

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В.Г. Шухова»**

Кафедра «Электроэнергетика и автоматика»

Лабораторная работа № 1

Дисциплина: «Эксплуатация систем
электрообеспечения»

Тема: «Измерение удельного
сопротивления грунта»

Выполнил: студент гр. Э-4_____

Проверил: доцент Д.А.Прасол

Белгород 2021

Лабораторная работа № 1

Измерение удельного сопротивления грунта

Цель работы: изучить методику и приборы для измерения удельного сопротивления грунта в предполагаемом месте монтажа заземляющего устройства; провести измерение удельного сопротивления грунта различными приборами.

Основные понятия и определения

Удельное сопротивление грунта в предполагаемом месте монтажа заземляющего устройства (ЗУ) измеряется для определения более точного его значения. Уточненное значение позволит правильно выполнить проект заземляющего устройства для объекта и сэкономить используемые для изготовления ЗУ материалы.

Измеренное значение удельного сопротивление растеканию тока грунта согласно пункту 1.7.37. ПУЭ следует использовать в качестве расчетного значения, соответствующего сезону года, когда сопротивление принимает наибольшие значения.

Для получения как можно более достоверных результатов измерений пунктом 24.3 ПЭЭП рекомендуется измерения производить в период наибольшего удельного сопротивления грунта.

Измерение удельного сопротивления грунта может производиться различными приборами (например, такими как М 416, Ф4103-М1, ИС-10 и другими) по соответствующим методикам приборов.

Методы измерений

Прибором М 416

Измеритель сопротивления заземления М 416 имеет четыре диапазона измерения: $0,1 \div 10$ Ом; $0,5 \div 50$ Ом; $2 \div 200$ Ом; $10 \div 1000$ Ом. Принцип действия основан на компенсационном методе с применением вспомогательного заземлителя и потенциального электрода (зонда).

Для выполнения измерений необходимо иметь металлические стержни (измерительные электроды) диаметром не менее 5 мм служащие вспомогательными заземлителями и зондом, которые забивают в грунт на глубину не менее 500 мм.

Прибор М 416 необходимо установить на ровной поверхности и открыть крышку.

Установить переключатель в положение «Контроль 5 Ом», нажав и не отпуская кнопку «Вкл» вращением ручки «Реохорд» добиться установки стрелки индикатора на нулевую отметку. На шкале индикатора должно быть показание $5 \pm 0,3$ Ом. Если такого показания добиться не удастся, это свидетельствует о разрядке источника питания прибора. Следует сменить гальванические элементы в приборе.

Забить в грунт вспомогательные электроды по выбранной схеме измерения.

Переключатель выбора диапазона измерения установить в положение « $\times 1$ »;

Нажать и, не отпуская кнопку «Вкл» вращением ручки «Реохорд» добиться нулевого положения индикатора;

Результат измерения равен показанию реохорда. Если измеряемое сопротивление более 10 Ом, повторить измерения при положениях переключателя « $\times 5$ », « $\times 10$ » или « $\times 100$ », умножив показания прибора на соответствующий множитель положения переключателя.

Для прибора М 416 существует два метода измерения удельного сопротивления грунта.

Первый метод – измерение удельного сопротивления грунта посредством вспомогательного заземлителя в виде металлического стержня или трубы.

Измерения производятся согласно методике прибора. При этом к зажимам 1 и 2 подключается металлический стержень или труба, которые забиваются в грунт не менее чем на 0,5 м. В месте забивки стержня, вспомогательного электрода и зонда растительный или насыпной слой почвы должен быть удален.

Удельное сопротивление грунта на глубине забивки стержня подсчитывается по формуле:

$$\rho = 0,0273 \cdot R \cdot \frac{L}{\lg \frac{4 \cdot L}{d}} \text{ (Ом} \cdot \text{м)}, \quad (1)$$

где R – сопротивление, измеренное прибором М 416, Ом;

L – глубина забивки трубы (стержня), м;

d – диаметр трубы (стержня), м.

Второй метод – измерение удельного сопротивления грунта посредством четырех стержней.

На испытуемом участке грунта по прямой линии забить 4 стержня на расстоянии a друг от друга на глубину не более $1/20$ расстояния a . Зажимы 1 и 4 присоединяются к крайним стержням, а зажимы 2 и 3 – средним (рис. 1). Измерения производятся также согласно методике измерений.

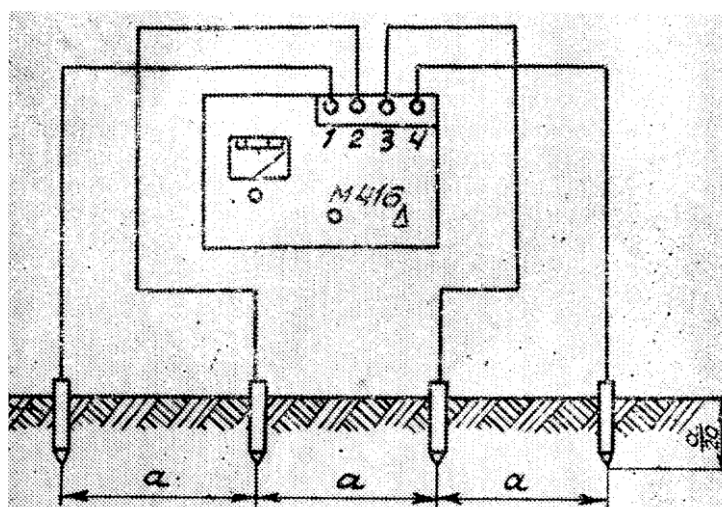


Рис. 1. Схема измерения удельного сопротивления грунта по четырехзажимной схеме

Удельное сопротивление грунта определяется по формуле:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R \text{ (Ом} \cdot \text{м)}, \quad (2)$$

где R – показания прибора М 416, Ом;

a – расстояние между стержнями, м.

Измеренное прибором значение всегда отличается от ее действительного значения, т.к. всегда имеется погрешность измерений.

Степень близости измеренного значения к действительному характеризует относительная погрешность, определяемая выражением:

$$\gamma_{\text{н.в.}} = \gamma_g \cdot \frac{A_{\text{н}}}{A}, \quad (3)$$

где: $\gamma_{\text{н.в.}}$ – наибольшая возможная относительная погрешность измерения;

γ_g – класс точности прибора (допустимое стандартное значение приведенной погрешности);

$A_{\text{н}}$ – верхний предел измерения прибора;

A – измеренная величина.

При измерении нескольких величин наибольшая возможная относительная погрешность находится как сумма погрешностей каждого прибора.

Дополнительная погрешность при отклонении прибора от рабочего положения в пределах 10 градусов учитывается в величине наибольшей возможной относительной погрешности измерения $\gamma_{\text{н.в.}}$ (погрешность измерения удваивается). Основная погрешность прибора М 416 определяется выражением:

$$\gamma_{\text{н.в.}} = \pm [1,5 + (N/R_x - 1)], \%, \quad (4)$$

где N – верхний предел измерения прибора, Ом;

R_x – измеренное сопротивление заземлителя, Ом.

Прибор Ф4103-М1

Установить измеритель на ровной поверхности и снять крышку, при необходимости закрепить ее на боковой поверхности корпуса.

Проверить напряжения источника питания. Для этого закоротить зажимы Т1, П1, П2, Т2, установить переключатели в положения «КЛБ» и «0,3», а ручку

«КЛБ» – в крайнее правое положение. Нажать кнопку «ИЗМ». Если при этом лампа КП не загорается, напряжение питания в норме.

Проверить работоспособность измерителя. Для этого, в положении «КЛБ» переключателя, установить ноль ручкой «УСТО», нажать кнопку «ИЗМ», ручкой «КЛБ» установить стрелку на отметку «30».

Измерение удельного сопротивления грунта проводить по симметричной схеме Веннера (Вернера) рис. 2.

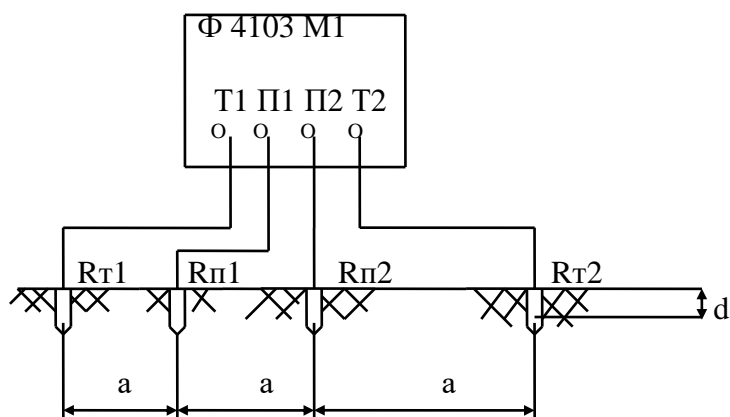


Рис. 2. Схема измерения удельного сопротивления грунта по симметричной схеме Веннера (Вернера)

Перевести переключатель «РОД РАБОТ» в положение ИЗМ II и отсчитать значения сопротивления. Если стрелка под воздействием помех совершает колебательные движения, устранить их вращением ручки «ПДС f».

При необходимости перейти на другой диапазон измерения, переключателем «ПРЕДЕЛЫ Ω », установив его в необходимое положение.

Установить ноль и откалибровать измеритель. Затем перевести переключатель «РОД РАБОТ» в положение ИЗМ II и отсчитать значение сопротивления.

Кажущееся удельное сопротивление грунта $\rho_{\text{каж.}}$ на глубине, равной расстоянию между электродами «а» определить по формуле:

$$\rho_{\text{каж.}} = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R \text{ (Ом} \cdot \text{м)}, \quad (5)$$

где R – показание измерителя, Ом.

Расстояние «а» следует принимать не менее чем в 5 раз больше глубины погружения электродов.

Не забывать устанавливать переключатель в положение ОТКЛ после окончания работ для предотвращения разряда внутреннего источника питания. Для блокировки включения измерителя закрывать крышку!

Приведенная погрешность измерения Δ в общем случае вычисляется по формуле:

$$\Delta = \Delta_0 + \sum_{n=1}^n \Delta c^n, \quad (6)$$

где Δ_0 – предел допускаемой основной приведенной погрешности;

Δc^n – предел допускаемой дополнительной приведенной погрешности от n-го воздействующего фактора.

Перед проведением измерений необходимо, по возможности, уменьшить количество факторов, вызывающих дополнительную погрешность (устанавливать измеритель практически горизонтально, вдали от мощных силовых трансформаторов, использовать источник питания напряжением $12_{\pm 0,25}$ В, индуктивную составляющую учитывать только для контуров, сопротивление которых меньше 0,5 Ом, определять наличие помех и т.п.).

Помехи от переменного тока выявляются по качаниям стрелки в режиме ИЗМ II, при вращении ручки ПДСТ f.

Помехи импульсного (скачкообразного) характера и высокочастотные радиопомехи выявляются по постоянным непериодическим колебанием стрелки.

Прибор ИС-10

Величина удельного сопротивления грунта рассчитывается по методике измерения Вернера. Эта методика предполагает равные расстояния между электродами (d), которые следует принимать не менее чем в 5 раз больше глубины погружения штырей.

Измерительные штыри установить в грунт по прямой линии, через равные расстояния (d) и соединить с измерительными гнездами Т1, П1, П2 и Т2 в соответствии с рисунком 3. Выбрать режим четырёхпроводного метода измерения.

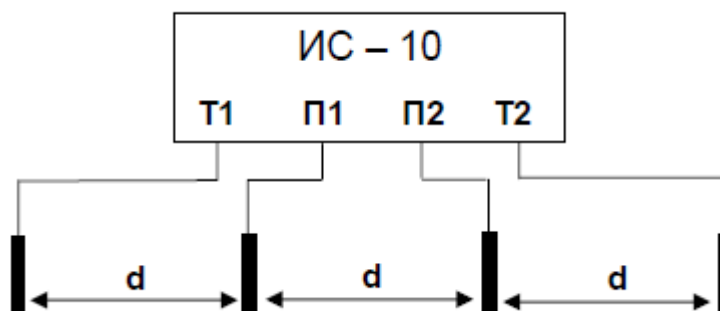


Рис. 3. Схема подключения прибора ИС-10 при измерении удельного сопротивления грунта

Нажать кнопку «Rx / ↵», считать показания значения сопротивления R_E .

Удельное сопротивление грунта рассчитывается по формуле:

$$R_{уд} = 2 \cdot \pi \cdot d \cdot R_E = 6,28 \cdot d \cdot R_E (\text{Ом} \cdot \text{м}), \quad (7)$$

Для измерения с автоматическим расчетом удельного сопротивления грунтакнопкой «РЕЖИМ» выбрать режим «R уд», при этом на индикаторе отображается ранее установленное расстояние между штырями.

Расстояние между штырями можно изменить в «МЕНЮ» прибора. Выбрать функцию «УСТ. РАССТ.». Появится сообщение «РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ЭЛЕКТРОДАМИ XX м». Кнопками ▲ или ▼ установить расстояние от 1 до 99 м с шагом 1 м. Для подтверждения выбранного расстояния нажать кнопку «Rx / ↵». Измерение удельного сопротивления грунта возможно только по четырёхпроводному методу, который включится автоматически. Результат измерений будет отображаться в «мОм*м», «Ом*м» или «кОм*м».

Заданное расстояние между штырями сохраняется в памяти прибора до введения новых значений.

Безопасные приемы работы

К работе с приборами М 416, Ф4103-М1, ИС-10 допускаются лица электротехнического (наладочного и др.) персонала, не моложе 18 лет, прошедшие проверку знаний ПОТ РМ-016-2001 и ПЭЭП, имеющие практический

опыт работы с приборами, знающие методики измерений, обеспеченные спецодеждой, инструментом, индивидуальными средствами защиты.

Перед работой должны быть оформлены организационные и выполнены технические мероприятия, согласно требований раздела 3 ПОТ РМ-016-2001.

Измерения производятся звеном из двух специалистов с квалификационной группой не ниже III-ей.

Работы выполняются в последовательности, определенной методиками измерений для приборов. Работа оформляется распоряжением (заданием) или нарядом.

Металлические стержни не должны иметь заусениц. Кувалда должна быть плотно насажена на рукоять и не иметь люфта.

При подаче напряжения от постороннего источника должны быть оформлены технические и организационные мероприятия по безопасности в месте подключения и на рабочем месте. Кабель, понижающий трансформатор должны иметь двойную изоляцию или устанавливаться на изолирующих опорах. Приборы в схемах измерений должны быть установлены на изолированном основании.

Запрещается выполнять работы в дождь и при повышенной влажности.

Оформление результатов измерений

Согласно требованиям ГОСТ Р 50571.16-2017 для регистрации и обработки результатов измерений и испытаний, должен вестись пронумерованный и прошнурованный рабочий журнал. По результатам измерений составляется протокол измерения удельного сопротивления грунта. Каждое измерение удельного сопротивления грунта, выполненное одним прибором, заносится в отдельный протокол.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами М 416, Ф4103-М1, ИС-10.
2. Изучить методики измерений удельного сопротивления грунта приборами М 416, Ф4103-М1, ИС-10.
3. Провести измерения удельного сопротивления грунта в предполагаемом месте монтажа заземляющего устройства приборами М 416, Ф4103-М1, ИС-10.
4. Заполнить протоколы измерений.
5. Сравнить полученные результаты и приборы.
6. Представить в табличном виде справочные данные об удельных сопротивлениях различных видов грунтов.
7. Сделать заключение (вывод) по проделанной работе.
8. Предоставить список литературы, использованной в процессе выполнения лабораторной работы.

Структура отчета

Отчет выполненной лабораторной работы должен содержать следующие обязательные разделы:

- Содержание.
- Введение (цель работы и постановка задачи).

Основная часть:

- Описание приборов М 416, Ф4103-М1, ИС-10.
- Методики измерения удельного сопротивления грунта.
- Протоколы измерений.
- Справочные данные об удельных сопротивлениях различных видов грунтов.
- Заключение (выводы по работе).
- Список литературы (ГОСТ Р 7.0.100-2018).

Протокол № 1/_____

измерения удельного сопротивления грунта

выполненного для _____

(наименование здания, сооружения, помещения и т.п.)

по адресу: _____

«__» _____ 20__ г.

Комиссия в составе:

представителей _____

(ФИО)

произвела измерение удельного сопротивления грунта в предполагаемом месте монтажа заземляющего устройства для _____

Измерения производились прибором _____

по схеме _____, в соответствии с типовой методикой измерений для прибора _____.

Были получены следующие результаты:

1. Сопротивление потенциальных и токовых электродов прибора, применявшихся при измерении составило не более 200 Ом, что соответствует диапазону их допустимых значений.

2. При измерении удельного сопротивления грунта расстояние между измерительными электродами равнялось $l =$ _____ м.

3. Показание прибора _____ составило – _____ Ом.

4. Расчетное удельное сопротивление грунта определялось по формуле:

_____.

5. Результирующее значение удельного сопротивления грунта составило:

$$R_{уд} = \text{_____ Ом}\cdot\text{м.}$$

Представители комиссии

Протокол проверил

Библиографический список

1. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий [Электронный ресурс] / Н. К. Полуянович. - Москва: Лань, 2012. - 400 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2767>.
2. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования : учеб. пособие / Н. А. Акимова, Н. Ф. Котеленец, Н. И. Сентюрихин. - 4-е изд., стер. - Москва : Академия, 2006. - 295 с.
3. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Москва: ЭНАС, 2013. – 280 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/38582>.
4. ПУЭ, изд. 7-е: общие правила; передача электроэнергии; распределительные устройства и подстанции; электрическое освещение; электрооборудование специальных установок [Электронный ресурс]: — Электрон. дан. — М. : ЭНАС, 2013. — 560 с. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38572 (24.12.2017).