

Министерство образования и науки Кыргызской Республики
Кыргызский государственный технический университет
им. И.Раззакова
Кафедра «Техносферная безопасность»

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДИНОЧНЫХ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

Методическое руководство к лабораторной работе 20
по дисциплине «*Безопасность жизнедеятельности*»
для студентов всех специальностей и всех форм обучения

Бишкек 2018

РАССМОТРЕНО

на заседании кафедры
«Теносферная безопасность»
Протокол № 9 от 12 марта 2018 г.

ОДОБРЕНО

методической комиссией
энергетического факультета
Протокол № 6 от 12 февраля 2018 г.

УДК 621.316.99:502.3(075)

Составитель: *Жапакова Б. С.*

Исследование одиночных заземлителей. Методическое руководство к лабораторной работе 20 по дисциплине "**Безопасность жизнедеятельности**" для студентов всех специальностей и всех форм обучения/КГТУ им. И.Раззакова; Сост. Жапакова Б.С., ИЦ «Техник», 2018. - 11 с.

В методическом руководстве содержатся методические указания к лабораторной работе по курсу «Безопасность жизнедеятельности».

Предназначено для студентов всех специальностей и всех форм обучения.

Ил. 4. Табл. 2. Библиогр.: 3 назв.

Рецензент: Сариев Б. И.

© КГТУ им.И.Раззакова
© Жакыпов С.Ж. 2018

Цель работы

Оценить влияние геометрических размеров одиночных заземлителей на их сопротивление растеканию тока и ознакомиться с методом определения удельного сопротивления грунта.

Содержание работы

1. Определить зависимость сопротивления растеканию одиночного вертикального стержневого заземлителя (электрода) от его размеров – диаметра, длины.
2. Определить удельные объемные сопротивления грунта с помощью вертикального стержневого и горизонтального полосового электродов.

Краткие теоретические сведения

Стеkanie тока в землю происходит через проводник, находящийся в непосредственном контакте с землей. Такой контакт может быть случайным или преднамеренным. В последнем случае проводник или группа проводников, находящихся в контакте с землей, называются заземлителями.

Каждый отдельный проводник, находящийся в контакте с землей, называется одиночным заземлителем или электродом. Если заземлитель состоит из нескольких электродов, соединенных между собой параллельно, то он называется групповым заземлителем.

Ток, проходящий через заземлитель в землю, преодолевает сопротивление, называемое сопротивлением заземлителя растеканию тока или просто сопротивлением растеканию. Это сопротивление состоит из трех частей: *сопротивления самого заземлителя, переходного сопротивления между заземлителем и грунтом, сопротивления грунта.*

Две первые части по сравнению с третьей весьма малы, поэтому под сопротивлением заземлителя растеканию тока понимают сопротивление грунта растеканию тока.

Поскольку плотность тока в земле на расстоянии больше 20 м от заземлителя весьма мала, можно считать, что сопротивление стекающему с заземлителя току оказывает лишь соответствующий объем земли.

Между сопротивлением заземлителя R_3 и током I_3 , стекающим с него в землю, существует следующая зависимость:

$$R_3 = \frac{\varphi_3}{I_3},$$

которая справедлива для любых одиночных и групповых заземлителей.

Рассмотрим стержневой вертикальный заземлитель круглого сечения длиной l м и диаметром d м, погруженный в землю так, чтобы его верхний конец был на уровне земли (рис. 1).

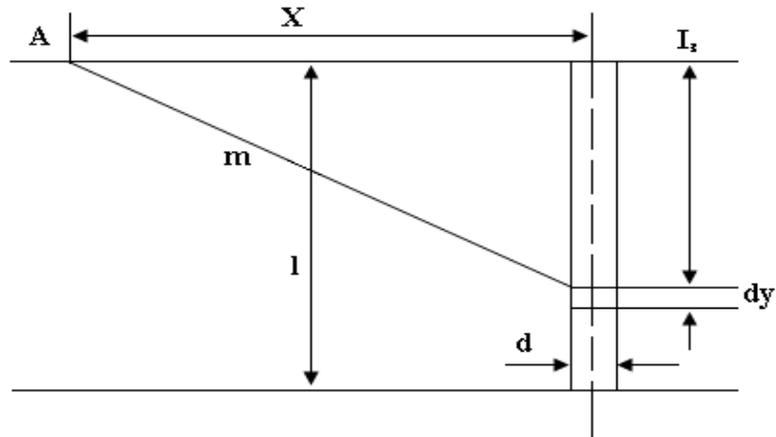


Рис. 1.

С заземлителя стекает ток I . Задача – найти выражения для потенциала точек на поверхности земли и для потенциала заземлителя. Разбиваем заземлитель по длине на бесконечно малые участки, каждый длиной dy и уподобляем их элементарным шаровым заземлителям диаметром dy м.

С каждого такого участка A в землю стекает ток:

$$dI_3 = \frac{I_3}{l} dy,$$

который обуславливает возникновение элементарного потенциала в некоторой точке земли.

Пусть нас интересует точка A на поверхности земли, отстоящая от оси стержневого заземлителя на расстоянии x м. Потенциал этой точки, обусловленный одним элементарным шаровым заземлителем, будет:

$$d\varphi = \frac{dI_3 P}{2\pi} \cdot \frac{1}{m}, \text{ В}, \quad (1)$$

учитывая, что m (см. рис. 1) и заменяя его значением из (1), получаем:

$$d\varphi = \frac{I_3 P}{2\pi \cdot l} \cdot \frac{dy}{\sqrt{x^2 + y^2}},$$

интегрируя это уравнение по всей длине стержневого заземлителя (от 0 до l), получим искомое уравнение для потенциала точки A , т.е. уравнение потенциальной кривой:

$$\varphi_3 = \frac{I_3 P}{2\pi \cdot l} \int_0^l \frac{dy}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{l_3 P}{2\pi \cdot l} \ln \frac{\sqrt{x^2 + l^2} + l}{x}.$$

Потенциал заземлителя φ_3 при $x=0,5 d$ м будет равен:

$$\varphi_3 = \frac{I_3 P}{2\pi \cdot l} \ln \frac{\sqrt{(0,5 \cdot d)^2 + l^2} + l}{0,5d}.$$

Здесь $0,5d \leq l$, следовательно, первым слагаемым под корнем можно пренебречь. Тогда это уравнение примет вид:

$$\varphi_3 = \frac{l_3 P}{2\pi \cdot l} \ln \frac{4l}{d}.$$

С учетом (1) сопротивление растекания может быть определено по формуле:

$$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln \frac{4l}{d},$$

где l и d – длина и диаметр стержня, м; ρ – удельное объемное сопротивление грунта, Ом.м.

Для вертикального стержневого электрода, верхний конец которого заглублен в землю, и горизонтального полосового, уложенного на некоторой глубине параллельно поверхности земли, сопротивления растеканию определяются формулами (Ом):

$$\text{для вертикального: } R = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right),$$

где t – заглубление электрода, то есть расстояние от поверхности земли до середины электрода, м:

$$\text{для горизонтального: } R = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln \frac{2 \cdot l^2}{\pi t},$$

где l и π – длина и ширина полосы, м; t – заглубление полосы, м.

Следовательно, сопротивление заземлителя растеканию тока прямо пропорционально удельному сопротивлению грунта ρ , т.е. сопротивлению куба грунта с ребром длиной 1 м. Удельное объемное сопротивление имеет размерность Ом.м.

Значение ρ колеблется в широких пределах – от десятков Ом на метр до десятков тысяч Ом на метр, так как оно зависит от многих факторов: от влажности грунта, рода грунта, степени его уплотненности, а также от времени года, температуры тела.

Абсолютно сухой грунт является весьма плохим проводником тока. Малейшее увлажнение резко снижает его сопротивление.

При низкой температуре – ниже нуля градусов – земля обладает очень большим сопротивлением. Поэтому в районах вечной мерзлоты качественное заземление, т.е. с малым сопротивлением, выполнить очень трудно.

Грунты разного рода при одних и тех же условиях имеют разные объемные удельные сопротивления. Хорошо проводит ток и долго удерживает влагу глина, поэтому в глинистой почве качественное заземление выполнить легче, чем в других грунтах, стоимость его меньше, и работает это заземление надежнее и дольше. Песок плохо проводит ток и практически не удерживает влагу. Поэтому в песчаном грунте заземление работает плохо, т.е. сопротивление его может резко возрасти при незначительных изменениях погодных условий. Чернозем и другие почвы занимают примерно среднее положение между глиной и песком.

Уплотненность (утрамбованность) грунта также влияет на его удельное объемное сопротивление: чем плотнее грунт, тем меньше ρ . Времена года влияют на сопротивление грунта, поскольку атмосферные условия,

изменяющиеся в течение года, изменяют содержание влаги в грунте, его температуру, количество растворенных в нем солей и др. Уменьшение удельного объемного сопротивления происходит, как правило, в весенние и осенние месяцы года, когда дожди и тающий снег резко увеличивает содержание влаги в почве. Благоприятное влияние оказывает весной и повышение температуры почвы. Увеличение удельного сопротивления происходит зимой и летом. Зимой – вследствие замерзания, летом – вследствие испарения влаги, причем более высокие значения ρ наблюдаются зимой. Наибольшему влиянию атмосферных условий подвержены верхние слои земли, которые зимой промерзают, весной и осенью раньше других слоев насыщаются влагой, а летом раньше прогреваются и высыхают. Более глубокие слои земли обладают стабильным сопротивлением. Поэтому заземлители, глубоко погруженные в землю, например, вертикальные стержневые, выполняют свою задачу лучше, чем горизонтальные полосовые, прокладываемые обычно вблизи поверхности земли.

При проектировании заземляющих устройств необходимо в качестве расчетного брать наибольшее возможное в течение года значение удельного сопротивления $\rho_{расч}$, т.е. ориентироваться на худший случай. Однако, поскольку в самое неблагоприятное время года производить измерения сопротивления земли не всегда возможно, $\rho_{расч}$ принимают равным произведению измеренного удельного объемного сопротивления $\rho_{изм}$ на коэффициент сезонности ψ , учитывающий возможное повышение $\rho_{изм}$ за счет изменения погодных условий, т.е.

$$\rho_{расч} = \rho_{изм} \cdot \psi.$$

При этом $\rho_{изм}$ получают измерением при средней влажности грунта, когда ему предшествовало выпадение небольшого дождя, а коэффициент ψ берется из таблицы 1.

Таблица 1

Признаки климатических зон и соответствующих им коэффициенты сезонности

| Характеристика климатической зоны и тип электрода | Климатические зоны стран СНГ | | | |
|---|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Признаки климатических зон | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Средняя многолетняя низшая температура (январь), °С | от -20 °С до -15°С | от -14 °С до -10°С | от -10 °С до 0°С | от 0 °С до +5°С |
| Средняя многолетняя высшая температура (июль), °С | от +10 °С до +18°С | от +18 °С до +22°С | от +22 °С до +24°С | от +24 °С до +26°С |
| Среднегодовое количество осадков, см | 40 | 50 | 50 | 30-50 |
| Продолжительность замерзания | 190-170 | 150 | 100 | 0 |

| | | | | |
|-----------|--|--|--|--|
| вод, дней | | | | |
|-----------|--|--|--|--|

| Коэффициенты сезонности | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Вертикальные электроды длиной 2,3 м при глубине заложения вершин 0,5-0,8 м | 1,8-2,0 | 1,5-1,8 | 1,4-1,6 | 1,2-1,4 |
| Горизонтальные электроды при глубине заложения 0,8 м | 4,5-7,0 | 3,5-4,5 | 2,0-2,5 | 1,5-2,0 |

Удельное объемное сопротивление грунта определяется в два этапа: вначале измеряется сопротивление растеканию $R_{изм}$ одиночного заземлителя, погруженного в землю на участке, где будет сооружаться заземление, называемое в этом случае контрольным электродом, а потом, подставив $R_{изм}$ в формулу для определения растекания данного электрода, вычисляется $\rho_{изм}$.

В качестве контрольных следует применять также электроды, которые будут использоваться при устройстве заземления.

Обычно это стержневой электрод, забиваемый в землю вертикально, и полосовой, прокладываемый параллельно поверхности земли и служащий для соединения между собой стержневых электродов.

Определять ρ грунта путем измерения сопротивления образца грунта не разрешается, поскольку, во-первых, этот способ дает большую ошибку из-за неучета разнородности слоев почвы на разных глубинах и в разных местах, во-вторых, у извлеченного образца плотность и структура обычно иные, чем в реальном грунте.

Применяемое оборудование

Работы выполняются на участке земли, где размещены специальные заземлители, или на стенде, на котором заземлители имитированы резисторами.

Для определения зависимости сопротивления растеканию одиночного вертикального стержневого заземлителя от его диаметра d и длины l предназначены забитые вертикально в землю два ряда металлических стержней круглого сечения или труб (рис. 2):

первый ряд – 4 стержня одинаковой длины (2-2,5 м) диаметром 25, 50, 75, 100 мм;

второй ряд – 4 стержня одинакового диаметра (25-50 мм) длиной 1, 2, 3 и 4 метра.

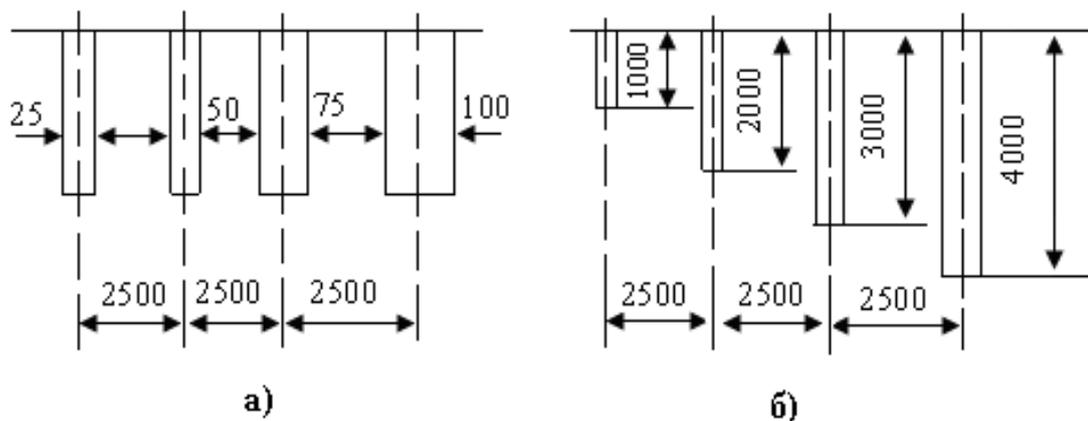


Рис. 2. Размещение вертикальных одиночных заземлителей (электродов), предназначенных для определения зависимости сопротивления растеканию тока от диаметра и длины электрода: а – электроды разного диаметра; б – электроды разной длины.

Для определения расчетных удельных объемных сопротивлений грунта ρ и R используется одиночный заземлитель – стержневой и горизонтальный полосовой (рис. 3).

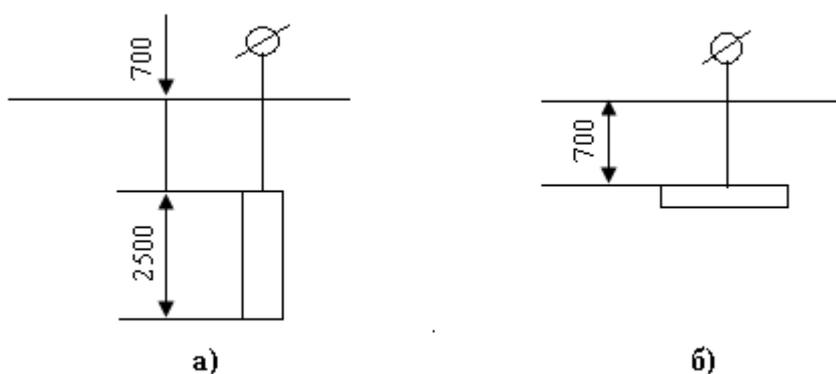


Рис. 3. Электроды, предназначенные для определения удельного объемного сопротивления грунта: а – вертикальный стержневой; б – горизонтальный полосовой.

При вращении генератора возникает постоянный ток, который прерывателем

Прибор МС-08 позволяет измерять сопротивления растеканию заземлителей, сопротивление проводников и других элементов электрических цепей, не содержащих индуктивности и больших емкостей, например, сопротивления контактов и т.п. Предел измерения прибора велик – от десятых долей Ома до тысячи Ом.

Порядок выполнения работы

А. Определение расчетного удельного сопротивления грунта.

1. Измерить с помощью измерителя МС-08 сопротивление растеканию одиночных заземлителей: одного вертикального стержневого R_{oc} и одного горизонтального полосового R_{on} (каждого в отдельности). При этом:

а) прибор установить возможно ближе к испытываемому заземлителю;

б) забить в землю на глубину не менее 0,5 м и на расстоянии не ближе 20 метров друг от друга и от испытываемых заземлителей два вспомогательных электрода (стальных стержня) диаметром 25-50 мм: токовый электрод (на рис. 4 обозначен буквой Т) и электрод-зонд (обозначен буквой З);

в) зажим I_1 прибора соединить с испытываемым электродом (на рис. 4 обозначен буквой Х), зажим I_2 с вспомогательным токовым, зажим E_1 – со специальной перемычкой с зажимом I_1 , зажим E_2 – с зондом, в этом случае сопротивление проводника, соединяющего зажим I_1 с испытываемым заземлителем, войдя в схему измерения, поэтому во избежание ошибки этот провод должен иметь сечение не менее 4-6 мм² и длину не более 2 метров. При большей длине провода, чтобы исключить влияние его на результаты измерения, следует снять перемычку между зажимами I_1 и E_1 и соединить зажим E_1 с испытываемым заземлителем, отдельным проводом;

г) произвести компенсацию внешних сопротивлений потенциальной цепи; для этого переключатель на приборе МС-08 (служащий как для выбора режима работы, так и для выбора пределов измерения) поставить в положение «Регулировка»;

д) вращая генератор со скоростью 120-135 оборотов в минуту, производить отсчет измерений по шкале с учетом положения переключателя.

2. Вычислить по формулам значения удельных объемных сопротивлений грунта [А-1,2]:

$$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln \frac{4l}{d}.$$

Б. Определение зависимости сопротивления растеканию одиночного вертикального стержневого заземлителя R_{oc} от его диаметра d и длины l .

1. Измерить с помощью измерителя МС-08 сопротивление растеканию R_{oc} каждого из восьми одиночных стержневых заземлителей: четырех – разного диаметра и четырех – разной длины.

Результаты измерений свести в табл. 2.

**Измеренные и вычисленные сопротивления растеканию
одиночных вертикальных стержневых заземлителей**

| № заземления | Диаметр, мм | Длина, м | Сопротивление растеканию, Ом | |
|---|-------------|----------|------------------------------|-------------|
| | | | измеренное | вычисленное |
| Заземлители одинаковой длины | | | | |
| 1 | 25 | | | |
| 2 | 50 | | | |
| 3 | 75 | | | |
| 4 | 100 | | | |
| Заземлители одинакового диаметра | | | | |
| 1 | | 1,0 | | |
| 2 | | 2,0 | | |
| 3 | | 3,0 | | |
| 4 | | 4,0 | | |

Пользуясь формулой $R = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln \frac{4l}{d}$, вычислить сопротивление растеканию каждого из восьми электродов.

При расчетах использовать значения, измеренные в предыдущем опыте. Результаты расчетов свести в табл. 2.

Содержание отчета

Отчет должен иметь:

1. Элементарную схему измерения сопротивления растеканию тока заземлителей с помощью измерителя МС-08.
2. Результаты измерения сопротивлений растеканию электродов - вертикального и горизонтального, необходимых для определения удельных сопротивлений грунта.
3. Вычисления удельных объемных сопротивлений грунта при вертикальном электродах.
4. Результаты измерений и вычислений сопротивлений растеканию тока одиночных вертикальных стержневых заземлителей по п. 2 (см. «Содержание работы»), сведенные в табл. 2.
5. График зависимости
(Кривые строить по данным таблицы 2; 4 кривые).
6. Выводы о влиянии диаметров и длины одиночных вертикальных стержневых заземлителей на их сопротивление растеканию тока и о целесообразных размерах таких заземлителей по экономическим соображениям.

Библиографический список

1. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. М.: Энергия, 1984.
2. Князевский Б.А. Охрана труда в электроустановках. М.: Энергия, 1977.
3. Правила устройства электроустановок. М., 2003 г.