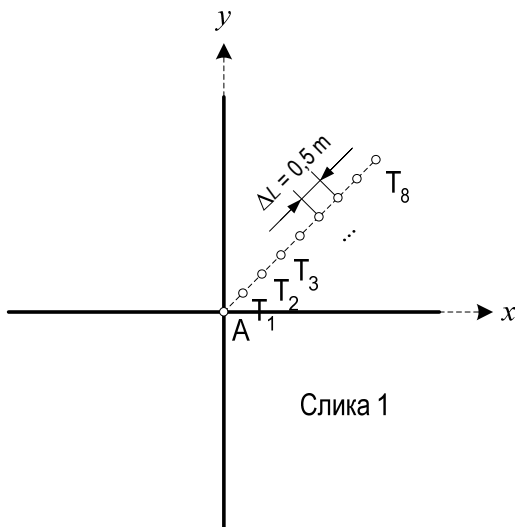


**I колоквиум по предметот
ЗАЗЕМЈУВАЧИ И ЗАЗЕМЈУВАЧКИ СИСТЕМИ ВО ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИТЕ МРЕЖИ**

Задача 1. На сликата 1 е прикажан заземјувач со 4 краци од типот L4. Тој е изведен од бакарно јаже со напречен пресек од 50 mm^2 и дијаметар $d = 9 \text{ mm}$ при што сите краци имаат еднаква должина која што изнесува $l = 4 \text{ m}$ и се закопани на длабочина $h = 0,5 \text{ m}$. Заземјувачот е поставен во земја со специфична отпорност $\rho = 200 \text{ } \Omega\text{m}$ и е познат дека во него се инјектира струја на грешка $I_Z = 40 \text{ A}$. Покрај тоа во табелата 1 се дадени потенцијалите на површината на земјата во 8 точки на симетралата на првиот квадрант, при X и Y се координатите на точките, а со L е означено растојанието до центарот. Да се пресметаат:

- Отпорноста на распростирање R_Z и напонот на заземјувачот U_Z . При тоа да се користи емпириската формула за R_Z за заземјувачи во форма на краци.
- Потенцијалот на површината на земјата во точката $A(0, 0)$.
- Потенцијалната разлика на допир и напонот на допир во точката T_1 , како и потенцијалната разлика на чекор и напонот на чекор помеѓу точките T_2 и T_4 .
- Најголемата вредност на потенцијалната разлика на чекор (во проценти) во правецот на симетралата на првиот квадрант.



Табела 1

Точка	X (m)	Y (m)	L (m)	φ (%)
T ₁	0,35	0,35	0,5	81,9
T ₂	0,71	0,71	1,0	70,7
T ₃	1,06	1,06	1,5	60,8
T ₄	1,41	1,41	2,0	52,7
T ₅	1,77	1,77	2,5	46,0
T ₆	2,12	2,12	3,0	40,4
T ₇	2,47	2,47	3,5	35,7
T ₈	2,83	2,83	4,0	31,8

Задача 2. Трасата на еден еден 10 kV надземен вод минува низ терен со променлив специфичен отпор на тлото, при што може да се смета дека во првата половина од трасата тој изнесува $\rho = 100 \text{ } \Omega\text{m}$, а во втората половина $\rho = 200 \text{ } \Omega\text{m}$. Предвидено е столбовите да се заземјуваат со прстенести заземјувачи во форма на круг, изведени од поцинкувана челична лента FeZn 30×4 ($d = 22 \text{ mm}$), закопана на длабочина $h = 0,7 \text{ m}$. Со помош на табелата 5.4, применувајќи ја постапката на линеарна интерполација во случаите кога тоа е неопходно, да се одреди:

- Отпорноста на распростирање R_Z и напонот на допир U_d (за двата дела од трасата) ако пречникот на кругот изнесува $D = 5 \text{ m}$ а струја на грешка е $I_Z = 20 \text{ A}$.
- Потребниот пречник на кругот D (за двата дела од трасата) така што отпорноста на распростирање на заземјувачите да изнесува $R_Z = 15 \text{ } \Omega$.

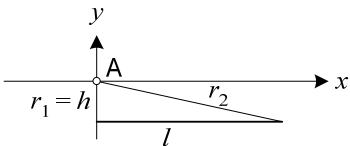
Бонус. Да се одредат отпорноста на распростирање и процентуалните вредности на струите на одведување од елементите на еден заземјувач за којшто е позната матрицата на сопствените и меѓусебните отпорности на елементите

$$r = \begin{bmatrix} 32,2 & 4,4 \\ 4,4 & 18,7 \end{bmatrix} \Omega.$$

**Решенија на задачите од I колоквиум по предметот
ЗАЗЕМЈУВАЧИ И ЗАЗЕМЈУВАЧКИ СИСТЕМИ ВО ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИТЕ МРЕЖИ
одржан на 6.11.2009**

Задача 1. а) $L_{\Sigma} = 4 \cdot l = 16 \text{ m}$; $R_Z = \frac{\rho}{2\pi L_{\Sigma}} \cdot \left(\ln \frac{L_{\Sigma}^2}{d \cdot h} + A_k \right) = \frac{200}{2\pi \cdot 16} \cdot \left(\ln \frac{16^2}{0,009 \cdot 0,5} + 2,13 \right) = 26,02 \ \Omega$;

$U_Z = R_Z \cdot I_Z = 1040,8 \text{ V}$.

б)  $r_1 = h = 0,5 \text{ m}$; $r_2 = \sqrt{h^2 + l^2} = \sqrt{0,5^2 + 4^2} = 4,031 \text{ m}$; $I_1 = \frac{I}{4} = 10 \text{ A}$;

$\varphi = \frac{\rho \cdot I_1}{4\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{r_1 + r_2 + l}{r_1 + r_2 - l} = \frac{200 \cdot 10}{4\pi \cdot 4} \cdot \ln \frac{0,5 + 4,031 + 4}{0,5 + 4,031 - 4} = 110,5 \text{ V}$;

$\varphi_A = 8 \cdot \varphi = 884 \text{ V}$ (4 елемента и 4 слики)

в) $\varphi_1 = \frac{81,9}{100} \cdot U_Z = 0,819 \cdot U_Z$; $\varphi_2 = \frac{70,7}{100} \cdot U_Z = 0,707 \cdot U_Z$; $\varphi_4 = \frac{52,7}{100} \cdot U_Z = 0,527 \cdot U_Z$;

$E_d = U_Z - \varphi_1 = (1 - 0,819) \cdot U_Z = 0,181 \cdot 1040,8 = 144,9 \text{ V}$; $U_d = \frac{E_d}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot \rho} = \frac{188,4}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 200} = 144,9 \text{ V}$;

$E_c = \varphi_2 - \varphi_4 = 0,18 \cdot U_Z = 0,18 \cdot 1040,8 = 187,3 \text{ V}$; $U_c = \frac{E_c}{1 + 6 \cdot 10^{-3} \cdot \rho} = \frac{187,3}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 200} = 85,1 \text{ V}$.

г) Најголемата потенцијална разлика на чекор е помеѓу точките T_1 и T_3 и таа изнесува $E_{c\%,\max} = 81,9 - 60,8 = 21,1 \%$. За сите други парови точки на растојание од 1 m (на пример T_2 и T_4 , T_3 и T_5 ...) оваа разлика е помала.

Задача 2. а) Од табелата 5.4 отчитуваме $R_{Z1} = 10,852 \ \Omega$ и пресметуваме $R_{Z2} = 2R_{Z1} = 21,704 \ \Omega$. Потенцијалната разлика на допир во проценти е иста во двата случаја и изнесува $E_{d\%} = 29,4 \%$. Напоните на допир изнесуваат

$U_{d1\%} = \frac{29,4}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 100} = 25,6 \%$; $U_{d2\%} = \frac{29,4}{1 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 200} = 22,6 \%$.

$U_{Z1} = R_{Z1} \cdot I_Z = 10,852 \cdot 20 = 217,04 \text{ V}$; $U_{d1} = \frac{U_{d1\%}}{100} \cdot U_{Z1} = \frac{25,6}{100} \cdot 217,04 = 55,6 \text{ V}$;

$U_{Z2} = R_{Z2} \cdot I_Z = 21,704 \cdot 20 = 434,08 \text{ V}$; $U_{d2} = \frac{U_{d2\%}}{100} \cdot U_{Z2} = \frac{22,6}{100} \cdot 434,08 = 98,1 \text{ V}$;

б) За првиот дел од трасата правиме итерполација меѓу $D = 3 \text{ m}$ и $D = 4 \text{ m}$ затоа што во тој опсег е $R = 15 \ \Omega$

$D_1 = 3 + \frac{15 - 15,274}{12,687 - 15,274} \cdot (4 - 3) = 3,11 \text{ m}$, за вториот дел од трасата правиме итерполација меѓу $D = 8 \text{ m}$ и

$D = 9 \text{ m}$ затоа што во тој опсег е $R = 7,5 \ \Omega$ (бараме $R = 7,5 \ \Omega$ затоа што при $\rho = 200 \ \Omega\text{m}$ избраниот заземјувач ќе има отпор од $15 \ \Omega$) $D_2 = 8 + \frac{7,5 - 7,622}{6,95 - 7,622} \cdot (9 - 8) = 8,18 \text{ m}$.

Бонус. $y = r^{-1} = \begin{bmatrix} 0,0321 & -0,0075 \\ -0,0075 & 0,0549 \end{bmatrix}$; $R_Z = \frac{1}{y_{11} + y_{12} + y_{21} + y_{22}} = 13,889 \ \Omega$;

$I = y \cdot U = y \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot R_Z \cdot I_Z = \begin{bmatrix} 0,0321 & -0,0075 \\ -0,0075 & 0,0549 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot 13,889 \cdot 100 = \begin{bmatrix} 34,2 \\ 65,8 \end{bmatrix} \%$.