

# Методика измерения удельного сопротивления грунта

## Общие положения

По данной методике выполняется измерение удельного сопротивления растеканию тока грунта, которое по пункту 1.7.37. ПУЭ следует определять в качестве расчетного значения, соответствующего сезону года, когда сопротивление заземляющего устройства принимает наибольшие значения.

Для получения как можно более достоверных результатов измерений пунктом 24.3 ПЭЭП рекомендуется измерения производить в период наибольшего удельного сопротивления грунта. Сопротивление заземляющего устройства определяется умножением измеренного значения на поправочные коэффициенты, учитывающие конфигурацию устройства, климатические условия и состояние почвы по таблице №40 приложения 1.1 ПЭЭП. Для заземлителей, находящихся в промерзшем грунте или ниже глубины промерзания, введение поправочного коэффициента не требуется. При результатах измерений сопротивлений ЗУ, превышающих приведенные в таблице №42 ПЭЭП, они сопоставляются с данными измерений удельного сопротивления грунта.

## Методы измерений

Для работы с прибором используются стержни металлические диаметром не менее 5 мм, служащие вспомогательными (измерительными) электродами, которые забивают в грунт на глубину не менее 500 мм.

## Порядок работы с прибором М 416

Установить прибор 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 вспомогательный заземлитель и зонд по выбранной схеме заземления.

Переключатель выбора диапазона измерения установить в положение «x1»;

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 «x5», «x10» или «x100», умножив показания прибора на соответствующий множитель положения переключателя.

## Методы измерения удельного сопротивления грунта прибором М 416

### Измерение удельного сопротивления грунта посредством вспомогательного заземлителя в виде металлического стержня или трубы

Измерения производятся согласно приведенной методике. При этом к зажимам 1 и 2 вместо измеряемого заземляющего устройства объекта 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:

$$\rho = 2,73 * R * L / \lg 4 * L / d \text{ (Ом} \cdot \text{м)}$$

где: **R** - сопротивление, измеренное прибором М 416, Ом;

**L** - глубина забивки трубы (стержня), м;

**d** - диаметр трубы (стержня), м.

### 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 - к средним. Измерения производятся согласно разделу 2.1 данной методики.

Удельное сопротивление грунта определяется по формуле:

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

где: **R** - показания прибора М 416, Ом;

**a** - расстояние между стержнями, м.

### Определение погрешности измерений

Измеренное прибором значение всегда отличается от ее действительного значения, т.к. всегда есть какая-то погрешность измерений.

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

$$\gamma_{н.в.} = \gamma_g \cdot \Delta n / A,$$

где: **γ<sub>н.в.</sub>** - наибольшая возможная относительная погрешность измерения;

**γ<sub>g</sub>** - класс точности прибора (допустимое стандартное значение приведенной погрешности);

**Δn** - 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 **γ<sub>н.в.</sub>** (погрешность измерения удваивается). Основная погрешность прибора М 416 определяется выражением:

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

где: **N** - верхний предел измерения прибора, Ом;

**R<sub>x</sub>** - измеренное сопротивление заземлителя, Ом.

### Порядок работы с прибором 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 «0».

Направление выноса электродов R<sub>п2</sub> и R<sub>т2</sub> выбрать так, чтобы соединительные провода не проходили вблизи металлоконструкций и параллельно трассам ЛЭП. При этом расстояние между токовым и потенциальным проводами должно быть не менее 1 м. Присоединение проводов к ЗУ выполнять на одной металлоконструкции, выбирая места подключения на расстоянии (0,2 - 0,4м) друг от друга.

Измерение сопротивления потенциального электрода по двухзажимной схеме (рис. 2).

Установить диапазон измерения ориентировочно соответствующий измеряемому сопротивлению электрода, затем установить ноль и откалибровать измеритель. Перевести переключатель в положение ИЗМ II и отсчитать значение сопротивления. Если оно превышает допустимое значение, указанное в таблице для выбранного диапазона измерения, его необходимо уменьшить.

### Измерение удельного сопротивления грунта

Измерение удельного сопротивления грунта проводить по симметричной схеме Веннера рис. 4.

Измерения проводить в следующей последовательности:

Подключить к измерителю потенциальные электроды по двухзажимной схеме, как описано выше, и измерить их сопротивление. Оно должно соответствовать указанному в табл. 1 для выбранного диапазона измерения. При необходимости уменьшить его одним из известных способов.

Подключить измеритель в схему измерения в соответствии с рис. 3. Установить необходимый диапазон измерений, затем провести установку нуля и калибровку. Если при проведении калибровки стрелка находится левее отметки «30» - уменьшить сопротивление токового электрода.

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.

Измерение сопротивления точечного заземлителя проводить при L<sub>зт</sub> не менее 30 м.

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

$$\rho_{\text{каж.}} = 2 \cdot \Pi \cdot R \cdot a$$

где, **R** - показание измерителя, Ом;

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

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

Измерение активного сопротивления проводить по рис. 2., как описано выше.

Диапазоны измерений и допустимые сопротивления потенциальных и токовых электродов:

Диапазон измерений, Ом	Диапазон допустимых значений сопротивления электродов, кОм	
	потенциальных R <sub>п1</sub> , R <sub>п2</sub> или их суммарное сопротивление (R <sub>п1</sub> +R <sub>п2</sub> )	токовых R <sub>т1</sub> , R <sub>т2</sub> или их суммарное сопротивление (R <sub>т1</sub> +R <sub>т2</sub> )
0-0,3; 0-1	0-2	0-1
0-3; 0-10	0-6	0-3
0-30; 0-100 0-300; 0-1000 0-3000; 0-15000	0-12	0-6

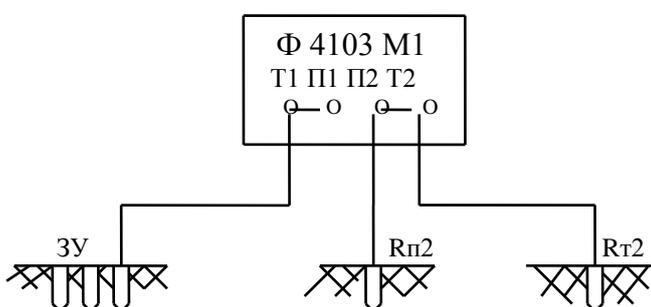


Рис. 1

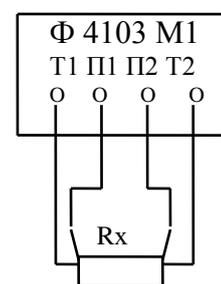


Рис. 2

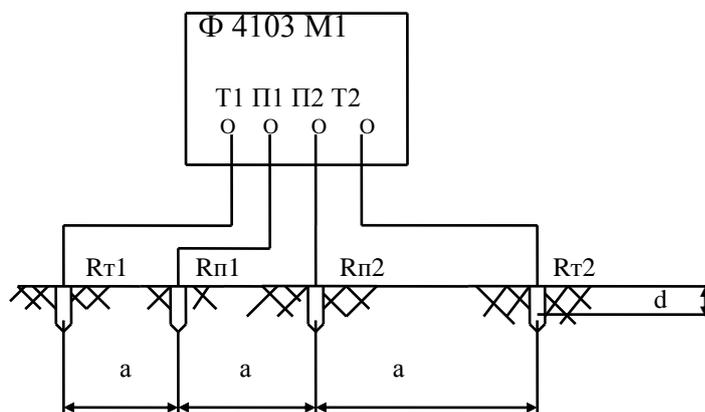


Рис. 3

### Методика и примеры расчета погрешности измерителя Ф4103-М1 в рабочих условиях применения

Приведенная погрешность измерения  $\Delta$  в общем случае вычисляется по формуле:

$$\Delta = \Delta_0 + \sum_{n=1}^n \Delta c^n$$

где,  $\Delta_0$  - предел допускаемой основной приведенной погрешности;  $\Delta c^n$  - 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, индуктивно 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 колебаниям стрелки.

### **Безопасные приемы работы**

К работе с приборами М416, Ф4103-М1 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 настоящую методику, 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 данной методикой. 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**

Лица, допустившие нарушения ПОТ РМ-016-2001 и ПЭЭП, а также исказившие достоверность и точность измерений, несут ответственность в соответствии с законодательством.

### **Оформление результатов измерений**

Согласно требованиям ГОСТ Р 50571.16-99 для регистрации и обработки результатов измерений и испытаний, должен вестись пронумерованный и прошнурованный рабочий журнал.

По результатам проверки составляется протокол измерения удельного сопротивления грунта.

**Протокол № 1/\_\_\_\_\_**

измерения удельного сопротивления грунта  
выполненного для \_\_\_\_\_  
(наименование здания, сооружения, помещения и т.п.)  
по адресу: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

«    » \_\_\_\_\_ 201 г.

Комиссия в составе:  
представителей \_\_\_\_\_:

\_\_\_\_\_ (ФИО)

произвела измерение удельного сопротивления грунта в предполагаемом месте  
монтажа заземляющего устройства для \_\_\_\_\_  
Измерения производились прибором \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ по схеме Веннера, в соответствии с типовой методикой измерений для прибора  
\_\_\_\_\_.

Были получены следующие результаты:

1. Сопротивление потенциальных и токовых электродов прибора, применявшихся при измерении составляло \_\_\_\_\_ 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: \_\_\_\_\_.

(Расчетная формула)

5. Результирующее значение удельного сопротивления грунта составило:

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

Представители комиссии

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Протокол проверил

\_\_\_\_\_  
(подпись)