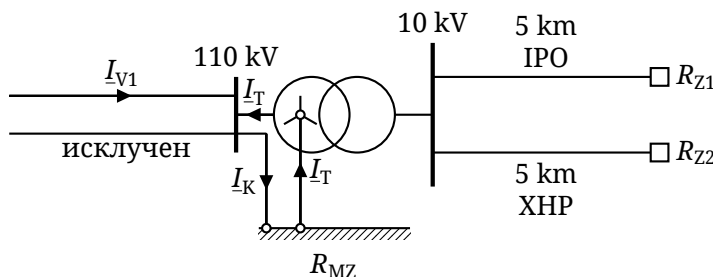


### ЗАЗЕМЈУВАЧИ И ЗАЗЕМЈУВАЧКИ СИСТЕМИ ВО ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИТЕ МРЕЖИ

Задачата се состои од повеќе делови, при што поените се дадени на левата маргина. На крајот од секој дел во заградата 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 2 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  $r_f = 0,7 \cdot e^{j10^\circ} = (0,689 + j0,122)$ ;
- Првиот кабелскиот извод е изведен со кабел од типот IPO (со неизолиран метален плашт) и за него се познати параметрите на неговата  $\pi$ -заменска шема  $Z_p = (0,2 + j2) \Omega$  и  $Y_p = 0,5 S$ . На крајот од водот има трафостаница 10/0,4 kV/kV која што има заштитен заземјувач со  $R_{Z1} = 8 \Omega$ ;
- Вториот кабелски извод е изведен со кабел од типот ХНР (со изолиран метален плашт) со надолжна импеданција  $z = (0,4 + j0,8) \Omega/km$ . Тој има должина од 5 km, а на крајот има трафостаница 10/0,4 kV/kV која што има заштитен заземјувач со отпорност на заземјувачот  $R_{Z2} = 5 \Omega$ .

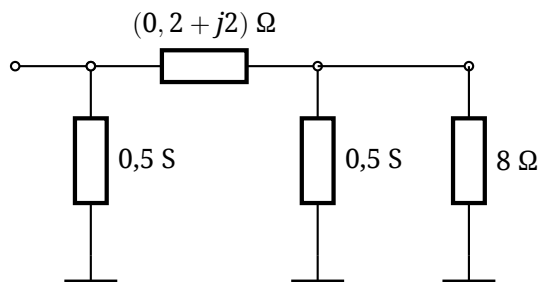


Во високонапонската трафостаница настанала еднофазна куса врска на 110 kV, при што вториот вод бил исклучен, а вкупната струја на куса врска изнесува  $I_K = 8$  kA. Познати се и струите на грешка што течат во првиот водо и во трансформаторот:  $I_{V1} = 5$  kA и  $I_T = 3$  kA. Отпорноста на распростирање на мрежестиот заземјувач на трафостаницата е  $R_{MZ} = 0,5 \Omega$ . Да се одреди:

- (30 п.) а) Влезната импеданција на кабелските изводи. [ $Z_{v1,1} = (1,176 + j0,434) \Omega$ ;  $Z_{v1,2} = (7 + j4) \Omega$ ].

**Решение:**

Прв кабелски извод

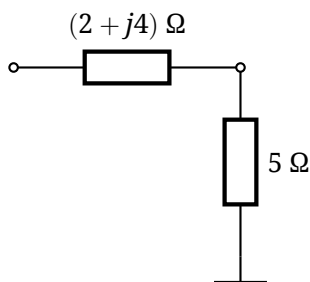


$$R_1 = \frac{1}{Y_p + \frac{1}{R_{Z1}}} = \frac{1}{0,5 + \frac{1}{8}} = 1,6 \Omega$$

$$Z_1 = Z_p + R_1 = 0,2 + j2 + 1,6 = (1,8 + j2) \Omega$$

$$Z_{v1,1} = \frac{1}{Y_p + \frac{1}{Z_1}} = \frac{1}{0,5 + \frac{1}{1,8 + j2}} = (1,176 + j0,434) \Omega$$

Втор кабелски извод



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

(20 п.) б) Еквивалентната импеданција на заземјувачкиот систем. [ $\underline{Z}_e = (0,282 + j0,031) \Omega$ ].

**Решение:**

$$\begin{aligned} \underline{Z}_e &= \frac{1}{\frac{2}{\underline{Z}_{v1,v}} + \frac{1}{\underline{Z}_{v1,1}} + \frac{1}{\underline{Z}_{v1,2}} + \frac{1}{R_{MZ}}} \\ &= \frac{1}{\frac{2}{3,09 + j0,22} + \frac{1}{1,176 + j0,434} + \frac{1}{7 + j4} + \frac{1}{0,5}} = (0,282 + j0,031) \Omega \end{aligned}$$

(25 п.) в) Ефективните вредности на

- напонот на мрежестиот заземјувач,
- напонот на заземјувачот на крајот од првиот кабелски извод.

[ $U_{MZ} = 0,993 \text{ kV}$ ;  $U_1 = 0,590 \text{ kV}$ ].

**Решение:**

$$\begin{aligned} I_e &= r_f \cdot I_{V1} = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ kA} \\ U_{MZ} &= \underline{Z}_e \cdot I_e = \sqrt{0,282^2 + 0,031^2} \cdot 3,5 = 0,993 \text{ kV} \\ U_1 &= \frac{R_1}{|\underline{Z}_P + R_1|} \cdot U_{MZ} = \frac{R_1}{|\underline{Z}_1|} \cdot U_{MZ} = \frac{1,6}{\sqrt{1,8^2 + 2^2}} \cdot 0,993 = 0,590 \text{ kV} \end{aligned}$$

(25 п.) г) Ефективната вредност на струјата што тече во заштитните јажиња на двата надземни вода. Познато е дека комплексниот претставник на напонот на заземјувачот на трафостаницата изнесува  $\underline{U}_{MZ} = (0,953 + j0,279) \text{ kV}$ . [ $I_1 = 1,945 \text{ kA}$ ,  $I_2 = 0,320 \text{ kA}$ ].

**Решение:**

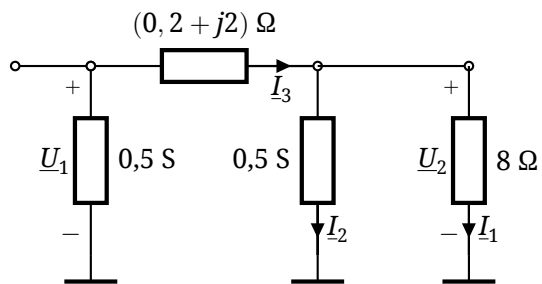
$$\begin{aligned} \underline{J}_1 &= (1 - r_f) \cdot I_{V1} = (1 - 0,689 - j0,122) \cdot 5 = (1,555 - j0,610) \text{ kA} \\ \underline{I}_1 &= \frac{\underline{U}_{MZ}}{\underline{Z}_{v1,v}} + \underline{J}_1 = \frac{0,953 + j0,279}{3,09 + j0,22} + 1,555 - j0,610 = (1,868 - j0,542) \text{ kA} \\ I_1 &= \sqrt{1,868^2 - 0,542^2} = 1,945 \text{ kA} \\ I_2 &= \frac{U_{MZ}}{Z_{v1,v}} = \frac{0,993}{3,1} = 0,320 \text{ kA} \end{aligned}$$

(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.

[ $k = 0,398 - j0,442$ ,  $|k| = 0,595$ ]

Решение:



$$I_1 = 1 \text{ A}$$

$$U_2 = 8 \text{ V}$$

$$I_2 = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ A}$$

$$I_3 = 4 + 1 = 5 \text{ A}$$

$$U_1 = U_2 + (0,2 + j2) \cdot I_3 = 8 + (0,2 + j2) \cdot 5 = (9 + j10) \text{ V}$$

$$k = \frac{U_2}{U_1} = \frac{8}{9 + j10} = 0,398 - j0,442$$

$$k = \sqrt{0,398^2 + 0,442^2} = 0,595$$