

Laborator Electrosecuritate - Instalații de legare la pământ

Determinarea analitică a rezistenței prizelor de pământ de suprafață

În funcție de adâncimea de îngropare a electrozilor, prizele de pământ se împart în următoarele categorii:

- **prizele de suprafață** - sub formă de bandă plasată orizontal sau conductoare rectilinii sau circulare, la o adâncime de cel mult 1 m;
- **prizele de adâncime** - cu electrozi verticali de lungime suficientă pentru a traversa straturi de sol cu diferite conductivități, adâncimea de îngropare a acestora ajungând chiar și până la 30 m.

Astfel, în prima parte a prezentei lucrări de laborator se va prezenta modul de calcul al rezistenței de dispersie a prizelor de pământ de suprafață, pentru diferite configurații. În partea a doua a lucrării, pentru exemplificare, sunt propuse spre rezolvare o serie de aplicații numerice.

1. Modelul analitic de determinare a rezistenței de dispersie a prizelor de pământ de suprafață

O priză de pământ de suprafață, simplă, cuprinde bare metalice, rotunde sau dreptunghiulare, sau conducte, plasate orizontal sub suprafața solului, la o adâncime dată, h , ce nu depășește de regulă 1 m.

Calculul rezistenței de dispersie a unor astfel de prize de pământ se face diferențiat, în funcție de tipul de electrozi utilizat, precum și de configurația în care sunt dispuși aceștia. Astfel, în continuare sunt prezentate expresiile de calcul ale rezistenței de dispersie a principalelor tipuri de prize de pământ de suprafață.

1.1. Prize cu electrod cilindric simplu

Rezistența unei astfel de prize de pământ se poate calcula conform expresiei:

$$R_p = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2}{2 \cdot h \cdot r} \quad (1)$$

în care:

ρ – rezistivitatea solului în care este realizată priza de pământ;

l – lungimea electrodului;

h – adâncimea la care este îngropat electrodul prizei de pământ;

r – raza electrodului.

Electrosecuritate

1.2. Prize cu electrod cu secțiune rectangulară

Rezistența unei astfel de prize de pământ se poate calcula conform expresiei:

$$R_p = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2}{2 \cdot h \cdot r_e} \quad (2)$$

în care:

ρ – rezistivitatea solului în care este realizată priza de pământ;

l – lungimea electrodului;

h – adâncimea la care este îngropat electrodul prizei de pământ;

r_e – raza echivalentă a profilului electrodului;

Raza echivalentă a profilului electrozilor, r_e , se poate calcula conform expresiei:

$$r_e = \frac{2 \cdot b}{\pi} \quad (3)$$

în care b reprezintă lățimea barei rectangulare.

1.3. Prize cu electrozi dispuși în configurații diferite

Rezistența unei astfel de prize de pământ se poate calcula conform expresiei:

$$R_p = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_t} \cdot \ln \frac{B \cdot l^2}{2 \cdot h \cdot r_e} \quad (4)$$

în care:

ρ – rezistivitatea solului în care este realizată priza de pământ;

l – lungimea unui electrod;

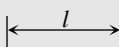
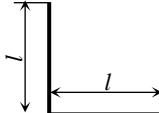

l_t – suma lungimilor tuturor electrozilor;

r_e – raza echivalentă a profilului electrodului – se calculează cu relația (3);

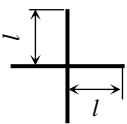
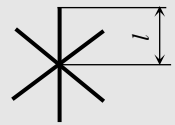
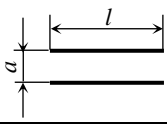
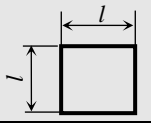
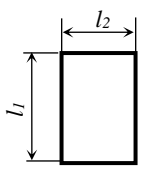
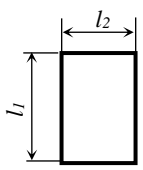
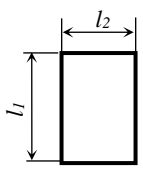
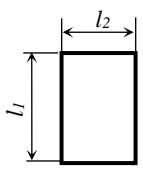
B – parametru de construcție, dependent de configurația prizei de pământ.

Valorile factorului B din relația (4), pentru diferite configurații geometrice ale prizelor de pământ de suprafață sunt date în tabelul 1.

Tabelul 1. Valorile factorului B pentru diferite configurații ale prizelor de pământ de suprafață

Priza de pământ		Factorul B din relația (4)
Denumirea	Proiecția orizontală (vedere de sus a electrozilor)	
Linie		1,00
Două brațe perpendiculare		1,46
Trei brațe simetrice		2,38

Electrosecuritate

Priza de pământ		Factorul B din relația (4)	
Denumirea	Proiecția orizontală (vedere de sus a electrozilor)		
Patru brațe simetrice		8,45	
Șase brațe simetrice		19,2	
Două brațe paralele		$\frac{l^2}{4 \cdot a^2}$	
Pătrat		5,53	
Dreptunghi, cu diferite rapoarte ale laturilor $l_1/l_2 = 1,5; 2; 3; 4$		1,5	5,81
		2	6,42
		3	8,17
		4	10,4

1.4. Prize cu electrod toroidal

Rezistența unei astfel de prize de pământ se poate calcula conform expresiei:

$$R_p = \frac{\rho}{4 \cdot \pi^2 \cdot r} \cdot \ln\left(\frac{8 \cdot r}{a}\right) \quad (5)$$

în care:

ρ – rezistivitatea solului în care este realizată priza de pământ;

a – raza secțiunii electrodului cilindric utilizat;

r – raza prizei realizate prin dispunerea toroidală a electrodului cilindric.

Parametri r și a din relația (5) pot fi identificați și din figura 1, prezentată mai jos:

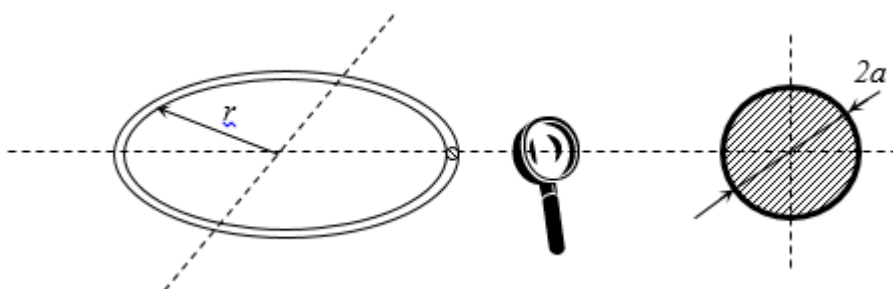


Fig.1. Dimensiunile unui electrod toroidal al unei prize de pământ

Electrosecuritate

1.5. Prize de pământ de tip rețea

Prizele de pământ sub formă de rețea sunt utilizate, în special, pentru realizarea prizelor de mare extindere, așa cum sunt cele ale stațiilor electrice.

Rezistența de dispersie a unui obiectiv poate fi aproximată cu ajutorul relației:

$$R_p = \frac{\rho}{4 \cdot r} + \frac{\rho}{l_t}, \quad (6)$$

în care:

r este raza electrozilor prizei de tip rețea;

l_t reprezintă suma lungimilor conductoarelor rețelei din care este realizată priza de pământ.

2. Aplicații numerice

Aplicația nr.1

Să se calculeze rezistența a trei prize de pământ de suprafață, realizate dintr-un electrod cilindric simplu, un electrod rectangular și un electrod toroidal, în condițiile în care cele trei prize sunt amplasate în mai multe tipuri de soluri, și anume din argilă, din pământ nisipos, respectiv din pietriș umed. Rezistivitățile specifice ale acestora sunt de 50 Ωm , 200 Ωm , respectiv 1000 Ωm .

Se consideră că lungimea electrodului cilindric și a celui rectangular este de 5 m, iar raza prizei toroidale este 5 m. Pentru toate cazurile electrozii sunt îngropați la o adâncime de 1 m.

Raza conductorului cilindric și lățimea barei rectangulare sunt de 40 mm, în timp ce raza conductorului dispus toroidal este 20 mm.

Valorile calculate ale rezistenței prizelor de pământ se vor completa în tabelul următor.

Tabelul 2 Valori calculate ale rezistenței prizei de pământ

Tipul solului	Rezistența prizei R_p [Ω]		
	1	2	3
Argilă			
Pământ nisipos			
Pietriș umed			
<i>Observație: cazurile 1 ÷ 3 corespund prizelor de pământ realizate din electrod cilindric, electrod rectangular, respective electrod toroidal.</i>			

Se vor face aprecieri vizavi de modul în care tipul electrodului utilizat influențează valoarea rezistenței de dispersie a prizei de pământ.

Aplicația nr.2

Să se calculeze rezistența unei prize de pământ realizate din electrozi dispuși în configurații diferite, conform celor din tabelul 1. Electrozii utilizați pentru realizarea prizelor au următoarele caracteristici:

Electrosecuritate

- Lungimea : 5 m;
- Lățimea: 40 mm;
- Adâncimea de îngropare: 1 m;
- Distanța dintre electrozi (pentru cazul 6 din tabelul 1 – priza cu două brațe paralele): 2 m;
- Lungimile electrozilor utilizați pentru priza dreptunghiulară (cazul 8 din tabelul 1) sunt de 5 m, respectiv 2,5 m.

Prizele sunt realizate în soluri de tip argilă, pământ nisipos, respectiv pietriș umed, rezistivitățile specifice ale acestora fiind de 50 Ω m, 200 Ω m, respectiv 1000 Ω m.

Valorile calculate ale rezistenței prizelor de pământ se vor completa în tabelul următor.

Tabelul 3. Valori calculate ale rezistenței prizei de pământ

Tipul solului	Rezistența prizei R_p [Ω] în funcție de tipul prizei considerate							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Argilă								
Pământ nisipos								
Pietriș umed								
<i>Observație: cazurilor 1 ÷ 8 corespund diferitelor configurații ale prizei de pământ propuse în tabelul 1.</i>								

Se vor comenta rezultatele obținute în vederea aprecierii modului în care configurații electrozilor influențează valoarea rezistenței de dispersie a prizei de pământ.