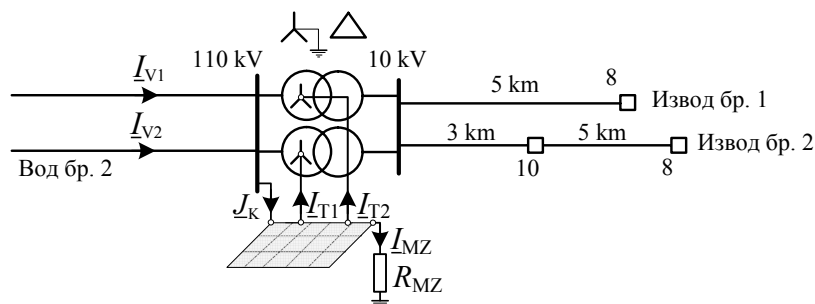


**II колоквиум по предметот
ЗАЗЕМЈУВАЧИ И ЗАЗЕМЈУВАЧКИ СИСТЕМИ ВО ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИТЕ
МРЕЖИ**

Во една трансформаторска станица ТС 110/10 kV/kV инсталирани се два трансформатора со моќност од 10 MVA, чии намотки на 110 kV се поврзани во ѕвезда и се директно заземјени (слика 1). Таа се напојува од два 110 kV вода со челични заштитни јажиња при што е познато дека тие ги имаат следните параметри $Z_{v1,v} = 2,5 \cdot e^{j10^\circ} \Omega$ и $r_f = 0,9 \cdot e^{-j60^\circ}$. Од оваа ТС се напојуваат два СН кабелски изводи изведени од кабли со изолиран плашт со надолжна импеданција $\underline{z} = (0,3 + j0,7) = 0,762 \cdot e^{j67^\circ} \Omega/\text{km}$. На овие изводи со квадратчиња се означени ТС 10/0,4 kV/kV чиишто заземјувачи имаат отпорности со вредности дадени на сликата. Во трафостаницата настанала еднофазна куса врска на 10 kV страна при што струјата на куса врска изнесува $I_K = 10$ kA. Покрај тоа се познати струја на грешка што течат во водовите и трансформаторите: $I_{V1} = 5$ kA, $I_{V2} = 3$ kA, $I_{T1} = I_{T2} = 1$ kA. Отпорноста на распространување на мрежестиот заземјувач на трафостаницата е $R_{MZ} = 0,5 \Omega$. Да се пресмета:

- Влезната импеданција на кабелските изводи $Z_{v1,k1}$ и $Z_{v1,k2}$ како и коефициентот на изнесениот потенцијал k_{f1} за првиот кабелски извод. (Резултат: $Z_{v1,k1} = (9,5 + j3,5) \Omega$; $Z_{v1,k2} = (5,932 + j2,992) \Omega$; $k_{f1} = 0,741 - j0,273$; $|k_{f1}| = 0,79$).
- Еквивалентата импеданција на заземјувачкиот систем Z_e (Резултат: $Z_e = (0,33 + j0,026) \Omega$).
- Напонот на мрежестиот заземјувач U_{MZ} и струјата што истекува во земјата од мрежестиот заземјувач I_{MZ} . Да се провери дали постои опасност од напон на допир ако е познато дека потенцијалната разлика на допир изнесува 20%, специфичната отпност на површината на земјата е $\rho = 200 \Omega\text{m}$, а дозволиениот напон на допир е 230 V. (Резултат: $I_e = (7,161 - j0,753)$ kA; $|I_e| = 7,2$ kA; $U_{MZ} = 2,381$ kV; $I_{MZ} = 4,761$ kA; $U_d = 0,366$ kV).
- Струјата што тече во плаштот на кабелот од изводот бр. 1 (Резултат: $I = 0,235$ kA).
- Напонот на мрежестиот заземјувач U_{MZ} во случај кога би настанал земјоспој на 10 kV страна со струја на земјоспој од 100 A. (Резултат: $U_{MZ} = 33$ V).
- Бонус:* Изводот бр. 2 го разгледуваме како електрично коло со 3 јазли (1. мрежест заземјувач, 2. ТС 10/0,4 со $R_Z = 10 \Omega$ и 3. ТС 10/0,4 со $R_Z = 8 \Omega$). Да се пресмета напонот на заземјувачот на ТС 10/0,4 со $R_Z = 10 \Omega$ ако е познато $U_{MZ} = 2,381$ kV и е позната матрицата на импеданции на колото

$$\underline{Z} = \begin{bmatrix} 5,932 + j2,992 & 5,032 + j0,892 & 3,975 - j0,713 \\ 5,032 + j0,892 & 5,032 + j0,892 & 3,975 - j0,713 \\ 3,975 - j0,713 & 3,975 - j0,713 & 4,820 + j0,571 \end{bmatrix} \Omega. \quad (\text{Резултат: } U = 1,831 \text{ kV}).$$



Слика 1.

Време: 120 минути. Поени: 1.а) 20 1.б) 25 1.в) 25 1.г) 15 1.д) 15 Бонус 15

Решенија на задачите од II колоквиум по предметот
„ЗАЗЕМЈУВАЧИ И ЗАЗЕМЈУВАЧКИ СИСТЕМИ ВО ЕЕС“,
одржан на 23.12.2013 година

а) Влезната отпорност на првиот кабел изнесува:

$$\underline{Z}_{vl,K1} = \underline{z} \cdot l + 8 = (0,3 + j0,7) \cdot 5 + 8 = 9,5 + j3,5 = 10,1242 \cdot e^{j20,23} \Omega,$$

а додека пак влезната отпорност на вториот кабел изнесува:

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{vl,K2} &= (\underline{z} \cdot 3) + 10 \Pi [(\underline{z} \cdot 5) + 8] = (0,3 + j0,7) \cdot 3 + \frac{10 \cdot [(0,3 + j0,7) \cdot 5 + 8]}{10 + (0,3 + j0,7) + 8} = \\ &= (5,932 + j2,992) = 6,644 \cdot e^{j26,77} \Omega \end{aligned}$$

Изнесенiot потенцијал би го пресметале на следниот начин:

$$\begin{aligned} k_i &= \frac{U_2}{U_1} = \frac{8}{8 + (\underline{z} \cdot l)} = \frac{8}{9,5 + j3,5} = (0,741 - j0,273) \\ |k_i| &= \frac{8}{\sqrt{9,5^2 + 3,5^2}} = 0,7902 \end{aligned}$$

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

$$\underline{Z}_{ekv} = \frac{1}{\frac{2}{\underline{Z}_{vl,NV}} + \frac{1}{R_{MZ}} + \frac{1}{\underline{Z}_{vl,K1}} + \frac{1}{\underline{Z}_{vl,K2}}} = (0,33 + j0,026) \Omega = 0,33e^{j4,5^0} \Omega,$$

каде што:

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{vl,NV} &= 2,5 \cdot e^{j10^0} = 2,5(\cos 10^0 + j \sin 10^0) = (2,462 + j0,434) \Omega \\ \underline{Z}_{vl,K1} &= (9,5 + j3,5) \Omega \\ \underline{Z}_{vl,K2} &= (5,932 + j2,992) \Omega \\ R_{MZ} &= 0,5 \Omega \end{aligned}$$

в) 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:

$$\begin{aligned} \underline{J}_Z &= J_K - I_T - (1 - r_f) I_{NV,1} - (1 - r_f) I_{NV,2} = r_f (I_{NV,1} + I_{NV,2}) = \\ &= 0,9e^{j-6^0} (5 + 3) = (7,161 - j0,753) = 7,2e^{j-6^0} \text{ kA} \end{aligned}$$

За вредноста на напонот на мрежестиот заземјувач се добива:

$$\underline{U}_{MZ} = \underline{Z}_{ekv} \cdot \underline{J}_Z = 0,33e^{j4,5^0} \cdot 7,2e^{j-6^0} = 2,376e^{j-1,5^0} \text{ kV}.$$

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

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

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

$$I_{MZ} = \frac{U_{MZ}}{R_{MZ}} = \frac{2,376}{0,5} = 4,752 \text{ kA}.$$

Ако максималниот потенцијал на напонот на допир изнесува 20 %, знаејќи ја ефективната вредност на напонот на мрежестиот заземјувач, можеме да ја определеме максималната ефективна вредност на напонот на допир. Таа е дадено со равенството:

$$U_{d,\max} = \frac{E_{d,\max}^{\%}}{100} \cdot \frac{U_{MZ}}{s_d} = \frac{20}{100} \cdot \frac{2,376}{1+0,0015 \cdot 200} = 366 V .$$

Во однос на зададениот услов дека дозволената вредност на напонот на допир изнесува 230 V, може да заклучиме дека максималниот напон на допир ја надминува овој зададен услов.

г) 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:

$$I_{K1} = \frac{U_{MZ}}{Z_{vl,K1}} = \frac{2,736}{10,1242} = 0,235 kA .$$

д) Ефективната вредност на напонот на мрежестиот заземјувач во овој случај ќе изнесува:

$$\underline{U}_{MZ} = \underline{Z}_{ekv} \cdot I = 0,33e^{j4,5} \cdot 100 = 33e^{j4,5} V .$$

ѓ) Бонус прашање:

Струјата која ќе протече низ заземјувачот на трафостаницата со отпорност од 10 Ω, ќе предизвика напонот на заземјувачот да достигне потенцијал од 1,831 kV. Вредноста е добиена на следниот начин, користејќи ја дадената матрица \underline{Z} :

$$I_{vl,K2} = \frac{U_{MZ}}{Z_{vl,K2}} = \frac{U_{MZ}}{Z_{11}} = \frac{2,736}{5,932 + j2,992} = (0,319 - j0,161) kA = 0,358e^{j-26,77} kA$$

$$I = I_{vl,K2} \cdot \frac{(9,5 + j3,5)}{(9,5 + j3,5) + 10} = (0,175 - j0,053) = 0,183e^{j-16,72} kA ,$$

$$|U_2| = I \cdot 10 = 1,83 kV$$

или:

$$U_2 = U_{MZ} \cdot \frac{Z_{22}}{Z_{11}} = 2,376 \cdot \frac{5,032 + j0,892}{5,932 + j2,992} = (1,750 - j0,526) = 1,83e^{j-16,73} .$$