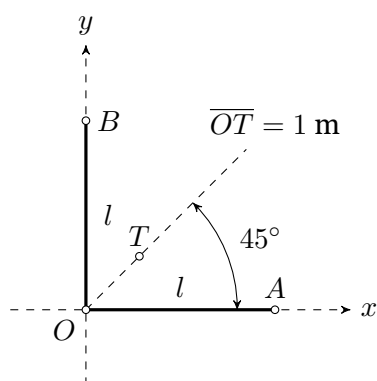


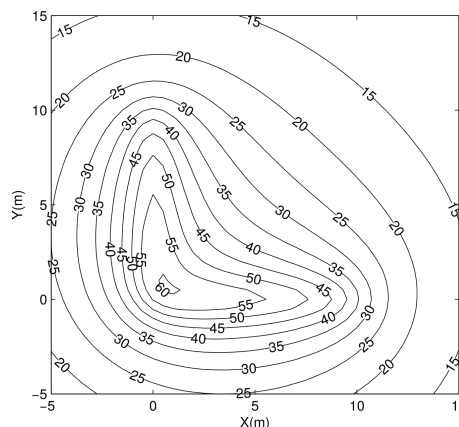
## ЗАЗЕМЈУВАЧИ И ЗАЗЕМЈУВАЧКИ СИСТЕМИ ВО ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИТЕ МРЕЖИ

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. На сликата 1 е прикажан заземјувач со 2 краци изведен од бакарно јаже со пречник  $d = 9 \text{ mm}$ . Краците имаат еднаква должина која што изнесува  $l = 10 \text{ m}$ , а аголот помеѓу нив е  $90^\circ$ . Заземјувачот е поставен во земја со специфична отпорност  $\rho = 150 \Omega\text{m}$  и е закопан на длабочина  $h = 1 \text{ m}$ . Во него се инјектира струја на грешка  $I_Z = 30 \text{ A}$ .



Слика 1



Слика 2

За заземјувачот е позната матрицата на сопствени и меѓусебни отпорности

$$\mathbf{r} = \begin{bmatrix} 21,961 & 3,866 \\ 3,866 & 21,961 \end{bmatrix} \Omega.$$

Да се одреди:

- (25 п.) а) Отпорноста на распростирање  $R_Z$  и напонот на заземјувачот  $U_Z$ . ( $R_Z = 12,821 \Omega$ ;  $U_Z = 384,630 \text{ V}$ ).

**Решение:**

$$\mathbf{y} = \mathbf{r}^{-1} = \begin{bmatrix} 0,047 & -0,008 \\ -0,008 & 0,047 \end{bmatrix} \text{ S}$$

$$R_Z = \frac{1}{\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 y_{ij}} = \frac{1}{2 \cdot 0,047 - 2 \cdot 0,008} = 12,821 \Omega$$

$$U_Z = R_Z \cdot I_Z = 12,821 \cdot 30 = 384,630 \text{ V}$$

- (25 п.) б) Напонот на допир во точката  $T$  на површината на земјата која се наоѓа на оддалеченост од  $1 \text{ m}$  од точката  $O$  на симетралата на краците (слика 1). ( $\varphi_T = 234,472 \text{ V}$ ,  $U_d = 122,578 \text{ V}$ ).

**Решение:**

Точката  $T$  ги има следните координати  $T(\sqrt{2}/2, \sqrt{2}/2, 0)$ , т.е.  $T(0,707; 0,707; 0)$ .

Потенцијал од кракот  $\overline{OA}$  чии точки се  $O(0, 0, -1)$  и  $A(10, 0, -1)$

$$r_1 = \sqrt{(0,707 - 0)^2 + (0,707 - 0)^2 + (0 - 1)^2} = 1,414 \text{ m}$$

$$r_2 = \sqrt{(0,707 - 10)^2 + (0,707 - 0)^2 + (0 - 1)^2} = 9,373 \text{ m}$$

$$\varphi_1 = \frac{\rho \cdot I_1}{4\pi l} \ln \frac{r_1 + r_2 + l_1}{r_1 + r_2 - l_1} = \frac{150 \cdot 15}{4\pi \cdot 10} \ln \frac{1,414 + 9,373 + 10}{1,414 + 9,373 - 10} = 58,618 \text{ V}$$

Вкупен потенцијал

$$\varphi_T = 4 \cdot \varphi_1 = 4 \cdot 58,618 = 234,472 \text{ V}$$

Напон на допир

$$U_d = \frac{U_Z - \varphi_T}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot \rho} = \frac{384,630 - 234,472}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 150} = 122,578 \text{ V}$$

- (25 п.) в) Напонот на допир во точката  $S$  во која тој има најголема вредност. Како помош за лоцирање на точката  $S$  може да послужат еквипотенцијалните линии прикажани на сликата 2. ( $\varphi_S = 165,824 \text{ V}$ ,  $U_d = 178,617 \text{ V}$ ).

**Решение:**

Точката  $S$  ги има следните координати  $S(-\sqrt{2}/2, -\sqrt{2}/2, 0)$ , т.е.  $S(-0,707; -0,707; 0)$ .

Потенцијал од кракот  $\overline{OA}$  чии точки се  $O(0, 0, -1)$  и  $A(10, 0, -1)$

$$r_1 = \sqrt{(-0,707 - 0)^2 + (-0,707 - 0)^2 + (0 - 1)^2} = 1,414 \text{ m}$$

$$r_2 = \sqrt{(-0,707 - 10)^2 + (-0,707 - 0)^2 + (0 - 1)^2} = 10,777 \text{ m}$$

$$\varphi_1 = \frac{\rho \cdot I_1}{4\pi l} \ln \frac{r_1 + r_2 + l_1}{r_1 + r_2 - l_1} = \frac{150 \cdot 15}{4\pi \cdot 10} \ln \frac{1,414 + 10,777 + 10}{1,414 + 10,777 - 10} = 41,456 \text{ V}$$

Вкупен потенцијал

$$\varphi_S = 4 \cdot \varphi_1 = 4 \cdot 41,456 = 165,824 \text{ V}$$

Напон на допир

$$U_d = \frac{U_Z - \varphi_S}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot \rho} = \frac{384,630 - 165,824}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 150} = 178,617 \text{ V}$$

- (25 п.) г) Да се пресмета веројатноста за смртен исход за човек кој е изложен на напон на допир во точката  $S$  ако времето на реагирање на заштитата е 0,4 секунди. Отпорноста на човекот изнесува 1000  $\Omega$ . ( $p = 0,02872$ ).

**Решение:**

$$I = \frac{178,617}{1000} = 178,617 \text{ mA}$$

$$I_{F50} = \frac{0,16}{0,4} = 0,4 \text{ A} = 400 \text{ mA}$$

$$x = \frac{1}{0,18} \log \frac{I}{I_{F50}} = \frac{1}{0,18} \log \frac{178,617}{400} = -1,945$$

$$p = F(x) \approx F(-1,9) = 0,02872$$

- (15 п. бонус) д) Напонот на допир во точката  $S$  во случај кога кракот  $\overline{OB}$  не би постоел. ( $U_d = 402,454 \text{ V}$ ).

**Решение:**

Потенцијалот во точката  $S$  ќе остане ист, затоа што имаме 2 пати помалку краци но струјата во нив е 2 пати поголема.

$$U_Z = 21,961 \cdot 30 = 658,830 \text{ V}$$

Напон на допир

$$U_d = \frac{U_Z - \varphi_S}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot \rho} = \frac{658,830 - 165,824}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 150} = 402,454 \text{ V}$$