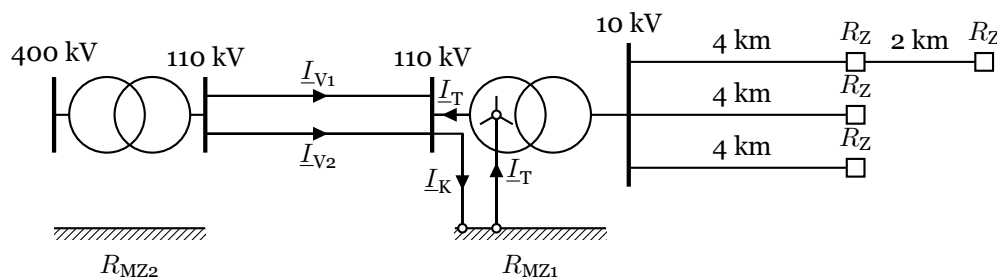


### ЗАЗЕМЈУВАЧИ И ЗАЗЕМЈУВАЧКИ СИСТЕМИ ВО ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИТЕ МРЕЖИ

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 ѕвезда 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  $Z_{vl,v} = 3 \cdot e^{j5^\circ} = (2,99 + j0,26) \Omega$  и  $r_f = 0,7 \cdot e^{j10^\circ} = (0,69 + j0,12)$ . Меѓусебната импеданција помеѓу фазниот спроводник и заштитното јаже изнесува  $z_m = (0,05 + j0,35) = 0,354 \cdot e^{j82^\circ}$ ;
- Сите кабелски изводи се изведени со кабел од типот ХНР (со изолиран метален плашт) со надолжна импеданција  $z = (0,5 + j1) \Omega/\text{km}$ , а нивните должини се прикажани на сликата. Трансформаторските станици 10/0,4 kV/kV кои се напојуваат со изводите се означени со квадратчиња. Нивните заземјувачи имаат отпорност  $R_Z = 5 \Omega$ .

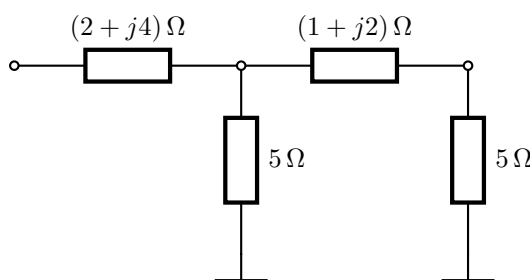


Во 110 kV постојка настанала еднофазна куса врска чија струја изнесува  $I_K = 10 \text{ kA}$ . Познати се и струите на грешка што течат во водовите и во трансформаторот:  $I_{V1} = I_{V2} = 4 \text{ kA}$  и  $I_T = 2 \text{ kA}$ . Отпорноста на распространување на мрежестите заземјувачи се  $R_{MZ1} = 0,5 \Omega$  и  $R_{MZ2} = 0,2 \Omega$ . Да се одреди:

- (20 п.) а) Влезната импеданција на кабелските изводи.  $\{Z_{vl,1} = (4,8 + j4,4) \Omega; Z_{vl,2} = (7 + j4) \Omega\}$ .

#### Решение:

Прв кабелски извод



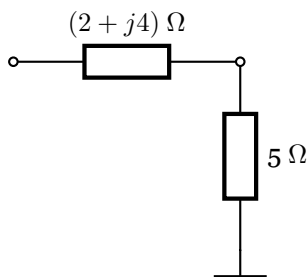
$$Z_1 = (1 + j2) + 5 = (6 + j2) \Omega$$

$$Y_{e1} = \frac{1}{6 + j2} + \frac{1}{5} = (0,35 - j0,05) \text{ S}$$

$$Z_{e1} = \frac{1}{0,35 - j0,05} = (2,8 + j0,4) \Omega$$

$$Z_{vl,1} = (2,8 + j0,4) + (2 + j4) = (4,8 + j4,4) \Omega$$

Втор кабелски извод



$$\underline{Z}_{v1,2} = (2 + j4) + 5 = (7 + j4) \Omega$$

- (25 п.) б) Еквивалентата импеданција на заземјувачкиот систем и ефективните вредности на напонот и струјата на мрежестиот заземјувач.  $\{Z_e = (0,331 + j0,031) \Omega; U_{MZ} = 1,862 \text{ kV}; I_{MZ} = 3,724 \text{ kA}\}$ .

**Решение:**

$$\begin{aligned} \underline{Z}_e &= \frac{1}{\frac{2}{\underline{Z}_{v1,V}} + \frac{1}{\underline{Z}_{v1,1}} + \frac{2}{\underline{Z}_{v1,2}} + \frac{1}{R_{MZ1}}} \\ &= \frac{1}{\frac{2}{2,99 + j0,26} + \frac{1}{4,8 + j4,4} + \frac{2}{7 + j4} + \frac{1}{0,5}} = (0,331 + j0,031) \Omega \end{aligned}$$

$$I_e = 2 \cdot r_f \cdot I_{V1} = 2 \cdot 0,7 \cdot 4 = 5,6 \text{ kA}$$

$$U_{MZ} = Z_e \cdot I_e = \sqrt{0,331^2 + 0,031^2} \cdot 5,6 = 1,862 \text{ kV}$$

$$I_{MZ} = \frac{U_{MZ}}{R_{MZ1}} = \frac{1,862}{0,5} = 3,724 \text{ kA}$$

- (10 п.) в) Ефективната вредност на индуцираниот напон во распон со должина од 300 m кај првиот надземен вод.  $\{E = 0,424 \text{ kV}\}$ .

**Решение:**

$$E = z_m \cdot a \cdot I_{V1} = \sqrt{0,05^2 + 0,35^2} \cdot 0,3 \cdot 4 = 0,424 \text{ kV}$$

- (25 п.) г) Ефективната вредност на напонот на мрежестиот заземјувач  $R_{MZ2}$  во трансформаторската станица 400/110 kV/kV. Да се смета дека влезните импеданции на двата вода се еднакви со дадени импеданции за трансформаторската станица 110/10 kV/kV. Исто така, да се земе дека освен струите во надземните водови не постојат други струи во заземјувачкиот систем.  $\{U_{MZ} = 0,471 \text{ kV}\}$ .

**Решение:**

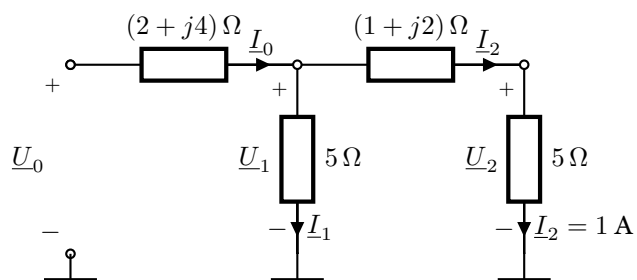
$$\underline{Z}_e = \frac{1}{\frac{2}{\underline{Z}_{v1,V}} + \frac{1}{R_{MZ2}}} = \frac{1}{\frac{2}{2,99 + j0,26} + \frac{1}{0,2}} = (0,177 + 0,002) \Omega$$

$$I_e = 2 \cdot (1 - r_f) \cdot I_{V1} = 2 \cdot (1 - 0,69 - j0,12) \cdot 4 = (2,48 - 0,96) \text{ kA}$$

$$U_{MZ} = Z_e \cdot I_e = \sqrt{0,177^2 + 0,002^2} \cdot \sqrt{2,48^2 + 0,96^2} = 0,471 \text{ kV}$$

- (20 п.) д) Коефициентот на изнесен потенцијал за крајот на првиот кабелски извод.  $\{k = 0,208 - j0,274; |k| = 0,344\}$

**Решение:**



$$\underline{U}_2 = 5 \text{ V}$$

$$\underline{U}_1 = 5 + (1 + j2) \cdot 1 = (6 + j2) \text{ V}$$

$$\underline{I}_1 = \frac{6 + j2}{5} = (1,2 + j0,4) \text{ A}$$

$$\underline{I}_0 = 1 + (1,2 + j0,4) = (2,2 + j0,4) \text{ A}$$

$$\underline{U}_0 = (6 + j2) + (2 + j4) \cdot (2,2 + j0,4) = (8,8 + j11,6) \text{ V}$$

$$\underline{k} = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_0} = \frac{5}{8,8 + j11,6} = 0,208 - j0,274$$

$$k = \sqrt{0,208^2 + 0,274^2} = 0,344$$