



Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет енергетики, робототехніки та
комп'ютерних технологій

Кафедра електропостачання та енергетичного
менеджменту

ОХОРОНА ПРАЦІ У ГАЛУЗІ. ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

**Методичні вказівки до виконання практичної роботи
«Розрахунок заземлюючого пристрою електроустановок»
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
денної та заочної форм навчання зі спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

**Харків
2023**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Факультет енергетики, робототехніки та
комп'ютерних технологій**

**Кафедра електропостачання та енергетичного
менеджменту**

ОХОРОНА ПРАЦІ У ГАЛУЗІ. ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Методичні вказівки до виконання практичної роботи
«Розрахунок заземлюючого пристрою електроустановок»
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
денної та заочної форм навчання зі спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Затверджено рішенням
науково-методичної ради
факультету енергетики,
робототехніки та
комп'ютерних
технологій
Протокол № 3
від 22 лютого 2023 року

Харків
2023

УДК 620.311

Схвалено на засіданні кафедри
електропостачання та енергетичного менеджменту
Протокол №7 від 8.02.2023 р.

Рецензенти:

С. О. Тимчук, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ДБТУ.

Ю. М. Хандола, канд. техн. наук, зав. кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ.

Охорона праці у галузі. Електробезпека: Методичні вказівки до виконання практичної роботи «Розрахунок заземлюючого пристрою електроустановок» студентами другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навч., спец.: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»; Державний біотехнологічний університет; упоряд.: В. Г. Пазій, О. О. Мірошник – Харків: 2023. – 20 с.

Методичні вказівки включають інформацію про призначення та вимоги до заземлюючих пристроїв, методику розрахунку заземлюючого пристрою трансформаторної підстанції, а також вихідні дані по варіантах для виконання завдання. Виконання практичної роботи допоможе майбутнім фахівцям оволодіти основами розрахунку заземлюючого пристрою.

Видання призначене для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

УДК 620.311

Відповідальний за випуск: **О. О. Мірошник**, д-р техн. наук

© Пазій В.Г., Мірошник О.О. 2023.

© ДБТУ, 2023

Мета роботи: Набуття практичних навичок з розрахунку заземлюючого пристрою електроустановок за допомогою персонального комп'ютера (ПК).

ПРОГРАМА РОБОТИ

1. Виконати розрахунки контуру заземлення за вихідними даними у відповідності до свого варіанту. Розрахунок провести за допомогою електронних таблиць MS EXEL.
2. Провести оптимізаційні розрахунки, якщо з першого разу не вдалося досягти забезпечення допустимого опору заземлюючого пристрою).
3. Накреслити план розміщення заземлюючого пристрою.
4. Зробити висновки та оформити звіт по роботі.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Заземлення – це виконання електричного з'єднання між визначеною точкою системи, установки чи обладнання і землею. З'єднання з землею може бути навмисним, ненавмисним і випадковим; а також постійним і тимчасовим. Заземлення в електроустановках (ЕУ) може бути: захисним і функціональним (робочим).

Захисне заземлення – це заземлення точки або точок системи, установки або обладнання з метою забезпечення електробезпеки.

Функціональне (робоче) заземлення – це заземлення точки або точок системи, установки або обладнання з метою, що не обов'язково пов'язана з електробезпекою. Найчастіше – це заземлення нейтральної або середньої точки джерела живлення або заземлення з метою забезпечення електромагнітної сумісності. У відповідності з ПУЕ захисне заземлення виконується у таких випадках:

- для ЕУ з $U_{ном} \geq 380$ В змінного та $U_{ном} \geq 440$ В постійного струму;
- для ЕУ, розміщених у приміщеннях з підвищеною і особливою небезпекою та поза приміщеннями при $U_{ном}$ понад 42 В змінного струму і понад 110 В постійного струму;

- для вибухонебезпечних ЕУ при будь-якій напрузі змінного чи постійного струму. Призначення захисного заземлення: захист від напруги дотику, тобто від напруги на корпусі електроустановки (при пошкодженні робочої ізоляції і переході напруги на металевий корпус) відносно землі.

ВИХІДНІ ДАНІ

№	L _{ПЛ} , км	L _{КЛ} , км	V ₁ , кВ	V ₂ , кВ	Вид грунту	Розміри об'єкта А x В, м	Глибина t, м	Вид ЗП	Кліматичний район	L _В , м	Матеріал електродів	
											Вертик.	Горизонт.
1	15	5	35	0,38	Пісок	18 x 8	0,7	Контурний	IV	2,5	Кутник сталевий 50x50x5 мм	Смуга сталева 40x4 мм
2	20	-	20	0,38	Супісок	15 x 10	0,6	Рядний	III			
3	-	3	10	0,38	Щебінь	10 x 8	0,7	Контурний	II			
4	5	1	6	0,38	Суглинок	12 x 10	0,7	Рядний	I			
5	3	-	3	0,38	Чорнозем	10 x 10	0,6	Контурний	II	5	Кругляк сталевий Ø = 12	Прут сталевий Ø = 10
6	-	5	35	0,66	Глина	18 x 10	0,5	Рядний	III			
7	9	1	10	0,66	Щебінь	15 x 10	0,7	Контурний	III			
8	15	1	20	0,66	Торф	16 x 8	0,5	Рядний	IV			
9	8	2	10	0,66	Пісок	15 x 8	0,6	Контурний	IV	3	Кутник сталевий 60x60x6 мм	Прут сталевий Ø = 12
10	6	-	6	0,66	Супісок	12 x 8	0,7	Рядний	III			
11	-	2	3	0,66	Щебінь	10 x 9	0,7	Контурний	II			
12	25	1	35	0,22	Суглинок	20 x 10	0,6	Рядний	I			
13	10	5	20	0,22	Чорнозем	15 x 12	0,5	Контурний	I	2,5	Труба сталева Ø = 60	Смуга сталева 40x4 мм
14	10	-	10	0,22	Глина	15 x 8	0,5	Рядний	II			
15	-	6	6	0,22	Торф	12 x 6	0,6	Контурний	III			
16	2	-	3	0,22	Пісок	10 x 10	0,7	Рядний	IV			
17	-	10	20	0,38	Супісок	15 x 12	0,7	Контурний	IV	3	Кутник сталевий 75x75x8 мм	Смуга сталева 40x4 мм
18	4	5	10	0,38	Щебінь	16 x 10	0,6	Рядний	III			
19	5	-	6	0,38	Суглинок	10 x 8	0,5	Контурний	II			
20	-	2,5	3	0,38	Чорнозем	12 x 10	0,5	Рядний	I			
21	15	4	20	0,66	Глина	18 x 10	0,6	Контурний	I	6	Кругляк сталевий Ø = 15	Прут сталевий Ø = 12
22	9	1	10	0,66	Торф	18 x 8	0,7	Рядний	IV			
23	4	2	6	0,66	Пісок	16 x 10	0,7	Контурний	III			
24	1	2	3	0,66	Супісок	12 x 8	0,6	Рядний	II			
25	5	5	10	0,22	Щебінь	15 x 12	0,5	Контурний	I	5	Кругляк стал. Ø = 16	Смуга стал. 40x4 мм
26	3	3	6	0,22	Суглинок	12 x 10	0,5	Рядний	I			
27	5	1	3	0,22	Глина	15 x 12	0,5	Контурний	II			
28	6	-	10	0,38	Торф	15 x 8	0,5	Рядний	III			

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Для розрахунку заземлюючого пристрою (ЗП) в електроустановках (ЕУ) з ізольованою нейтраллю (ІН) необхідно:

- 1) визначити розрахунковий струм замикання на землю (I_3) і опір ЗП (R_3);
- 2) визначити розрахунковий питомий опір ґрунту (ρ_p);
- 3) вибрати та розрахувати параметри заземлюючих електродів;
- 4) розмістити ЗП на плані та уточнити фактичний опір ЗП.

1) Визначення розрахункового струму замикання на землю і опору ЗП

Розрахунковий (ємнісний) струм замикання на землю визначається (приблизно) за формулою:

$$I_3 = \frac{V_n (35L_{кл} + L_{пл})}{350}, \text{ А} \quad (1)$$

де V_n – номінальна лінійна напруга мережі, кВ;

$L_{кл}$, $L_{пл}$ – довжина кабельних і повітряних електрично зв'язаних ліній, км.

Згідно ПУЕ у будь-яку пору року в електроустановках понад 1000 В опір заземлення повинен становити не більше 10 Ом і обчислюється за формулою:

$$R_3 \leq \frac{250}{I_3}, \text{ Ом} \quad (2)$$

де R_3 – опір заземлюючого пристрою, Ом;

I_3 – розрахунковий струм замикання на землю, А (не більше 500 А).

В електроустановках з ІН напругою до 1000 В опір заземлення повинен становити не більше 4 Ом і обчислюється за формулою:

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3}, \text{ Ом} \quad (3)$$

За цією ж формулою розраховують значення R_3 , якщо ЗП виконується спільним для мереж до 1кВ і понад 1 кВ.

При потужності джерела менше 100 кВА – допускається збільшення значення опору заземлення, але не більше 10 Ом.

При суміщенні ЗП різних напруг приймається R_z найменше з потрібних значень (табл. 1).

Таблиця 1 – Найбільші допустимі значення R_z для трифазних мереж

Напруга мережі, кВ	Режим нейтралі	Найбільший допустимий опір заземлення R_z , Ом	Вид заземлюючого пристрою
110 і вище	Заземлена	0,5	Заземлення
3...35	Ізольована	10	
0,66	Глухо заземлена	2	Занулення
0,38		4	
0,22		8	
0,66; 0,38; 0,22	Ізольована	4	Заземлення

Примітка. При питомому електричному опору ґрунту понад 100 Ом·м допускається збільшувати вказані вище значення в 0,01 ρ разів, але не більше 10-кратного, тобто:

$$R_z = R_z' \frac{\rho}{100} \text{ (якщо } \frac{\rho}{100} \leq 10) \quad (4)$$

де ρ – питомий опір ґрунту, Ом·м (вихідні дані та табл. 3).

Якщо використовуються природні заземлення, то опір штучних заземлюючих пристроїв розраховується за формулою:

$$R_{zn} = \frac{R_n R_z}{R_n - R_z}, \text{ Ом} \quad (5)$$

де R_{zn} – опір штучного заземлюючого пристрою, Ом;

R_n – опір природнього заземлення, Ом.

Опір природнього заземлення залізобетонних фундаментів будинку, зв'язаних між собою металевими конструкціями, визначається за формулою:

$$R_n = \frac{\rho}{\sqrt{S}}, \text{ Ом} \quad (4)$$

де $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (суглинок);

S – площа, обмежена периметром будівлі, м^2 .

Якщо природні заземлення не використовуються, то приймаємо:

$$R_{3n} = R_3. \quad (5)$$

2) Визначення розрахункового питомого опору ґрунту ρ_p

$$\rho_p = K_{сез} \rho, \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (6)$$

де ρ_p – розрахунковий питомий опір ґрунту, $\text{Ом} \cdot \text{м}$;

$K_{сез}$ – коефіцієнт сезонності, що враховує промерзання й просихання ґрунту. Даний коефіцієнт є функцією від таких параметрів: $K_{сез} = F$ (кліматична зона, вид заземлювачів) і приймається за табл. 2.

ρ – питомий опір ґрунту, виміряний при нормальній вологості, $\text{Ом} \cdot \text{м}$, приймається за табл. 3.

Розрахунковий опір ґрунту визначаємо окремо для вертикального і для горизонтального заземлювачів $\rho_{pв}$ і $\rho_{pг}$

Таблиця 2 – Коефіцієнти сезонності, $K_{сез}$

Кліматична зона	Вид заземлювача		Додаткові відомості
	Вертикальний	Горизонтальний	
I	1,9	5,8	Глибина закладання вертикальних заземлювачів 0,5...0,7 м
II	1,7	4,0	Глибина закладання горизонтальних заземлювачів 0,3...0,8 м
III	1,5	2,3	
IV	1,3	1,8	

Примітка. Зона I має найбільш холодний, IV – теплий клімат.

Таблиця 3 – Питомий опір ґрунту (ρ)

Вид ґрунту	Торф	Глина, садова земля	Чорнозем	Суглинок	Кам'яниста земля, щебінь	Супісок	Пісок з галького
$\rho, \text{ Ом} \cdot \text{м}$	20	40	50	100	200	300	800

3) Вибір і розрахунок параметрів заземлюючих електродів

Якщо вид, розміри і матеріал електродів не заданий в умовах завдання, то їх вибір здійснюється за табл. 4.

Опір одиночного вертикального заземлюючого електроду наближено визначається за формулою:

$$r_e = 0,3\rho_p, \text{ Ом.} \quad (7)$$

Таблиця 4 – Рекомендовані електроди

Вид електроду	Розміри, мм	Довжина L , м	Глибина закладання t , м
Кутник сталевий	50 × 50 × 5	2,5...3	0,5...0,7
	60 × 60 × 6		
	75 × 75 × 8		
Кругляк сталевий	Ø 12...16	5...6	
Труба сталева	Ø 60	2,5	
Смуга сталева	40 × 4	Розрахункова	
Прут сталевий	Ø 10...12		

Необхідна розрахункова кількість вертикальних заземлювачів без урахування екранування визначається за формулою:

$$N'_e = \frac{r_e}{R_{зп}}, \text{ шт.} \quad (8)$$

Значення кількості вертикальних електродів з урахуванням екранування:

$$N_e = \frac{N'_e}{\eta'_e}, \text{ шт.} \quad (9)$$

де η'_e – попереднє значення коефіцієнта використання вертикальних заземлювачів.

Даний коефіцієнт визначається по табл. 5, враховуючи такі вихідні дані:

- тип ЗП (контурний чи рядний);
- вид заземлюючого електроду (вертикальний чи горизонтальний);
- a , відстань між вертикальними заземлювачами, м;
- L_B , довжина вертикального заземлювача, м;
- N_B , кількість вертикальних заземлювачів, шт.

Таблиця 5 – Значення коефіцієнта використання електродів

N_B	$\frac{a}{L_B}$						Додаткові відомості
	1		2		3		
	η_v	η_z	η_v	η_z	η_v	η_z	
4	$\frac{0,69}{0,74}$	$\frac{0,45}{0,77}$	$\frac{0,78}{0,83}$	$\frac{0,55}{0,89}$	$\frac{0,85}{0,88}$	$\frac{0,7}{0,92}$	Чисельник – для контурного ЗП, а знаменник – для рядного
	6	$\frac{0,62}{0,63}$	$\frac{0,4}{0,71}$	$\frac{0,73}{0,77}$	$\frac{0,48}{0,83}$	$\frac{0,8}{0,83}$	
10		$\frac{0,55}{0,59}$	$\frac{0,34}{0,62}$	$\frac{0,69}{0,75}$	$\frac{0,4}{0,75}$	$\frac{0,76}{0,81}$	
	20	$\frac{0,47}{0,49}$	$\frac{0,27}{0,42}$	$\frac{0,64}{0,68}$	$\frac{0,32}{0,56}$	$\frac{0,71}{0,77}$	
30		$\frac{0,43}{0,43}$	$\frac{0,24}{0,31}$	$\frac{0,6}{0,65}$	$\frac{0,3}{0,46}$	$\frac{0,68}{0,75}$	

4) Розміщення заземлюючого пристрою на плані та уточнення опору ЗП

За отриманими результатами розміщуємо ЗП на плані (рис. 1) і уточнюємо відстані та наносимо їх на план. При цьому враховуємо, що ЗП закладається на відстані не менше 1 м від об'єкта. Також при розміщенні рядного ЗП для зменшення протяжності по території допускається непряма прокладка ЗП (рис. 1).

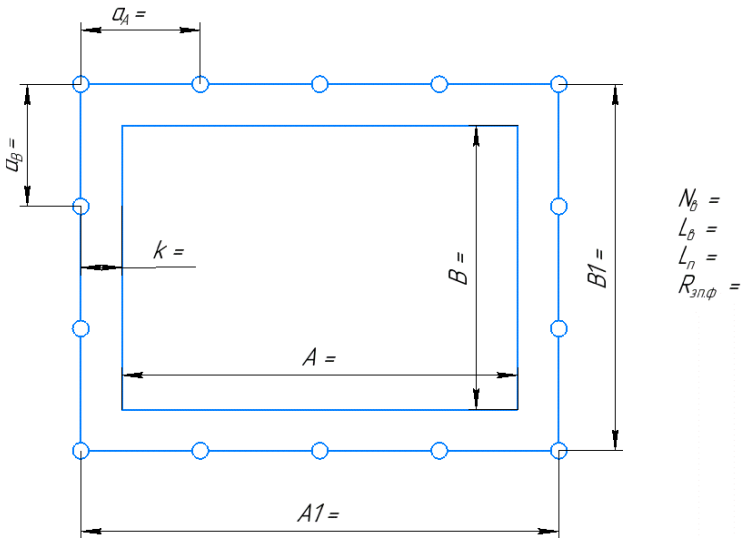
Розраховуємо довжину закладання ЗП по периметру, L_n :

$$L_n = 2A_1 + 2B_1 = 2(A + 2k) + 2(B + 2k), \text{ м} \quad (10)$$

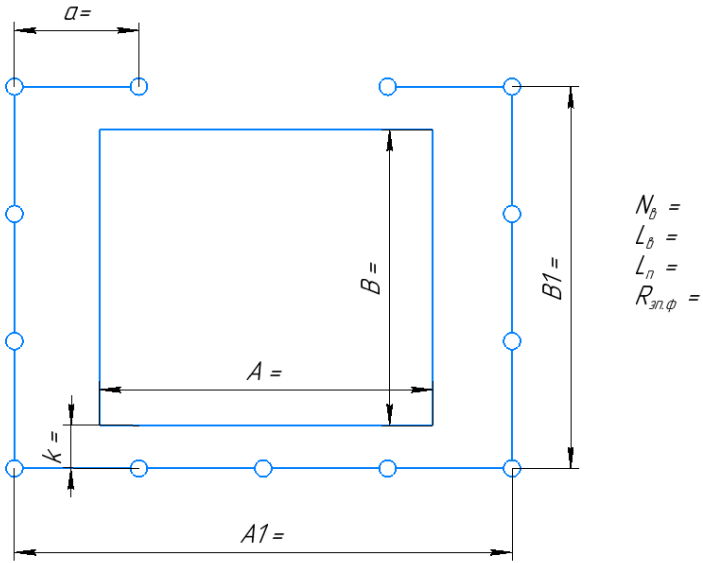
де A_1 і B_1 – розміри ЗП (довжина і ширина), м;

k – відстань від об'єкта до ЗП, м.

Відстань між електродами уточнюється з урахуванням форми об'єкта. По кутках встановлюють по одному вертикальному електроду, а решта – між ними. Для рівномірного розподілу електродів можна збільшити їх кількість в бік збільшення.



а) контурний заземлюючий пристрій



б) рядний заземлюючий пристрій

Рисунок 1 – План ЗП трансформаторної підстанції

Відстані між електродами визначаємо за формулами:

$$a_B = \frac{B_1}{q_B - 1}, \text{ м}; \quad a_A = \frac{A_1}{q_A - 1}, \text{ м} \quad (11)$$

де a_B – відстань між електродами по ширині об'єкта, м;

a_A – відстань між електродами по довжині об'єкта, м;

q_B – кількість електродів по ширині об'єкта, шт.;

q_A – кількість електродів по довжині об'єкта, шт.

Опір горизонтального електрода (смуги) визначається за формулою:

$$r_2 = \frac{0,4\rho_p}{L_n} \lg \frac{2L_n^2}{bt}, \text{ Ом} \quad (12)$$

де L_n – довжина периметру ЗП, м;

b – ширина смуги, з якої виготовлено горизонтальний електрод, м (для круглого горизонтального електрода $b = 1,1d$);

t – глибина закладання, м.

Уточнюємо опори електродів з урахуванням коефіцієнта використання:

$$R_{\epsilon} = \frac{r_{\epsilon}}{N_B \eta_{\epsilon}}; R_z = \frac{r_z}{\eta_z}, \quad (13)$$

де R_{ϵ} і R_z – опори вертикального й горизонтального електродів з урахуванням коефіцієнтів використання, Ом;

η_{ϵ} і η_z – коефіцієнти використання вертикального й горизонтального електродів. Дані коефіцієнти знаходимо з табл. 5. Для їх вибору, середнє значення відношення a/L_B розраховується за формулою:

$$\left(\frac{a}{L_B} \right)_{cp} = \frac{1}{2} \left(\frac{a_B + a_A}{3} \right). \quad (14)$$

Фактичне значення опору ЗП визначається за формулою:

$$R_{зп.ф} = \frac{R_{\epsilon} R_z}{R_{\epsilon} + R_z}, \text{ Ом} \quad (15)$$

При цьому необхідно, щоб виконувалась умова:

$$R_{зп.ф} < R_{зп} \quad (16)$$

Висновки по роботі

Висновок повинен містити дані про розраховану кількість вертикальних та горизонтальних заземлювачів, їх довжину, відстань між ними та матеріал виготовлення; розрахований фактичний опір заземлюючого пристрою.

Також у роботі повинен бути накреслений план ЗП підстанції по розрахованих даних.

Розрахунок зручно проводити в MS Excel. Приклад оформлення такого розрахунку наведено нижче.

Приклад оформлення розрахунку в MS Excel:

Вихідні дані для розрахунку

1. Номер варіанту	–
2. Довжина повітряної лінії $L_{пл}$, км	5
3. Довжина кабельної лінії $L_{кл}$, км	5
4. Напруга вищої сторони, V_1 , кВ	10
5. Напруга вищої сторони, V_2 , кВ	0,38
6. Вид ґрунту	Пісок
7. Питомий опір ґрунту (табл. 3), Ом·м	700
8. Довжина об'єкта (електроустановки), А, м	20
9. Ширина об'єкта (електроустановки), В, м	10
10. Глибина прокладки заземл. пристрою, т, м	0,7
11. Вид заземлюючого пристрою	Контурний
12. Кліматичний район	IV
13. Довжина вертикального електрода, $L_{\text{в}}$, м	3
14. Матеріал вертикального електрода	Кутник сталевий 50x50x5
15. Матеріал горизонтального електрода	Смуга сталева 40x4 мм

Розрахунки

1. Розраховуємо ємнісний струм замикання на землю:

$$\begin{aligned} \text{для сторони ВН} \quad I_z &= 5,142857 \text{ А} \\ \text{для сторони НН} \quad I_z &= 0,20 \text{ А} \end{aligned}$$

2. Визначаємо допустимий опір заземлення.

Оскільки ЗП буде спільним, то розрахунок проводимо за (3):

$$\begin{aligned} \text{для сторони ВН} \quad R_z &= 24,31 \text{ Ом} \\ \text{для сторони НН} \quad R_z &= 639,62 \text{ Ом} \end{aligned}$$

При суміщенні ЗП різних напруг приймаємо менше значення опору, тобто:

$$R_z = 24,31 \text{ Ом}$$

Згідно табл. 1 найбільше допустиме значення опору для даної ЕУ повинно бути:

$$R_z \leq 4 \text{ Ом}$$

Отже приймаємо $R_z \leq 4 \text{ Ом}$

3. Оскільки у нас питомий опір ґрунту становить:

$$\begin{aligned} \rho &= 700 \text{ Ом}\cdot\text{м} \\ \text{що є більше } 100 \text{ Ом}\cdot\text{м, отже змінюємо значення опору } R_z \text{ відповідно з (4)} \\ \text{Приймаємо } R_{\text{гр}} &= 28,0 \text{ Ом} \end{aligned}$$

4. Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту. Для цього за табл. 2 знаходимо коефіцієнти сезонності для вертикального та горизонтального заземлювачів.

$$\begin{aligned} \text{для вертикального } K_{\text{сез в}} &= 1,3 \\ \text{для горизонтального } K_{\text{сез г}} &= 1,8 \end{aligned}$$

Відповідні значення питомого опору:

$$\begin{aligned} \text{для вертикального } \rho_{\text{рв}} &= 910 \text{ Ом}\cdot\text{м} \\ \text{для горизонтального } \rho_{\text{рг}} &= 1260 \text{ Ом}\cdot\text{м} \end{aligned}$$

5. Визначаємо опір одиничного вертикального заземлюючого електроду:

$$r_z = \boxed{273} \text{ Ом}$$

6. Обчислюємо розрахункову кількість вертикальних заземлювачів:

$$N_v = \boxed{9,75} \text{ шт.}$$

7. Уточнюємо кількість заземлювачів з урахуванням попереднього коефіцієнта використання вертикальних заземлювачів:

$$\eta_z = \boxed{0,69} \text{ - приймаємо по табл. 5}$$

$$\text{При цьому } N_z = \boxed{14,13} \text{ шт.}$$

$$\text{Приймаємо } N_z = \boxed{16} \text{ шт.}$$

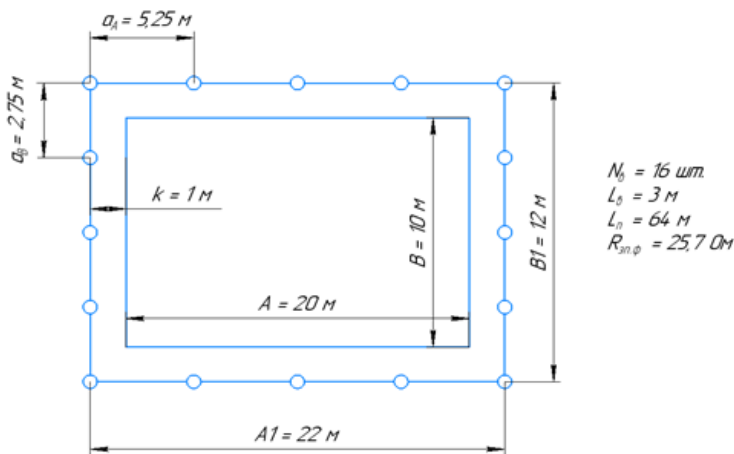
8. Визначаємо довжину периметру ЗП:

$$L_n = \boxed{64} \text{ м}$$

$$k = \boxed{1} \text{ м}$$

9. Креслимо план ЗП, де розміщуємо всі електроди.

Також на плані проставляємо всі розміри, кількості та значення.



10. За планом ЗП визначаємо кількість електродів по ширині та довжині:

$$\text{по ширині: } q_z = \boxed{5} \text{ шт.}$$

$$\text{по довжині: } q_z = \boxed{5} \text{ шт.}$$

11. Визначаємо відстані між електродами:

$$a_z = \boxed{2,75} \text{ м}$$

$$a_z = \boxed{5,25} \text{ м}$$

12. Опір горизонтального електрода

$$\begin{array}{l} r_r = \boxed{50,92} \text{ Ом} \\ b = \boxed{0,004} \text{ м} \end{array} \quad (\text{беремо з вихідних даних})$$

13. Визначаємо уточнене співвідношення a/L_b :

$$a/L_b = \boxed{1,33}$$

14. Для знаходження уточнених опорів визначаємо уточнені коефіцієнти використ. електродів:

$$\begin{array}{l} \text{для вертикального} \quad \eta_b = \boxed{0,55} \\ \text{для горизонтального} \quad \eta_r = \boxed{0,34} \end{array}$$

15. Обчислюємо уточнені опори електродів:

$$\begin{array}{l} R_b = \boxed{31,0} \text{ Ом} \\ R_r = \boxed{149,8} \text{ Ом} \end{array}$$

16. Визначаємо фактичне значення опору заземлюючого пристрою:

$$R_{\text{зн.ф}} = \boxed{25,70} \text{ Ом}$$

17. Перевіряємо виконання умови $R_{\text{зн.ф}} < R_{\text{зн}}$:

$$\boxed{25,70} < \boxed{28,0} \quad \text{- умова виконується}$$

Відповідь: заземлюючий пристрій об'єкта складається з:

Вертикальний заземлювач

Матеріал: Кутник сталевий 50x50x5

Кількість $N_b = \boxed{16}$ шт.

Довжина $L_b = \boxed{3}$ м

Відстань між $a_a = \boxed{5,25}$ м

електродами $a_b = \boxed{2,75}$ м

Горизонтальний заземлювач

Матеріал: Смуга сталевіа 40x4 мм

Довжина $L_n = \boxed{64}$ м

Фактичний опір ЗП $R_{\text{зн.ф}} = \boxed{25,70}$ Ом

Список літератури

1. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х.: Форт, 2017. – 760 с.
2. Електробезпека: навч. посіб. / О. В. Мірошник, О. О. Мірошник, І. М. Трунова [та ін.] за заг. ред. О. В. Мірошника. – Харків: Факт, 2011. – 176 с.
3. Шеховцов В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методичний посібник для курсового проектування. – М.: ФОРУМ: ИНФРЛ-М, 2005. – 214.
4. ДНАОП 1.1.10 – 1.07. – 01. Правила експлуатації електрозахисних засобів (укр). Введ. 05.06.2001. – Харків: Форт, 2003. – 119 с.

Зразок титульного листка практичної роботи

Державний біотехнологічний університет
Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерної інженерії
Кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту

ЗВІТ

до практичної роботи

Розрахунок заземлюючого пристрою електроустановок

Виконав студент
гр. 141-22м-01 (51-Ем ОНП)
Абрамов Абрам
Перевірів
Володимир Пазій

Харків, 2023

Навчальне видання

ОХОРОНА ПРАЦІ У ГАЛУЗІ. ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Методичні вказівки до виконання практичної роботи
Розрахунок заземлюючого пристрою електроустановок

Автори - укладачі:

ПАЗІЙ Володимир Григорович
МІРОШНИК Олександр Олександрович

Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.
Ум. друк. арк. 0,6. Наклад 100 пр.

Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44