

Забезпечення безпеки людей від ураження електричним струмом при експлуатації машин

Для забезпечення безпеки людей від ураження електричним струмом при експлуатації машин необхідно здійснити заземлення пристроїв, корпуси яких у період експлуатації можуть опинитися під напругою. Для цього потрібно визначити допустимий опір заземлювального пристрою залежно від виду електроустановки і призначення заземлення згідно з «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЕ) за варіантами (табл. 8.1)

Таблиця 8.1 – Варіанти вихідних даних для розрахунку заземлення

Варіант	Грунт	ρ , Ом м	Розташу- вання електродів	$\frac{a}{l_e}$	l_e , м	d_e , м	Заземлення, доп. опір, Ом
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Пісок	1000	Уздовж контуру	1	3	0,06	Повторне 10
2	Супісок	400	У ряд	1	2,8	0,06	Повторне 10
3	Суглинок	150	У ряд	1	2,6	0,06	Захисне, 4
4	Глина	60	У ряд	1	2,4	0,06	Захисне, 4
5	Торф	30	У ряд	1	2,2	0,06	Захисне, 4
6	Кам'яни- стий	900	Уздовж контуру	1	2,0	0,06	Повторне 10
7	Пісок	1000	Уздовж контуру	1	3,1	0,05	Повторне 10
8	Супісок	400	Уздовж контуру	1	2,9	0,05	Повторне 10
9	Суглинок	150	У ряд	1	2,7	0,05	Захисне, 4
10	Глина	60	У ряд	1	2,5	0,05	Захисне, 4
11	Торф	30	У ряд	1	2,3	0,05	Захисне, 4
12	Кам'яни- стий	900	Уздовж контуру	2	2,1	0,05	Повторне 10
13	Пісок	1000	Уздовж контуру	2	2,8	0,04	Повторне 10
14	Супісок	400	У ряд	2	2,6	0,04	Повторне 10
15	Суглинок	150	У ряд	2	2,4	0,04	Захисне, 4

16	Глина	60	У ряд	2	2,2	0,04	Повторне 10
17	Торф	30	У ряд	2	2,0	0,04	Захисне, 4
18	Кам'яни- стий	900	Уздовж контуру	2	1,8	0,04	Повторне 10
19	Кам'яни- стий	900	Уздовж контуру	2	2,1	0,05	Повторне 10
20	Торф	30	У ряд	1	2,2	0,06	Захисне, 4

Одним з найбільш важливих технічних заходів забезпечення електробезпеки можна вважати захисне заземлення і занулення.

Існують штучні заземлювачі, призначені виключно для заземлення електрообладнання, і природні струмопровідні – предмети, що містяться в землі, та комунікації іншого призначення.

Знаходимо із таблиці питомий опір ґрунту за таблицею 8.2.

Таблиця 8.2 – Питомий опір ґрунту

Ґрунт	Значення питомого опору, Ом·м
Пісок	400–700
Супісок	150–400
Суглинок	140–150
Глина	8–70
Торф	10–30
Кам'янистий ґрунт	500–800

Наводимо схему розташування (рис. 8.1) в ґрунті одного вертикального заземлювача (електрода), вказуємо всі розміри згідно з варіантом.

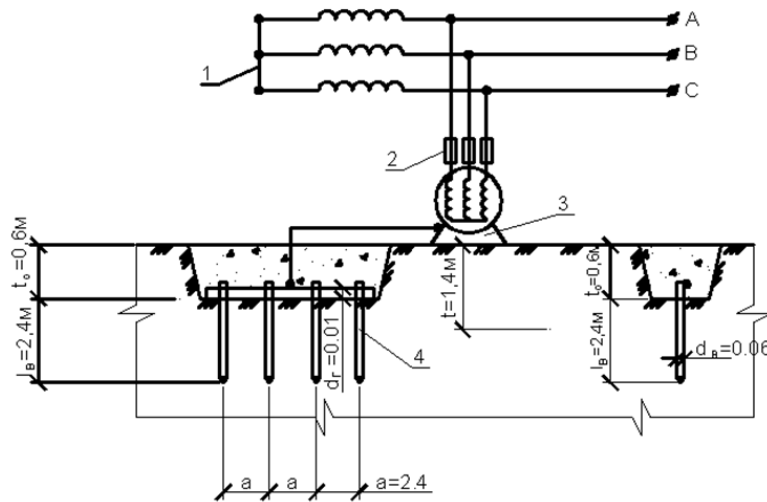


Рисунок 8.1 – Принципова схема захисного заземлення:

1 – ізольована нейтраль мережі; 2 – запобіжники; 3 – корпус електроустановки; 4 – заземлювальний пристрій

Визначаємо опір розтікання струму для одного заземлювача:

$$R'_B = 0.366 \frac{\rho}{l_B} \left(\lg \frac{2l_B}{d_B} + 0.5 \lg \frac{4t+l_B}{4t-l_B} \right) \quad (8.1)$$

де R'_B – опір розтікання струму в ґрунті для одного вертикального заземлювача, Ом;

ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м;

l_B – довжина заземлювача (електрода), м;

d_B – діаметр заземлювача, м;

t_0 – відстань від верхнього кінця заглибленого заземлювача до поверхні землі (глибина траншеї), приймається 0.6 (для всіх варіантів);

t – відстань від поверхні землі до середини заземлювача.

$$t = \frac{l_B}{2} + t_0, \text{ м} \quad (8.2)$$

Визначаємо орієнтовну кількість вертикальних заземлювачів (електродів), шт.:

$$n_{\text{ор}} = \frac{R'_B}{R_3^{\text{норм}}}, \text{ шт.}, \quad (8.3)$$

де $R_3^{\text{норм}}$ – допустиме (нормоване) значення опору заземлення, Ом.

Для захисного заземлення $R_3^{\text{норм}} = 4$ Ом, а для повторного заземлення нульового проводу $R_3^{\text{норм}} = 10$ Ом.

Знаходимо за таблицею 8.3 коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, який враховує ефект екранування, при обраному значенні $\frac{a}{l_b}$ розташуванні електродів у ряд або вздовж контуру, кількості заземлювачів $n_{\text{ор}}$.

Відношення відстані між електродами a до довжини електрода l_b може складати 1,2,3 (див. за варіантом) $\frac{a}{l_b} = 1; 2; 3$.

Визначаємо кількість заземлювачів (електродів) з урахуванням коефіцієнта використання η'_b , взятого з таблиці 8.3, для орієнтовної кількості заземлювачів $n_{\text{ор}}$, шт.

$$n = \frac{R'_b}{R_3^{\text{норм}} \cdot \eta'_b}, \text{ шт.} \quad (8.4)$$

Знаходимо опір розтікання струму для n вертикальних заземлювачів:

$$R_b = \frac{R'_b}{n \cdot \eta_b}, \text{ Ом} \quad (8.5)$$

де η_b – коефіцієнт використання заземлювачів, взятий з таблиці 8.3, для їх кількості n .

Таблиця 8.3 – Коефіцієнти використання вертикальних електродів, η_b

Кількість електродів n , шт.	Відношення відстані між електродами до їх довжини, $\frac{a}{l_b}$					
	1	2	3	1	2	3
	Електроди розміщені в ряд			Електроди розміщені вздовж контуру		
2	0,85	0,91	0,94	–	–	–
3	0,78	0,86	0,91	0,73	0,8	0,87
4	0,74	0,83	0,88	0,69	0,78	0,85

5	0,7	0,81	0,87	0,65	0,75	0,82
6	0,63	0,77	0,83	0,62	0,73	0,8
8	0,61	0,76	0,82	0,58	0,71	0,78
10	0,59	0,75	0,81	0,55	0,69	0,76
15	0,54	0,7	0,78	0,51	0,66	0,73
20	0,49	0,68	0,77	0,47	0,64	0,71
30	0,43	0,65	0,75	0,43	0,6	0,68
40	—	—	—	0,42	0,58	0,67
50	—	—	—	0,4	0,56	0,66
60	—	—	—	0,39	0,55	0,65
70	—	—	—	0,38	0,54	0,64
100	—	—	—	0,35	0,52	0,62

Визначаємо довжину з'єднувального металевго прута діаметром $d_r = 0.01\text{м}$, так званого горизонтального електрода, розташованого на глибині $t_0 = 0.6\text{м}$.

У випадку розташування вертикальних електродів у ряд, довжину з'єднувального металевго прута знаходимо за формулою:

$$l_r = 1.05a(n - 1) . \quad (8.6)$$

У випадку розташування електродів уздовж контуру, довжину з'єднувального металевго прута знаходимо за формулою:

$$l_r = 1.05 \cdot a \cdot n , \quad (8.7)$$

де l_r — довжина горизонтального електрода, м;

a — відстань між вертикальними електродами, яка дорівнює l_b ; $2l_b$; $3l_b$; (за варіантом);

n — кількість вертикальних електродів, шт.

Знаходимо опір розтіканню струму з'єднувального прута (горизонтального електрода) без урахування коефіцієнта використання η_r :

$$R'_\Gamma = 0.366 \frac{\rho}{l_\Gamma} \lg \frac{l_\Gamma^2}{d_\Gamma \cdot t_0}, \text{ Ом}, \quad (8.8)$$

де R'_Γ – опір розтіканню струму горизонтального електрода, Ом;

ρ – питомий опір ґрунту, Ом · м;

l_Γ – довжина горизонтального електрода, м;

d_Γ – діаметр горизонтального електрода, ($d_\Gamma = 0.01\text{м}$, для всіх варіантів);

t_0 – відстань від верхнього кінця заглибленого заземлювача до поверхні землі, ($t_0 = 0.6\text{м}$ для всіх варіантів).

За таблицею 10.4 знаходимо коефіцієнт використання горизонтального електрода η_Γ залежно від прийнятої кількості вертикальних заземлювачів (електродів) n відношення відстані a між вертикальними електродами до їх довжини дорівнює $l_\text{в}$; $2l_\text{в}$; $3l_\text{в}$; (за варіантом), розташування вертикальних електродів у ряд, або вздовж контуру.

Таблиця 8.4 – Коефіцієнти використання горизонтального електрода, η_Γ

Кількість електродів n , шт.	Відношення відстані між електродами до їх довжини, $\frac{a}{l_\text{в}}$					
	1	2	3	1	2	3
	Електроди розміщені в ряд			Електроди розміщені уздовж контуру		
2	0,83	0,95	0,98	–	–	–
3	0,8	0,92	0,95	0,48	0,59	0,73
4	0,77	0,89	0,92	0,45	0,55	0,7
5	0,74	0,86	0,9	0,42	0,51	0,67
6	0,71	0,83	0,88	0,4	0,48	0,64
8	0,66	0,79	0,85	0,36	0,43	0,6
10	0,62	0,75	0,82	0,34	0,4	0,56
15	0,5	0,64	0,74	0,3	0,36	0,5
20	0,42	0,56	0,68	0,27	0,32	0,45
30	0,31	0,46	0,58	0,24	0,3	0,41
40	–	–	–	0,22	0,29	0,39
50	–	–	–	0,21	0,28	0,37
60	–	–	–	0,2	0,27	0,36
70	–	–	–	0,2	0,26	0,35
100	–	–	–	0,19	0,24	0,33

Визначаємо опір розтіканню струму горизонтального електрода з урахуванням коефіцієнта використання:

$$R_{\Gamma} = \frac{R'_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}}, \text{ Ом} . \quad (8.9)$$

Обчислюємо загальний опір заземлювального пристрою:

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{R_B + R_{\Gamma}}, \text{ Ом} . \quad (8.10)$$

Отримане значення опору заземлення не повинне перевищувати допустиме значення $R_3^{\text{норм}}$ (для захисного заземлення $R_3^{\text{норм}} = 4 \text{ Ом}$, а для повторного заземлення нульового проводу $R_3^{\text{норм}} = 10 \text{ Ом}$):

$$R_3 \leq R_3^{\text{норм}} .$$

Оскільки кількість вертикальних електродів приймалась орієнтовно, одержане значення опору заземлення може бути більше або значно менше за допустиме за ПУЕ. У цьому випадку необхідно відповідно збільшити або зменшити кількість вертикальних заземлювачів (електродів) і повторити розрахунок.