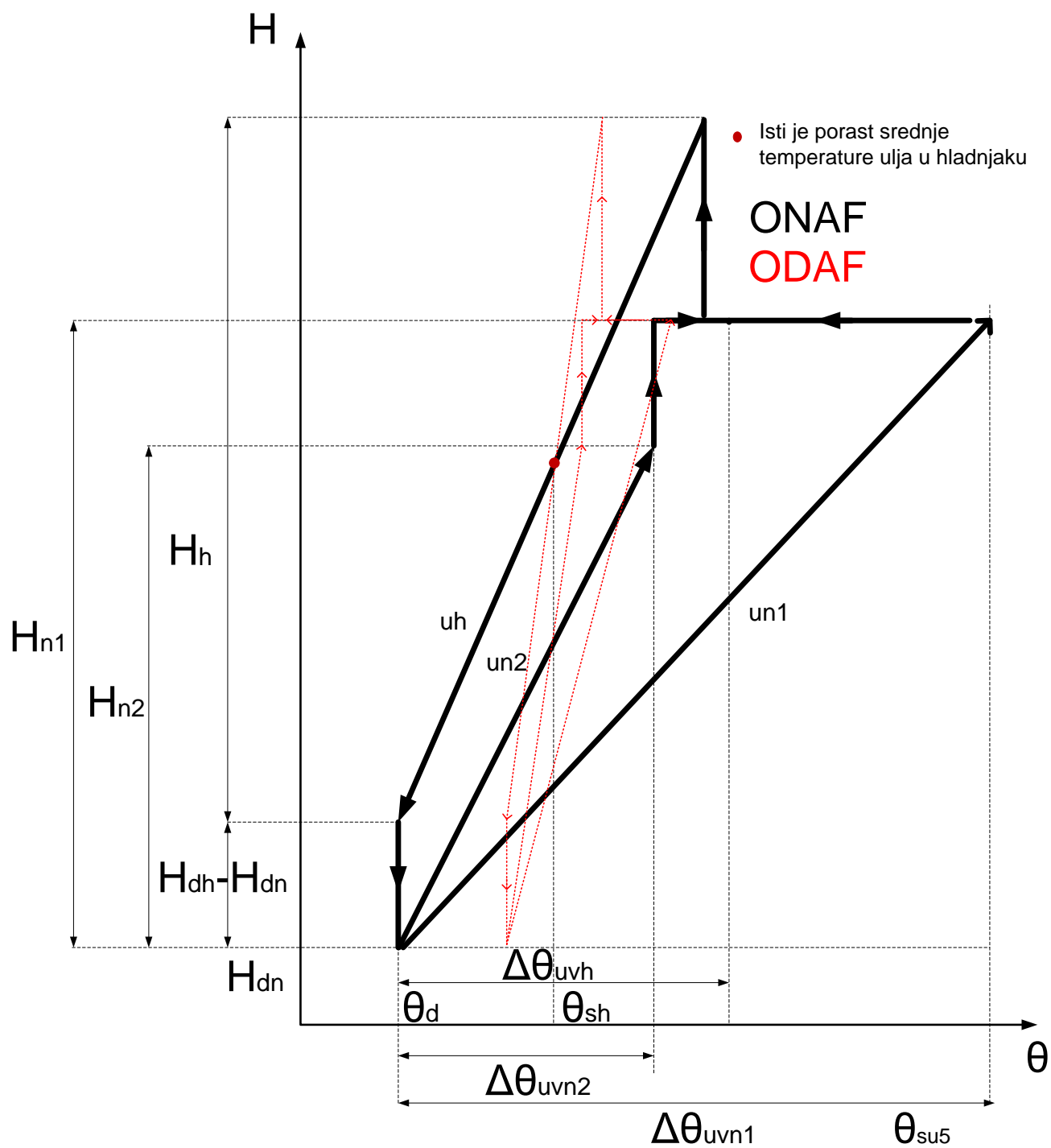
$$U_{2a} = \sqrt{3}U_{1nf} = 17.32 \text{ kV}, \quad I_{2a} = I_{1nf} + I_{2nf} = 295.3 \text{ A}$$

$$n_a = \frac{U_{1a}}{U_{2a}} = 1.023$$

Пролазна снага аутотрансформатора једнака је:

$$S_P = \frac{n_a}{n_a - 1} S_n = \sqrt{3}U_{1a}I_{1a} = \sqrt{3}U_{2a}I_{2a} = 8.860 \text{ MVA}$$

10.



' ONAF

" ODAF

$$\frac{\Delta\theta_{uvm1}''}{\Delta\theta_{uvm1}'} = \frac{\Delta\theta_{uvm2}''}{\Delta\theta_{uvm2}'} = \frac{\Delta\theta_{uvh}''}{\Delta\theta_{uvh}'} = \frac{1}{4}$$