

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Кафедра „Охорона праці та навколишнього середовища”

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПОРУ ЗАЗЕМЛЮВАЧІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи з курсу

«ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ»

Харків - 2011

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Охорона праці та навколишнього середовища» 8 грудня 2009 року, протокол № 11.

Рекомендуються для студентів усіх факультетів і форм навчання.

Укладачі:

асистенти Б.К. Гармаш, М.О. Мороз,
доц. Н.А. Губенко

Рецензент

проф. В.М. Сударський

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПОРУ ЗАЗЕМЛЮВАЧІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи з курсу
«ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ»

Відповідальний за випуск Гармаш Б.К.

Редактор Буранова Н.В.

Підписано до друку 14.04.10 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,5. Тираж 300. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

УКРАЇНЬСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Кафедра «Охорона праці та навколишнього середовища»

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПОРУ ЗАЗЕМЛЮВАЧІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи з курсу

«ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ»

для студентів усіх спеціальностей і форм навчання

Завідуючий кафедри ОТіОС

проф. М.І. Ворожбіян

Методичні вказівки розглянуті і одобрені на

засіданні методичної комісії ф-ту УПП

протокол № від р.

Голова МК

ст. викл. С. М.

Продащук

Декан факультету УПП

доц. Д.І. Мкртич'ян

автори

асист.

Гармаш Б.К.

асист.

Мороз М.О.

доц.

Губенко Н.А.

Харків – 2011

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «ОП та НС» 8 грудня 2009 року, протокол № 11.

Рекомендуються для студентів усіх факультетів і форм навчання.

Укладачі: асистенти Б.К. Гармаш, М.О. Мороз, доц. Н. А. Губенко

Рецензент проф. В.М. Сударський

1 МЕТА РОБОТИ:

- визначити опір одиночних та групових заземлювачів розтіканню електричного струму в залежності від їх форми та конструкції;
- визначити коефіцієнт використання групових заземлювачів;
- визначити питомий опір ґрунту;
- закріпити теоретичні положення з основних методів захисту людини від ураження електричним струмом.

2 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

2.1 Засоби захисту від ураження електричним струмом

Ураження людини електричним струмом можливе тоді, коли вона стане елементом замкнутого електричного кола, в якому через її тіло буде протікати струм небезпечної величини.

Причини ураження людини електричним струмом різноманітні. В електроустановках (ЕУ) напругою до 1000 В до них відносяться: випадковий дотик до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою; попадання під напругу через помилкове вмикання; дотик до неструмоведучих частин ЕУ, що виявилися під напругою внаслідок ушкодження ізоляції; попадання під крокову напругу та напругу дотику.

Перші дві причини виникають внаслідок недотримання правил електробезпеки, наступні - при аварійних ситуаціях.

Одним з основних засобів захисту людини від ураження електричним струмом в аварійних ситуаціях є влаштування захисного заземлення, занулення та ізоляції струмоведучих частин ЕУ [1-3].

2.2 Захисне заземлення електроустановок

Захисне заземлення — навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин ЕУ, що можуть опинитися під напругою. Дія захисного заземлення ЕУ заснована на зниженні напруги дотику людини та

величини електричного струму, що протікає через її тіло, до небезпечних величин. Це досягається навмисним значним зменшенням опору захисного заземлення (R_3) в порівнянні з електричним опором тіла людини, (опір тіла людини для забезпечення електробезпеки завжди приймається рівним $R_{\text{л}} = 1000 \text{ Ом}$). Завдяки такому співвідношенню опорів R_3 та $R_{\text{л}}$ струм замикання ЕУ (I_3) розподіляється між опором захисного заземлення і опором тіла людини обернено пропорційно цим опорам. Внаслідок цього через тіло людини протікає безпечна частина цього струму.

Заземлювальний пристрій — це сукупність конструктивно об'єднаних заземлювальних провідників та заземлювача.

Заземлювальний провідник — це провідник, який з'єднує заземлювальні об'єкти з заземлювачем. Якщо заземлювальний провідник має два або більше відгалужень, то він називається магістраллю заземлення.

Заземлювач — це сукупність з'єднаних провідників, які перебувають у контакті з землею або з її еквівалентом. Розрізняють заземлювачі на штучні, призначені виключно для заземлення, і природні — металеві предмети, які знаходяться в землі.

У трифазних мережах напругою до 1000 В захисне заземлення застосовується в ЕУ, що підключені до джерел електричного струму з ізольованою нейтраллю (рисунок 1).

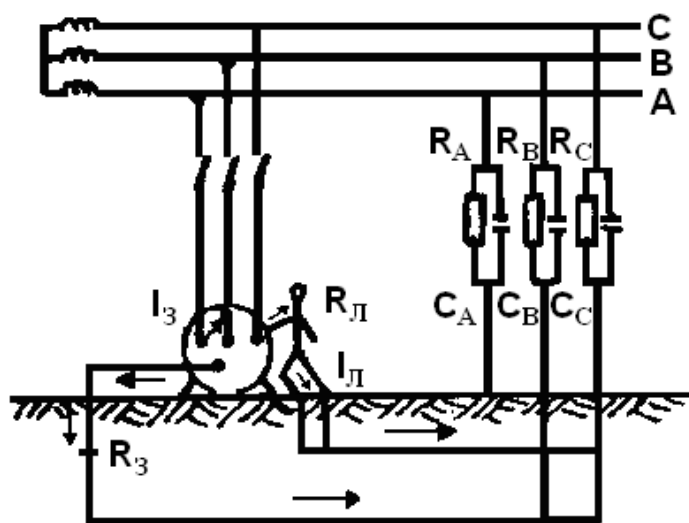


Рисунок 1 – Схема захисного заземлення

Згідно з положеннями нормативно-технічної документації, захисне заземлення електроустановок необхідно виконувати в таких виробничих ситуаціях [3]:

- при напрузі 380 В і вище змінного і 440 В і вище постійного струму в усіх випадках;
- при напрузі (42 - 380) В змінного і (110 - 440) В постійного струму при роботах в електроустановках, які розміщені у приміщеннях з підвищеною небезпекою та особливо небезпечних приміщеннях за ступенем ураження людини електричним струмом [6];
- у вибухонебезпечних приміщеннях при всіх напругах змінного і постійного струму.

Контроль за відповідністю електричного опору захисних заземлювальних пристроїв ЕУ їх нормативним величинам обов'язково проводять перед введенням їх в експлуатацію та щорічно.

2.3 Захисне занулення

Занулення – це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою. Це основний засіб захисту від ураження людей струмом у випадку дотику до корпусу електрообладнання та до металевих конструкцій, які опинились під напругою внаслідок пошкодження ізоляції або однофазового короткого замикання в електроустановках напругою до 1000 В у мережі із заземленою нейтраллю. Призначення занулення таке саме, як і заземлення – це усунути небезпеку ураження людей струмом при пробиванні фази на корпус.

Це досягається автоматичним вимкненням пошкодженої установки з електричної мережі. Принцип дії занулення — перетворення пробивання на корпус в однофазове коротке замикання з метою викликати струм великої сили, здатний забезпечити спрацювання захисту і завдяки цьому автоматично відключити пошкоджену установку від електричної мережі. При пробиванні фази на корпус струм йде через трансформатор, фазовий провід, запобіжник, корпус електроустановки та нульовий дріт. З огляду на те, що опір при короткому замиканні

малий, струм досягає значних величин і захисний пристрій спрацьовує. Для того щоб відбулося швидке та надійне вимкнення, необхідно, щоб струм короткого замикання перевищував струм установки вимкненого апарата.

2.4 Ізоляція струмоведучих частин електроустановок

Значна кількість уражень людини електричним струмом в ЕУ напругою до 1000 В пов'язана з пошкодженням ізоляції струмоведучих частин. Такі пошкодження виникають в результаті механічного впливу, природного старіння і т. ін.

Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 електрична ізоляція розділяється на робочу, додаткову, подвійну і посилену.

Надійність ізоляції струмоведучих частин ЕУ забезпечується такими заходами:

- правильним вибором ізоляційного матеріалу, який повинен виготовлятися з урахуванням умов навколишнього середовища та експлуатації (напруги живлення ЕУ, категорії виробничого приміщення за ступенем ураження людини електричним струмом і т. ін.);

- захистом від механічних пошкоджень;

- проведенням приймально-здавальних випробувань відповідно до вимог ПУЕ;

- систематичним контролем за станом ізоляції з проведенням обов'язкових періодичних випробувань величини її електричного опору відповідно до вимог ПТЕ і ПБЕЕС. Так, періодична перевірка величини опору ізоляції здійснюється в електроустановках напругою до 1000 В не менше одного разу на рік у нормальних виробничих приміщеннях і не менше двох разів на рік у сирих приміщеннях і в приміщеннях з їдкими парами і газами по відношенню до матеріалу, з якого виготовлена ізоляція. В цих випадках для визначення електричного опору ізоляції використовують вимірювальні прилади - мегомметри.

2.5 Опір заземлювачів

Струм, який проходить через заземлювач у землю, долає опір, що названий опором заземлювача розтіканню електричного

струму. Його умовно можна поділити на три частини: опір самого заземлювача, прохідний опір між заземлювачем і ґрунтом та опір ґрунту. Електричний опір 1 см³ ґрунту, який чиниться проходженню струму, має назву питомого опору ґрунту. Найбільший опір розтіканню струму чинять шари землі, які лежать неподалік від заземлювача, тому що струм проходить по малому перетину, завдяки тому в тих точках мають місце найбільші падіння напруги. На відстані більше 20 м від одиночного заземлювача або місця замикання на землю перетин провідника (землі) стає таким великим, що густина струму практично може бути прийнята рівною нулю.

Отже, і поле розтікання можна вважати уявним об'ємом напівсфери радіусом 20 м (рисунок 2).

Аналіз розрахункових формул, практичні заміри показують, що опір одиночного заземлювача залежить від форми заземлювача, його розташування в землі, його довжини та діаметра, від питомого опору ґрунту.

Опір групового заземлювача при дуже великих відстанях між одиночними заземлювачами (практично більше 40 м) визначається у випадку паралельного з'єднання активних заземлювачів та для одиночних заземлювачів; опір ґрунтового заземлювача визначається:

$$R_{\infty} = \frac{R_0}{n}, \quad (1)$$

де R_0 – опір одиночного заземлювача, Ом;

n – кількість одиночних заземлювачів.

На відстані між одиночними заземлювачами менше 40 м проходить взаємодія полів розтікання струму, внаслідок чого у спільних ділянках землі, якими проходять струми декількох одиночних заземлювачів, зростає щільність струму.

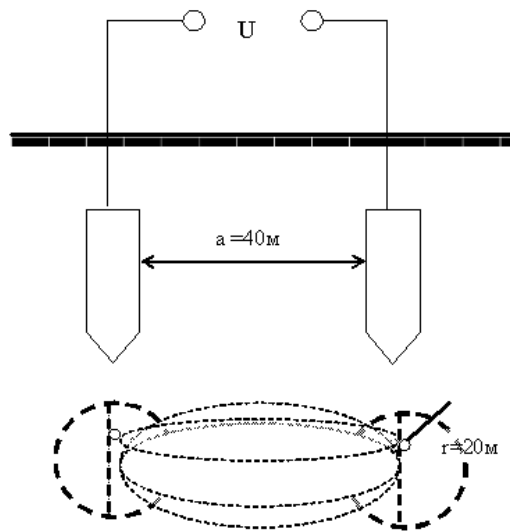


Рисунок 2 – Схема розтікання струму

Це явище, яке рівноцінне зменшенню перетину землі, приводить до збільшення опору заземлювачів у цілому. Коефіцієнт використання групових заземлювачів залежить від відстані між електродами, від конфігурації заземлювача. Тому дійсне значення опору групового заземлювача буде

$$R_{gp} = \frac{R_{\infty}}{\eta}, \quad (2)$$

де η – коефіцієнт використання групового заземлювача з урахуванням виразу (1).

$$R_{gp} = \frac{R_{\infty}}{n\eta}, \quad \text{звідки} \quad \eta = \frac{R_o}{nR_{gp}}. \quad (3)$$

Примітка – $R_0 = R_3 = R_{12}$, тому що $l_0 = l_3 = l_{12}$, $d_0 = d_3 = d_{12}$.

3 ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ ЗАЗЕМЛЮВАЧІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ОММЕТРА М 416

Щоб виміряти опір заземлювача, необхідні два допоміжних заземлювача (рисунок 2): потенційний R_n (зонд) та струмовий R_t , які розташовуються від випускаючого заземлювача R_n на вказаних на рисунку відстанях.

Як допоміжні заземлювачі можуть бути використані сталеві стрижні (труби) діаметром не менше 0,5см та довжиною 0,75 – 1 м.

Замір проводиться за однією зі схем (рисунок 3), у залежності від величини заміряних опорів та належної точності вимірів.

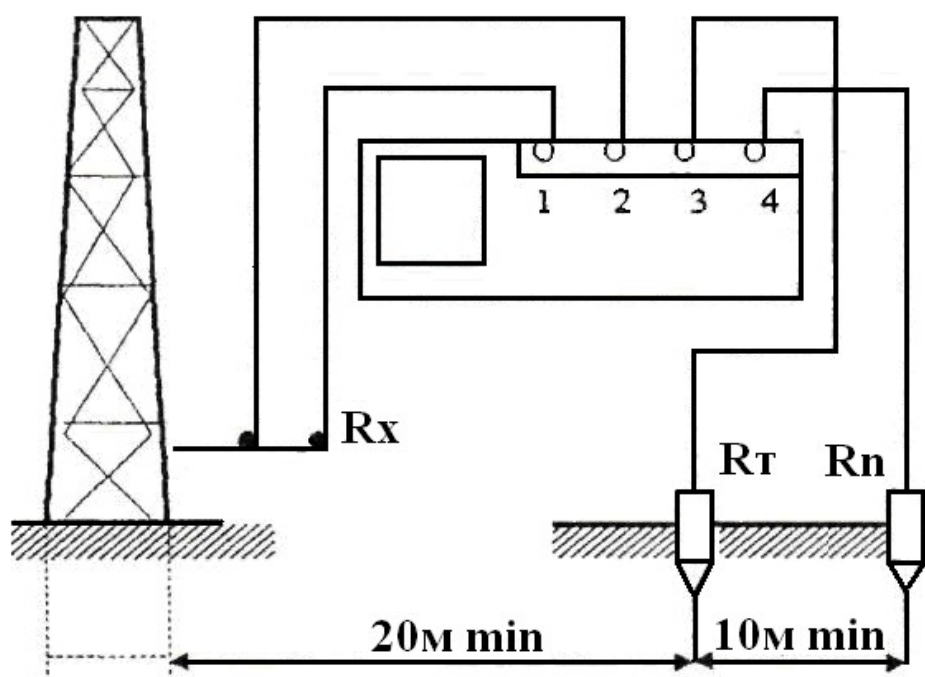


Рисунок 3 – Схема розташування заземлювачів

Вимірювач розташовують якомога ближче до випробовуваного заземлювача.

Усі з'єднання слід робити ізольованими провідниками, які пролягають по землі.

Омметр М-416 призначений для того, щоб виміряти опір заземлювальних пристроїв, активних опорів, а також може використовуватись для визначення питомого опору ґрунту.

Межа вимірювання – від 0,1 до 1000 Ом.

Прилад має чотири діапазони вимірювання:

0,1 - 10 Ом

0,5 - 20 Ом

2 -	200 Ом
10 -	1000 Ом

Схема приладу складається з трьох функціональних вузлів:

- а) джерела постійної напруги;
- б) перетворювача постійного струму у змінний (генератор);
- в) вимірювального приладу.

Реохорд має цифровану шкалу, що дозволяє безпосередньо визначати вимірюваний опір.

Для вмикання вимірюваного опору, допоміжного заземлювача та зонда на приладі є чотири затискачі, які позначені цифрами 1, 2, 3, і 4.

Для грубих вимірювань опору заземлювача та вимірювань великих опорів затискачі 1 та 2 з'єднують перемичкою, прилад підключають до вимірюваного об'єкта за тризатискною схемою.

Вимірювання проводяться в такій послідовності:

перемикач “У” встановити в позицію “Х”. Натискуючи кнопку та прокручуючи ручку “Реохорд”, треба досягти максимального наближення стрілки індикатора до нульової позначки. Результат вимірювання знайти, як добуток показників шкали реохорда та множника. Якщо виміряний опір буде більшим за 100 Ом, перемикач установити в позицію “Х₅”, “Х₂₀” або “Х₁₀₀”.

4 ВИМІРЮВАННЯ ПИТОМОГО ОПОРУ ҐРУНТУ

Вимірювання питомого опору ґрунту омметром М 416 може проводитись за допомогою двох методів.

Перший метод – метод контрольного електрода.

В ґрунт, що перевіряється, забивається контрольний електрод таких розмірів, які припускають у майбутнього заземлювача. Допоміжний електрод та зонд розташовують так, як і у випадку вимірювання одиничного заземлювача.

Після цього вимірюється опір контрольного електрода, а питомий опір обчислюють за формулою

$$R_{\text{вим}} = 2\pi R \frac{1}{\ln \frac{4l}{d}},$$

де R_1 – вимірюваний опір електрода розтікання струму, Ом;

l – довжина частини електрода, яка розташована в землі, м;
 d – діаметр електрода труби, м.

Якщо контрольний електрод занурити у ґрунт на глибину, то питомий опір обчислюють за формулою:

$$\rho = 2\pi R_1 \frac{1}{\ln \frac{2l}{d} + 0,5 \ln \frac{4t+l}{4t-l}}$$

Другий метод – метод чотирьох електродів.

В ґрунт, що перевіряється, забиваються по прямій лінії чотири стержні на однаковій відстані один від одного. Глибина забивання стержня не більше $1/20$ від відстані.

Затискачі вимірювача М 416 “ I_1 ” та “ I_2 ” вмикаються до крайніх стержнів затискачами “ I_1 ” та “ E_1 ”, E_1 повинен бути розімкнений.

Питомий опір ґрунту обчислюють за формулою

$$R_{\text{вим}} = 2\pi a R_3,$$

де R_3 – опір, що виміряний за схемою, Ом;

a – відстань між електродами (у нашому випадку вона дорівнює 4 м).

Глибина занурення електродів

$$\frac{a}{20} = \frac{4}{20} = 0,2 \text{ м.}$$

Лабораторний стенд (рисунок 4) моделює опір різних за геометричними параметрами одиночних та групових заземлювачів.

В таблиці 1 вказані довжина та діаметр заземлювачів, а для групових заземлювачів, крім цього, вказані відстані між одиночними заземлювачами та їх взаємне розміщення (у лінію або по контуру).

Лабораторний стенд укомплектований омметром М 416 та з'єднувальними дротами.

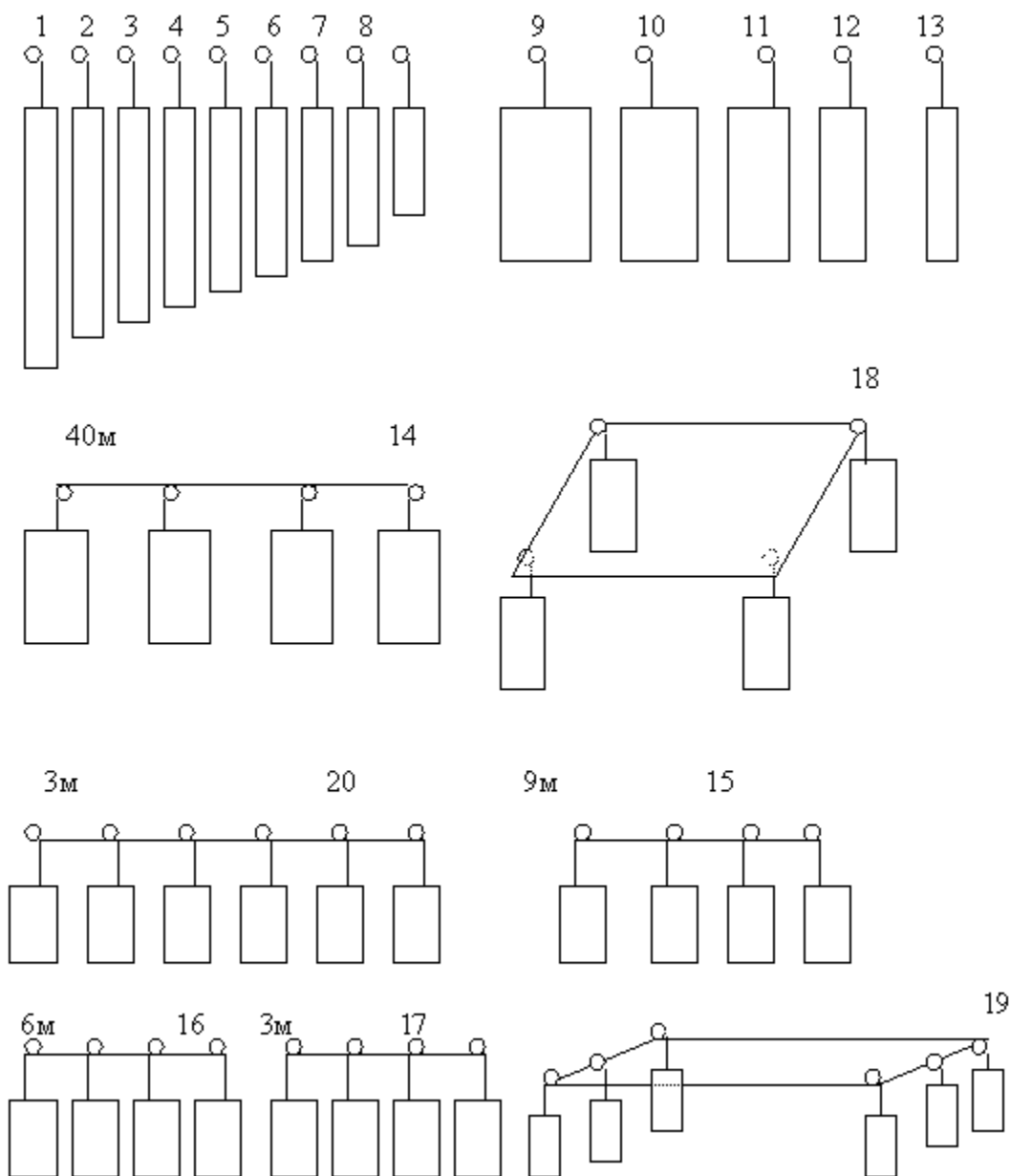


Рисунок 4 – Схеми заземлювачів лабораторного стенда

Таблиця 1 – Характеристика заземлювачів лабораторного стенда

Номери заземлювача	Тип заземлювача	Параметри заземлювача		
		довжина заземлювача, l(м)	діаметр заземлювача, d×10 ⁻² (м)	відстань між заземлювачами, a(м)
1	2	3	4	5
1	Одиночний заземлювач	10	5	-

2	Одиночний заземлювач	5	5	-
3	Одиночний заземлювач	3	5	-
4	Одиночний заземлювач	2,5	5	-
5	Одиночний заземлювач	2	5	
6		1.5	5	
7		1	5	
8		0.5	5	
9		5	10	
10		5	5	
11		5	3	
12		5	2	
13		5	1	
14	Груповий заземлювач із чотирьох електродів, розташованих в ряд	3	5	3
15	Груповий заземлювач із шести електродів, розташованих в ряд	3	5	
16				
17				
18	Груповий заземлювач із чотирьох електродів, розташованих в ряд	3	5	40
19	Груповий заземлювач із шести електродів, розташованих по контуру	3	5	3
20	Груповий заземлювач із шести електродів, розташованих по контуру	3	5	3

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5
21	Допоміжний потенційний заземлювач	1	1	-
22	Допоміжний струмовий заземлювач	1	1	-

Одиночні заземлювачі 1-8 дозволяють досліджувати вимірювання опорів заземлювачів у залежності від їх довжини.

$$R_3 = f(l).$$

Одиночні заземлювачі 9-13 дозволяють досліджувати вимірювання опору заземлювача в залежності від діаметра

$$R_3 = f(d).$$

Заземлювачі 14-20 дозволяють досліджувати вимірювання коефіцієнта використання заземлювача в залежності від відстані між одиночними заземлювачами, їх кількості та приладів групового заземлювача (в лінію, по контуру).

5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

- 1 Ознайомитись з основними теоретичними положеннями.
- 2 Розглянути схему лабораторного стенда.
- 3 Виміряти опір заземлювачів 1-8 та побудувати графік залежності $R = f(l)$, якщо $d = \text{const}$.
- 4 Виміряти опір заземлювачів 9-13 та побудувати графік залежності $R = f(d)$, якщо $l = \text{const}$.
- 5 На підставі аналізу результатів вимірювань та одержаних графіків знайти галузь оптимальних для практичного використання розмірів одиночних заземлювачів з урахуванням витрат металу та затрат на прилад заземлювача.
- 6 Виміряти опір групових заземлювачів 14-20 та для кожного з них, користуючись (3), визначити коефіцієнт використання η . Проаналізувати зміни коефіцієнта в залежності від відстані між заземлювачами, їх кількості та конструкції групового заземлювача.
- 7 Скласти звіт, результати роботи занести до таблиці 2

Зміст звіту

- 1 Мета роботи.

- 2 Використані прилади та пристрої.
- 3 Схеми вимірювання.
- 4 Результати вимірювань та їх обробка.

Таблиця 2 – Результати вимірювань, розрахунків опорів заземлювачів та коефіцієнта використання

Номер заземлювача	Тип заземлювача та його параметри			Результати вимірювань	Результати розрахунків
	l(м)	d (м)	a(м)	R, Ом	μ

Графік $R_x = f(l)$.

Графік $R_x = f(d)$.

Контрольні питання

- 1 Що називається захисним заземленням ?
- 2 В чому полягає принцип дії захисного заземлення ?
- 3 З яких елементів складається опір одиночного заземлювача?
- 4 Що таке коефіцієнт використання групового заземлювача?
- 5 Дати характеристику зміни опору одиночного заземлювача в залежності від зміни його довжини та діаметра.
- 6 Область оптимальних параметрів одиночних заземлювачів, які рекомендуються до практичного використання.
- 7 Якими приладами вимірюють опір розтіканню струму захисних заземлювальних пристроїв ?
- 8 У яких випадках вимірюють опір розтіканню струму захисних заземлювальних пристроїв ?
- 9 Як на практиці виконується заземлювальний пристрій?
- 10 Які допустимі величини опору розтіканню струму захисного заземлення установлені ГОСТ12.1.030-81 при напрузі живлення ЕУ до 1000 В?
- 11 Якими приладами вимірюється опір ізоляції електропроводок і електричних машин?
- 12 В яких випадках вимірюється опір ізоляції електропроводок і електричних машин?
- 13 Що називається заземлювальним пристроєм?
- 14 Що називається заземлювальним провідником?
- 15 Що таке заземлювач?

- 16 Як розрізняють заземлювачі?
- 17 Що таке занулення?
- 18 В чому полягає принцип дії занулення?
- 19 В чому різниця між зануленням та заземлюванням?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических участках. – М.: Энергия, 1970.
- 2 Найфельд М.Р. Заземления и защитные меры безопасности. – М.: Энергия, 1973.
- 3 ГОСТ 12.1.619-79. ССБТ. Электробезопасность. Общие

требования.

4 ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

5 ГОСТ 12.1.013-78. ССБТ. Строительство. Электробезопасность. Общие требования.

6 ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Гранично допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

7 ПУЭ. – М.: Энергия, 1989.