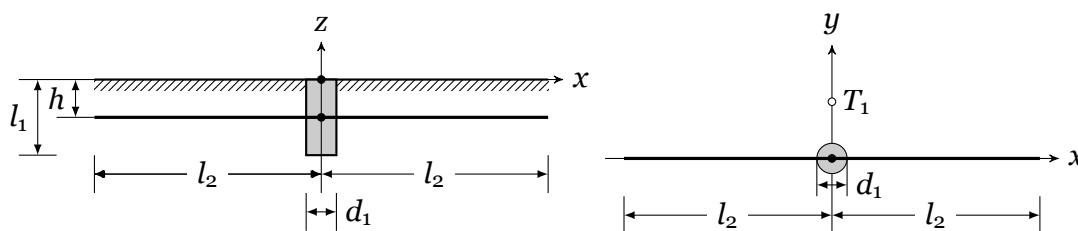


ЗАЗЕМЈУВАЧИ И ЗАЗЕМЈУВАЧКИ СИСТЕМИ ВО ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИТЕ МРЕЖИ

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. Еден армирано-бетонски столб од надземен вод е поставен во тло со специфична отпорност $\rho = 200 \Omega\text{m}$. Должината на делот од столбот закопан во земјата изнесува $l_1 = 2 \text{ m}$ и тој може да се еквивалентира со метален цилиндер со пречник $d_1 = 30 \text{ cm}$. Столбот е заземјен со 2 поцинкувани ленти закопани на длабочина $h = 1 \text{ m}$. Нивната должина е $l_2 = 10 \text{ m}$ и тие се со димензии $30 \times 4 \text{ mm}$ ($d_2 = 22 \text{ mm}$). Во заземјувачот се инјектира струја на грешка $I_Z = 50 \text{ A}$.



За заземјувачот се познати матриците

$$r = \begin{bmatrix} 52,247 & 10,106 & 10,106 \\ 10,106 & 26,436 & 4,118 \\ 10,106 & 4,118 & 26,436 \end{bmatrix} \Omega; \quad y = \begin{bmatrix} 22 & -7 & -7 \\ -7 & 41 & -4 \\ -7 & -4 & 41 \end{bmatrix} \cdot 10^{-3} \text{ S},$$

во кои првата редица и колона се однесуваат на делот од столбот закопан во земјата. Да се одреди:

- (15 п.) а) Отпорноста на распростирање R_Z и напонот на заземјувачот U_Z . ($R_Z = 14,706 \Omega$; $U_Z = 735,300 \text{ V}$).

Решение:

$$R_Z = \frac{1}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 y_{ij}} = \frac{1}{(22 + 2 \cdot 41 - 4 \cdot 7 - 2 \cdot 4) \cdot 10^{-3}} = 14,706 \Omega$$

$$U_Z = R_Z \cdot I_Z = 14,706 \cdot 50 = 735,300 \text{ V}$$

- (15 п.) б) Струите на одведување во земјата од одделните електроди на заземјувачот. ($I_1 = 5,882 \text{ A}$; $I_2 = I_3 = 22,059 \text{ A}$).

Решение:

$$I = y \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot U_Z = \begin{bmatrix} 22 - 7 - 7 \\ -7 - 41 - 4 \\ -7 - 4 - 41 \end{bmatrix} \cdot 10^{-3} \cdot 735 = \begin{bmatrix} 5,882 \\ 22,059 \\ 22,059 \end{bmatrix} \text{ A}.$$

- (25 п.) в) Напонот на допир во точката T_1 на површината на земјата која се наоѓа на оддалеченост од 1 m од столбот (види слика). Да се земе предвид и пречникот на столбот. ($U_d = 191,837 \text{ V}$).

Решение:

Точката T_1 ги има следните координати $T_1(0, 1.15, 0)$. Делот од столбот закопан во земјата се наоѓа помеѓу точки со следните координати $A(0, 0, 0)$ и $B(0, 0, -2)$.

Десната лента на заземјувачот се наоѓа помеѓу точки со следните координати $C(0, 0, -1)$ и $D(10, 0, -1)$.

$$r'_1 = \sqrt{(0-0)^2 + (0-1,15)^2 + (0-0)^2} = 1,150 \text{ m}$$

$$r'_2 = \sqrt{(0-0)^2 + (0-1,15)^2 + (-2-0)^2} = 2,307 \text{ m}$$

$$\varphi'_1 = \frac{\rho \cdot I_1}{4\pi l_1} \ln \frac{r'_1 + r'_2 + l_1}{r'_1 + r'_2 - l_1} = \frac{200 \cdot 5,882}{4\pi \cdot 2} \ln \frac{1,15 + 2,307 + 2}{1,15 + 2,307 - 2} = 61,810 \text{ V}$$

$$r''_1 = \sqrt{(0-0)^2 + (0-1,15)^2 + (-1-0)^2} = 1,524 \text{ m}$$

$$r''_2 = \sqrt{(10-0)^2 + (0-1,15)^2 + (-1-0)^2} = 10,116 \text{ m}$$

$$\varphi''_1 = \frac{\rho \cdot I_2}{4\pi l_2} \ln \frac{r''_1 + r''_2 + l_2}{r''_1 + r''_2 - l_2} = \frac{200 \cdot 22,059}{4\pi \cdot 10} \ln \frac{1,524 + 10,116 + 10}{1,524 + 10,116 - 10} = 90,573 \text{ V}$$

$$\varphi_1 = 2 \cdot \varphi'_1 + 4 \cdot \varphi''_1 = 2 \cdot 61,810 + 4 \cdot 90,573 = 485,912 \text{ V}$$

$$U_d = \frac{U_Z - \varphi_1}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot \rho} = \frac{735,3 - 485,912}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 200} = 191,837 \text{ V}$$

- (25 п.) г) Напонот на допир во точката T_1 во случај кога столбот би бил заземјен само со делот закопан во земјата без постоење на двете ленти. ($U_d = 1201,167 \text{ V}$).

Решение:

$$R_Z = 52,247 \Omega$$

$$U_Z = R_Z \cdot I_Z = 52,247 \cdot 50 = 2612,350 \text{ V}$$

Струјата во делот на столбот закопан во земјата изнесува 50 А, а претходно беше 5,882 А. Според тоа потенцијалот во точката T_1 од делот на столбот закопан во земјата ќе биде за 50/5,882 пати поголем.

$$\varphi_1 = 2 \cdot \varphi'_1 = 2 \cdot 61,810 \cdot \frac{50}{5,882} = 1050,833 \text{ V}$$

$$U_d = \frac{U_Z - \varphi_1}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot \rho} = \frac{2612,350 - 1050,833}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 200} = 1201,167 \text{ V}$$

- (20 п.) д) Меѓусебната отпорност помеѓу една од лентите и нејзиниот лик. *Помош: да се искористи изразот за пресметување на отпорност на лента во бесконечна средина.* ($\alpha_m = 4,751 \Omega$).

Решение:

$$\alpha_s = \frac{\rho}{2\pi l_2} \ln \frac{2l_2}{d_2} = \frac{200}{2\pi \cdot 10} \ln \frac{2 \cdot 10}{0,022} = 21,685 \Omega$$

$$R_{22} = \alpha_s + \alpha_m \Rightarrow \alpha_m = R_{22} - \alpha_s = 26,436 - 21,685 = 4,751 \Omega$$

- (15 п. бонус) ѓ) Колкав ќе биде напонот на допир во точката T_1 во случајот под в) ако специфичната отпорност на земјата изнесува $100 \Omega\text{m}$ наместо $200 \Omega\text{m}$?

Решение:

$$U_d = \frac{191,837}{2} \cdot \frac{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 200}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 100} = 108,430 \text{ V}$$