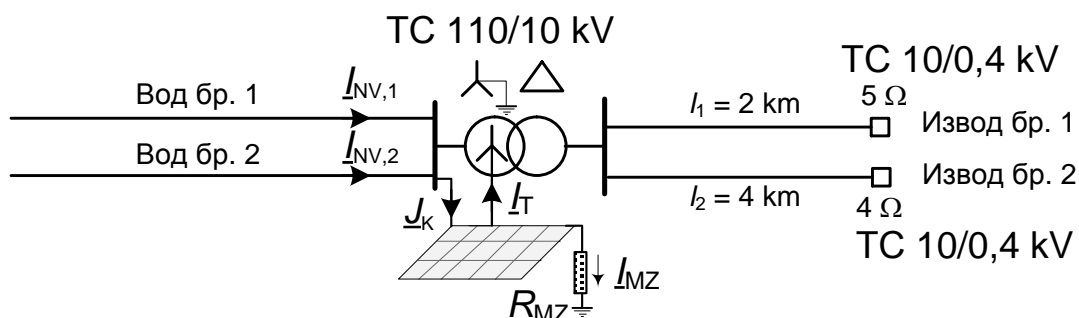


**II колоквиум по предметот
ЗАЗЕМЈУВАЧИ И ЗАЗЕМЈУВАЧКИ СИСТЕМИ
ВО ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИТЕ МРЕЖИ**

Трансформаторска станица ТС 110/10 kV/kV се напојува од два 110 kV вода со челични заштитни јажиња при што е познато дека тие ги имаат следните параметри $\underline{Z}_{VI,NV} = 2,5 \cdot e^{j10^\circ} \Omega$ и $I_f = 0,93 \cdot e^{-j6^\circ}$. Од оваа ТС се напојуваат два кабелски изводи изведени од кабли со изолиран плашт со надолжна импеданција $\underline{z} = (0,3 + j1) \Omega/\text{km}$ и со должини од 2 km односно 4 km. На крајот од каблите се наоѓаат ТС 10/0,4 kV/kV чии заземјувачи имаат отпорности од $R_{Z1} = 5 \Omega$ и $R_{Z2} = 4 \Omega$. Се разгледува режим на работа во трафостаницата настанала еднофазна куса врска при што струјата на куса врска изнесува $I_K = 12 \text{ kA}$. Покрај тоа е познато дека струите на грешка што течат во водовите се $I_{NV,1} = 5 \text{ kA}$ и $I_{NV,2} = 4 \text{ kA}$, а струја на грешка која што тече кон местото на куса врска од енергетскиот трансформатор е $I_T = 3 \text{ kA}$. Отпорноста на распростирање на мрежестиот заземјувач на трафостаницата е $R_{MZ} = 0,5 \Omega$, додека максималната потенцијална разлика на допир на овој заземјувач изнесува $E_{d,max} = 30\%$. За земјата во околината на трафостаница е познато дека $\rho = 80 \Omega\text{m}$. Да се пресмета:

- а) Еквивалентата импеданција на заземјувачкиот систем \underline{Z}_e .
- б) Ефективната вредност на напонот на мрежестиот заземјувач U_{MZ} . Потоа да се провери дали ќе бидат задоволени условите за безбедност ако е познато дека струјата на куса врска се исклучува за 0,5 s и дека дозволеният напон на допир изнесува $U_{d,doz} = 160 \text{ V}$.
- в) Ефективната вредност на струјата во плаштот на кабелот од изводот бр. 1.
- г) Коефициентот на изнесениот потенцијал кај изводот бр. 1. Зошто овој коефициент нема да се промени во случајот кога паралелно со кабелот би се поставило бакарно јаже со должина од 300 m и тоа само од страната на високонапонската ТС? Зошто, пак, во вториот случај (иако коефициентот не е променет) напонот на крајот од кабелот ќе биде помал?
- д) Ефективната вредност на струјата во заштитното јаже на водот бр. 1.



Време: 120 минути. Поени: 5×20.

**Решенија на задачите од II колоквиум по предметот
ЗАЗЕМЈУВАЧИ И ЗАЗЕМЈУВАЧКИ СИСТЕМИ ВО ЕЕС
одржан на 22.12.2012 година**

а) Еквивалентната импеданса на дадениот систем, може да се определи со помош на следното равенство:

$$\underline{Z}_{ekv} = \frac{1}{\frac{2}{\underline{Z}_{vl,NV}} + \frac{1}{R_{MZ}} + \frac{1}{\underline{Z}_{vl,K1}} + \frac{1}{\underline{Z}_{vl,K2}}} = (0,3232 + j0,0304)\Omega = 0,33e^{j5,4^\circ}\Omega$$

каде што:

$$\underline{Z}_{vl,NV} = 2,5 \cdot e^{j10^\circ} = 2,5(\cos 10^\circ + j \sin 10^\circ) = (2,462 + j0,434)\Omega$$

$$\underline{Z}_{vl,K1} = \underline{z} \cdot l_1 + R_{z1} = (0,3 + j1) \cdot 2 + 5 = (5,6 + j2)\Omega$$

$$\underline{Z}_{vl,K2} = \underline{z} \cdot l_2 + R_{z2} = (0,3 + j1) \cdot 4 + 4 = (5,2 + j4)\Omega$$

$$R_{MZ} = 0,5\Omega$$

б) Вредноста на напонот на мрежестиот заземјувач, при еднофазна струја на куса врска во трафостаницата, може да ја определиме според равенството:

$$\underline{U}_{MZ} = \underline{Z}_{ekv} \cdot \underline{J}_Z,$$

каде што вредноста на струјата J_Z ќе ја определиме со релацијата:

$$\begin{aligned} \underline{J}_Z &= J_K - I_T - (1 - r_f)I_{NV,1} - (1 - r_f)I_{NV,2} = r_f(I_{NV,1} + I_{NV,2}) = \\ &= 0,93e^{j-6^\circ}(5 + 4) = (8,324 - j0,875) = 8,37e^{j-6^\circ} \text{ kA} \end{aligned}$$

За вредноста на напонот на мрежестиот заземјувач се добива:

$$\underline{U}_{MZ} = \underline{Z}_{ekv} \cdot \underline{J}_Z = 0,33e^{j5,4^\circ} \cdot 8,37e^{j-6^\circ} = 2,7621e^{j-0,6^\circ} \text{ kV}.$$

Напонот на мрежестиот заземјувач може да се определи и според следново равенство:

$$\underline{U}_{MZ} = R_{MZ} \cdot \underline{I}_{MZ},$$

од каде произлегува равенството со кое може да ја определиме ефективната вредност на струјата која ќе протече низ заземјувачот на трафостаницата:

$$\underline{I}_{MZ} = \frac{\underline{U}_{MZ}}{R_{MZ}} = \frac{2,7621}{0,5} = 5,5242 \text{ kA}.$$

Ако максималниот потенцијал на напонот на допир изнесува 30 %, знаејќи ја ефективната вредност на напонот на мрежестиот заземјувач, можеме да ја определиме максималната ефективна вредност на напонот на допир. Таа е дадено со равенството:

$$U_{d,max} = \frac{E_{d,max}^\%}{100} \cdot \frac{U_{MZ}}{s_d} = \frac{30}{100} \cdot \frac{2,7621}{1 + 0,0015 \cdot 80} = 739,554 \text{ V} \approx 740 \text{ V}.$$

Во однос на зададениот услов дека дозволената вредност на напонот на допир изнесува 160 V при време на исклучување на заштитата од 0,5 секунди, може да заклучиме дека максималниот напон на допир ја надминува овој зададен услов. Може да пресметаме дека веројатноста за човекот да настрада како резултат на допир при зададените услови, изнесува приближно 97%.

в) Ефективната вредност на струјата која што ќе протече низ металниот плашт на кабелот означен со број 1, при настанатата еднофазна куса врска во трафостаницата, може да ја пресметаме со помош на равенството:

$$I_{K1} = \frac{U_{MZ}}{Z_{vl,K1}} = \frac{2,7621}{5,94643} = 0,465 \text{ kA} .$$

г) Вредноста на коефициентот на изнесениот потенцијал за кабелот означен со број 1 може да се определи со равенството:

$$k_i = \frac{U_2}{U_1} = \frac{R_Z^1}{Z_{vl,K1}} = \frac{R_Z^1}{R_Z^1 + z \cdot l} = \frac{5}{5,6 + j2} = (0,792 - j0,283)$$

$$k_i = \frac{5}{\sqrt{5,6^2 + 2^2}} = 0,841$$

Како што може да се забележи, коефициентот на изнесениот потенцијал е однос на напоните на крајот и почетокот од разгледуваниот вод, односно зависи од вредноста на отпорот на заземјувачот на трафостаницата која се наоѓа на крајот од водот и влезната импеданса на самиот вод. Со поставувањето на бакарно јаже паралелно на постојниите кабли во поглед на определувањето на коефициентот на изнесениот потенцијал концепциски ништо не се променило, па затоа и неговата вредност нема да се промени.

Промената со самото поставување на бакарното јаже може да се согледа во определување на еквивалентната импеданса на системот или во процентуалната распределба на струјата на грешка. Поради ова, дел од струјата на грешка ќе протече и низ бакарното јаже, со што ќе се намали вредноста на струјата која протекнува во кабелскиот метален плашт. Со тоа и напонот на крајот од разгледуваниот кабел ќе биде помал.

д) Ефективната вредност на струјата што ќе протече низ заштитното јаже од надземниот вод означен со број 1 изнесува:

$$I_{NV,1}^j = \frac{U_{MZ}}{Z_{vl,NV}^1} = \frac{2,7621}{2,5} = 1,105 \text{ kA} .$$