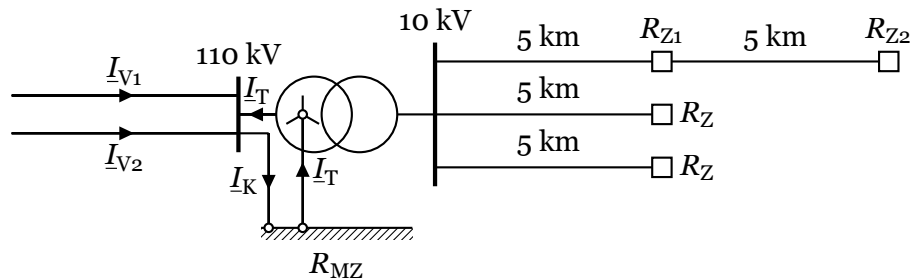


ЗАЗЕМЈУВАЧИ И ЗАЗЕМЈУВАЧКИ СИСТЕМИ ВО ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИТЕ МРЕЖИ

Задачата се состои од повеќе делови, при што поените се дадени на левата маргина. На крајот од секој дел во загради е даден резултатот. Тој служи за проверка на решението, но слободно може да се користи во наредните делови доколку е тоа потребно. Времето за решавање е 2 часа. Вкупниот број на поени е 100.

1. Во една трансформаторска станица 110/10 kV/kV инсталиран е трансформатор чии намотки на 110 kV се поврзани во звезда и се директно заземјени. Таа се напојува од два 110 kV вода со заштитни јажиња, додека на 10 kV од неа се напојуваат 3 кабелски изводи. Познати се следните податоци:

- Надземните водови за 110 kV имаат $Z_{v1,v} = 3,1 \cdot e^{j4^\circ} = (3,09 + j0,22) \Omega$ и $r_f = 0,68 \cdot e^{j10^\circ}$;
- Првиот кабелски извод е изведен со кабел со изолиран плашт со надолжна импеданција $z = (0,4 + j0,8) \Omega/\text{km}$. Тој се состои од две секции кои се долги по 5 km. На крајот од секоја секција има трафостаница 10/0,4 kV/kV која што има заштитен заземјувач со отпорност на заземјувачот $R_{Z1} = 8 \Omega$ и $R_{Z2} = 2 \Omega$, соодветно.
- Останатите 2 кабелски изводи се идентични и се е изведени со кабел со изолиран плашт со надолжна импеданција $z = (0,4 + j0,8) \Omega/\text{km}$. Нивните должини се по 5 km, а на крајот од нив има трафостаница 10/0,4 kV/kV која што има заштитен заземјувач со отпорност на заземјувачот $R_Z = 5 \Omega$.

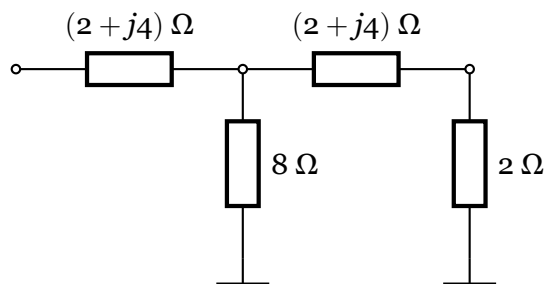


Во високонапонската трафостаница настанала еднофазна куса врска на 110 kV, при што вкупната струја на куса врска изнесува $I_K = 10 \text{ kA}$. Познати се и струите на грешка што течат во водовите и во трансформаторот: $I_{V1} = 5 \text{ kA}$, $I_{V2} = 3 \text{ kA}$ и $I_T = 2 \text{ kA}$. Отпорноста на распростирање на мрежестиот заземјувач на трафостаницата е $R_{MZ} = 0,2 \Omega$. Да се одреди:

- (30 п.) а) Влезната импеданција на кабелските изводи. [$Z_{v1,1} = (5,2 + j5,6) \Omega$; $Z_{v1,2} = (7 + j4) \Omega$].

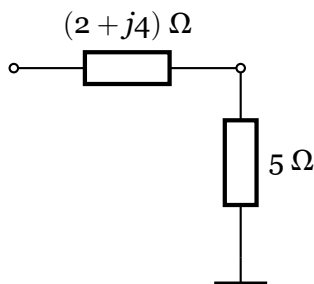
Решение:

Прв кабелски извод



$$\begin{aligned} Z_1 &= (2 + j4) + 2 = (4 + j4) \Omega \\ Y_{e1} &= \frac{1}{4 + j4} + \frac{1}{8} = (0,25 - j0,125) S \\ Z_{e1} &= \frac{1}{0,25 - j0,125} = (3,2 + j1,6) \Omega \\ Z_{vl,1} &= (3,2 + j1,6) + (2 + j4) = (5,2 + j5,6) \Omega \end{aligned}$$

Втор кабелски извод



$$Z_{vl,2} = (2 + j4) + 5 = (7 + j4) \Omega$$

(20 п.) б) Еквивалентната импеданција на заземјувачкиот систем. [$Z_e = (0,168 + j0,007) \Omega$].

Решение:

$$\begin{aligned} Z_e &= \frac{1}{\frac{2}{Z_{vl,V}} + \frac{1}{Z_{vl,1}} + \frac{2}{Z_{vl,2}} + \frac{1}{R_{MZ}}} \\ &= \frac{1}{\frac{2}{3,09 + j0,22} + \frac{1}{5,2 + j5,6} + \frac{2}{7 + j4} + \frac{1}{0,2}} = (0,168 + j0,007) \Omega \end{aligned}$$

(30 п.) в) Ефективните вредности на

- напонот на мрежестиот заземјувач,
- струјата што истекува во земјата од мрежестиот заземјувач,
- напонот на заземјувачот на крајот од првата секција на првиот кабелски извод.

[$I_e = 5,44$ kA; $U_{MZ} = 0,915$ kV; $I_{MZ} = 4,575$ kA; $U_{\text{средина}} = 0,428$ kV].

Решение:

$$\begin{aligned} I_e &= r_f \cdot I_{V1} + r_f \cdot I_{V2} = r_f \cdot (I_{V1} + I_{V2}) \\ I_e &= r_f \cdot (I_{V1} + I_{V2}) = 0,68 \cdot (5 + 3) = 5,44 \text{ kA} \\ U_{MZ} &= Z_e \cdot I_e = \sqrt{0,168^2 + 0,007^2} \cdot 5,44 = 0,915 \text{ kV} \\ I_{MZ} &= \frac{U_{MZ}}{R_{MZ}} = \frac{0,915}{0,2} = 4,575 \text{ kA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= (2 + j4) \Omega \\ Z_{e1} &= (3,2 + j1,6) \Omega \\ U_{\text{средина}} &= \frac{Z_{e1}}{|Z_{e1} + Z|} \cdot U_{MZ} = \frac{\sqrt{3,2^2 + 1,6^2}}{\sqrt{(3,2 + 2)^2 + (1,6 + 4)^2}} \cdot 0,915 = 0,428 \text{ kV} \end{aligned}$$

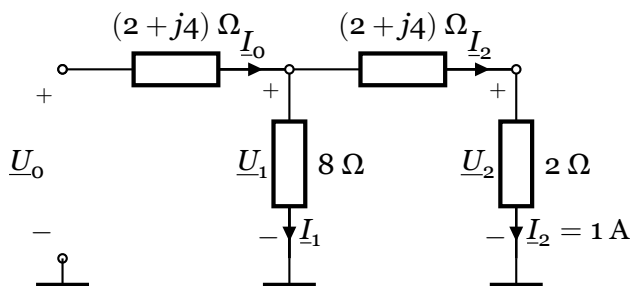
- (20 п.) г) Ефективната вредност на струјата што тече во плаштот на вториот кабелски извод.
[$I = 0,113 \text{ kA}$].

Решение:

$$I = \frac{U_{MZ}}{Z_{v1,2}} = \frac{0,915}{\sqrt{7^2 + 4^2}} = 0,113 \text{ kA}$$

- (20 п. бонус) д) Со примена на методот за решавање на електрично коло во форма на скала да се определи коефициентот на изнесен потенцијал за првиот кабелски извод.
[$k = 0,068 - j0,151$]

Решение:



$$U_2 = 2 \text{ V}$$

$$U_1 = 2 + (2 + j4) \cdot 1 = (4 + j4) \text{ V}$$

$$I_1 = \frac{4 + j4}{8} = (0,5 + j0,5) \text{ A}$$

$$I_0 = 1 + (0,5 + j0,5) = (1,5 + j0,5) \text{ A}$$

$$U_0 = (4 + j4) + (2 + j4) \cdot (1,5 + j0,5) = (5 + j11) \text{ A}$$

$$k = \frac{U_2}{U_0} = \frac{2}{5 + j11} = 0,068 - j0,151$$

$$k = \sqrt{0,068^2 + 0,151^2} = 0,166$$

Со горната постапка лесно може да се пресмета и влезната импеданција на кабелскиот извод

$$Z_{v1,2} = \frac{U_0}{I_0} = \frac{5 + j11}{1,5 + j0,5} = (5,2 + j5,6) \Omega$$

како и напонот на првата трафостаницата користејќи го коефициентот

$$k_1 = \frac{U_1}{U_0} = \frac{4 + j4}{5 + j11} = 0,438 - j0,164$$

$$U_1 = k_1 \cdot U_{MZ} = \sqrt{0,438^2 + 0,164^2} \cdot 0,915 = 0,428 \text{ kV}$$