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 № 2

Дисциплина: «Эксплуатация систем электроснабжения»
Тема: «Проверка сопротивления заземляющих устройств»

Выполнил: студент гр. _____

_____

Проверил: доцент Д.А.Прасол

Белгород 2020

Лабораторная работа № 2

Проверка сопротивления заземляющих устройств

Цель работы: изучить методику и приборы для измерения сопротивления заземляющих устройств различных электроустановок; провести измерение сопротивления заземляющего устройства различными приборами.

Основные понятия и определения

Рассматриваемая в данной работе методика предназначена для производства измерений сопротивлений заземляющих устройств с целью оценки качества заземляющих устройств (ЗУ), сравнения измеренных величин сопротивлений с нормами по пункту 1.8.39 (5) и таблице 1.8.38 ПУЭ и Приложению 3.1, табл. 35, 36 ПЭЭП.

По методикам могут выполняться также измерения сопротивлений заземляющих устройств молниезащиты и удельное сопротивление растеканию тока грунта.

Для получения как можно более достоверных результатов измерений пунктом 2.7.13 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 справочным таблицам. Для заземлителей, находящихся в промерзшем грунте или ниже глубины промерзания, введение поправочного коэффициента не требуется. При результатах измерений сопротивлений ЗУ, превышающих приведенные в табл. 35, 36 ПЭЭП, они сопоставляются с данными измерений удельного сопротивления грунта.

Измерение сопротивлений заземляющих устройств может производиться различными приборами (например, такими как М 416, Ф4103-М1, ИС-10,

С.А 6115 N и другими) по соответствующим методикам приборов.

Методы измерений

Прибор М 416

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

При измерении выход генератора переменного напряжения прибора подключается к вспомогательному заземлителю (зажим «4») и через первичную обмотку трансформатора $Тр_1$ – к измеряемому сопротивлению (зажим «1»). Вторичная обмотка трансформатора $Тр_1$ подключается к специальному калибровочному резистору (реохорду) R_1, который шунтируется сопротивлениями $R_2 \div R_4$ в зависимости от предела измерения.

Схема обеспечивает равенство токов основной цепи и через резистор R_1, что позволяет изменением величины калибровочного резистора изменять величину напряжения между движком реохорда и зажимом вспомогательного заземлителя. Разностное напряжение подается через усилитель и детектор на индикатор (миллиамперметр). Момент компенсации наступает при таком положении резистора, когда падение напряжения на участке резистора до подвижного контакта равно падению напряжения на измеряемом сопротивлении. При этом ток в цепи индикатора равен нулю.

Для грубых измерений сопротивления заземления и для измерений больших сопротивлений зажимы 1 и 2 соединяются перемычкой, и прибор подключается по 3-х зажимной схеме.

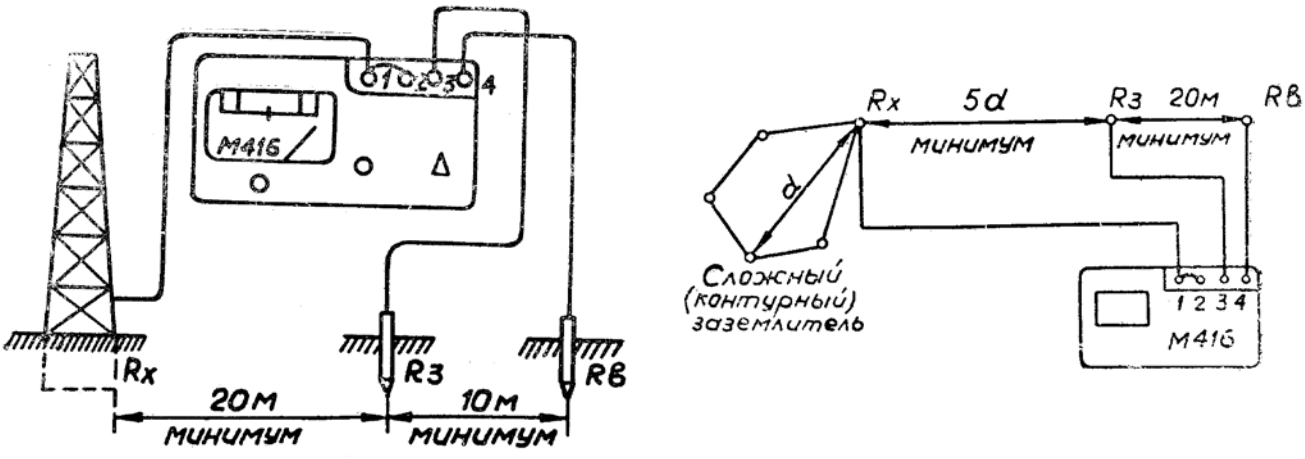
При точных измерениях снимают перемычку с зажимов 1 и 2, прибор подключают к измеряемому объекту по 4-х зажимной схеме. Это позволяет исключить погрешность, вносимую сопротивлением соединительных проводов и контактов.

Стержни металлические диаметром не менее 5 мм, служащие вспомогательными заземлителями и зондом, забивают в грунт на глубину не менее 500 мм.

Перед началом измерений 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±0,3 Ом. Если такого показания добиться не удается, это свидетельствует о разрядке источника питания прибора. Следует сменить гальванические элементы в приборе.

При измерениях прибор следует располагать в непосредственной близости от измеряемого зазаемлителя, так как при этом на результат измерения меньше сказывается сопротивление проводов, соединяющих заземлитель с зажимами «1» и «2» прибора.

Забить в грунт вспомогательный заземлитель и зонд по выбранной схеме заземления. Вспомогательные электроды устанавливаются на расстояниях, указанных на рис. 1 и 2. Глубина погружения в грунт должна быть не менее 500 мм. Сопротивление вспомогательных электродов не должно превышать 500 Ом в диапазоне измерений 0,1÷10 Ом и 1000 Ом в диапазоне 0,5÷50 Ом.



а) *б*)

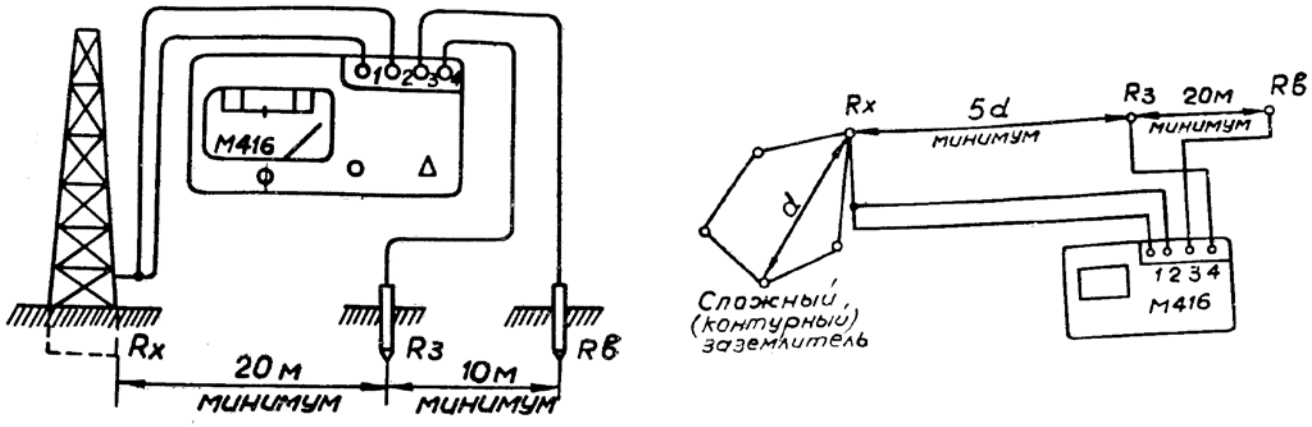
Рис. 1. Подключение прибора по 3-х зажимной схеме:

а) общий вид схемы; *б*) подключение прибора к сложному (контурному) заземлителю

При измерении по 3-х зажимной схеме в результат измерения входит сопротивление провода, соединяющего зажим «1» прибора с заземлителем. Поэтому такое включение используется, когда не требуется точное измерение, или при измерениях сравнительно больших сопротивлений (более 1 Ом).

Для сложных заземлителей, выполненных в виде контура с протяженным периметром, расстояния между контуром и измерительными электродами должно быть не менее указанных на рис. 1, где d – это наибольшая диагональ контура измеряемого заземляющего устройства в метрах.

Для более точных измерений, для компенсации сопротивлений соединительных проводов и контактов, снимается перемычка с зажимов «1» и «2», прибор подключают к измеряемому объекту по 4-х зажимной схеме (рис. 2). Это позволяет исключить погрешность, вносимую сопротивлением соединительных проводов и контактов.



а) *б*)

Рис. 2. Подключение прибора по 4-х зажимной схеме:

а) общий вид схемы; *б*) подключение прибора к сложному (контурному) заземлителю

Независимо от выбранной схемы измерение необходимо проводить в следующем порядке.

Переключатель выбора диапазона измерения установить в положение «×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 «×5», «×10» или «×100», умножив показания прибора на соответствующий множитель положения переключателя.

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:

$$\gamma_{н.в.} = \gamma_g \cdot \frac{A_н}{A}, \quad (1)$$

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

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

$A_н$ – 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 $\gamma_{н.в.}$ (погрешность измерения удваивается). Основная погрешность прибора М 416 определяется выражением:

$$\gamma_{н.в.} = \pm [1{,}5 + (N/R_x - 1)], \%, \quad (2)$$

где N – верхний предел измерения прибора, Ом;

R_x – измеренное сопротивление заземлителя, Ом.

Прибор ИС-10

Измерение сопротивления заземляющего устройства прибором ИС-10 также может выполняться по трёх- и четырёхпроводному методу измерения.

Измерение сопротивления заземления по четырёхпроводному методу (4П). Кнопкой «РЕЖИМ» выбрать четырёхпроводный метод измерения.

Определить максимальную диагональ (далее Д) заземляющего устройства (ЗУ).

Соединить ЗУ при помощи измерительных кабелей с гнездами Т1 и П1.

Потенциальный штырь П2 установить в грунт на расстоянии 1,5 Д, но не менее 20 м от измеряемого ЗУ (рис. 3).

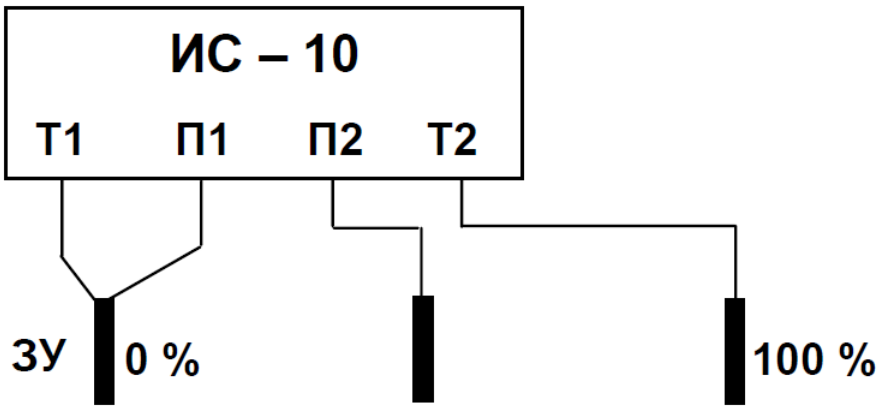


Рис. 3. Схема измерения сопротивления ЗУ четырёхпроводным методом прибором ИС-10

При наличии напряжения помехи, прибор измерит её амплитудное значение в вольтах и результат отобразит на индикаторе. В этом случае необходимо найти оптимальное направление расположения измерительных штырей, при котором величина напряжения помехи будет минимальной. Это позволит получить наиболее достоверные результаты последующих измерений.

Токовый штырь Т2 установить в грунт на расстоянии более 3 Д, но не менее 40 м от ЗУ. Подключить соединительный кабель к разъему Т2 прибора. Произвести серию измерений сопротивления заземления при последовательной установке потенциального штыря П2 в грунт на расстоянии 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 и 90 % от расстояния до токового штыря Т2.

ЗУ, токовый и потенциальный измерительные штыри обычно выстраивают в одну линию.

Далее построить график зависимости сопротивления от расстояния между ЗУ и потенциальным штырём П2. Если кривая монотонно возрастает и имеет в средней части достаточно горизонтальный участок (при расстояниях 40 и 60 %

разница значений сопротивления меньше 10 %), то за истинное принимается значение сопротивления при расстоянии 50 %.

В противном случае все расстояния до штырей необходимо увеличить в 1,5–2 раза или изменить направление установки штырей для уменьшения влияния надземных или подземных коммуникаций.

Измерение сопротивления заземления по трёхпроводному методу (3П).

Кнопкой «РЕЖИМ» выбрать трёхпроводный метод измерения, подключить измерительный кабель минимальной длины к гнезду Т1. Измерение проводить аналогично четырёхпроводному методу, но при этом сопротивление измерительного кабеля, подключенного к гнезду Т1, компенсироваться не будет (рис. 4).

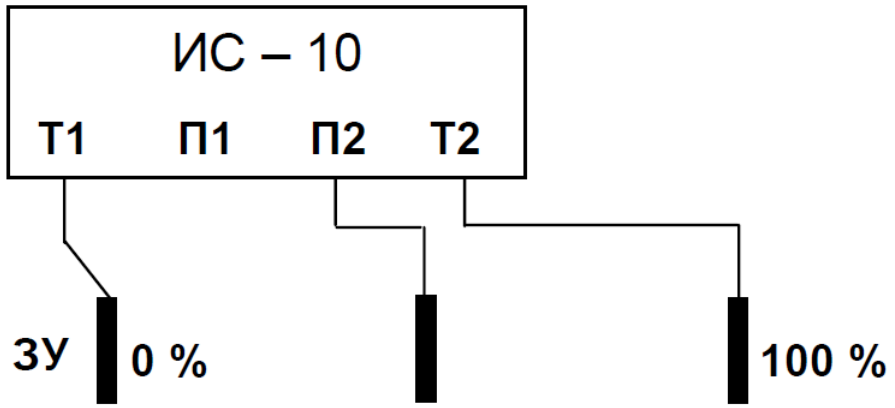


Рис. 4. Схема измерения сопротивления ЗУ трёхпроводным методом прибором ИС-10

Результаты измерений записать в протокол. Определить значение сопротивления заземляющего устройства электроустановки с учетом поправочных коэффициентов.

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 сопротивления заземляющего устройства. Каждое измерение сопротивления ЗУ, выполненное одним прибором, заносится в отдельный протокол.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами М 416, Ф4103-М1, ИС-10.
2. Изучить методики измерений сопротивлений заземляющих устройств приборами М 416, Ф4103-М1, ИС-10.
3. Провести измерения сопротивлений заземляющих устройств электроустановок приборами М 416, Ф4103-М1, ИС-10.
4. Заполнить протоколы измерений.
5. Определить нормируемое значение сопротивление заземляющего устройства для исследуемого объекта (электроустановки).
6. Определить величину поправочных коэффициентов.
7. Определить расчетное значение сопротивления заземляющего устройства. Сравнить полученные результаты с нормативными значениями.
8. Представить в табличном виде нормативные значения сопротивлений заземляющих устройств различных объектов (электроустановок).
9. Сделать заключение (вывод) по проделанной работе.
10. 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 сопротивлений заземляющих устройств.
- Протоколы измерений.
- Нормативные значения сопротивлений заземляющих устройств

различных объектов (электроустановок).

- Заключение (выводы по работе).
- Список литературы (ГОСТ Р 7.0.100-2018).

ПРОТОКОЛ № 2/_____
Измерения сопротивления растеканию тока контура заземления (заземляющего устройства)

Измерения проведены: «___» _____ 20__ г.
Прибор: _____
Метрологические данные: _____
Переходное сопротивление контактов (изм. электроды – изм. провода) – _____
Результаты внешнего осмотра: _____
Характеристика грунта и состояние ЗУ: _____
Метеорологические данные: _____
Цель испытаний: проверка соответствия сопротивления ЗУ требованиям ПУЭ.

№ п/п	**Наименование объекта, место измерения**	**Сопротивление $R_{изм}$, Ом**	**Поправочный коэффициент (K_1, K_2, K_3)**	**Расчетное сопротивление $R_p = R_{изм} \cdot K_i$, Ом**	**Наибольшее допустимое сопротивление $R_з$, Ом**	**Заключение**
1	2	3	4	5	6	7

Схема измерения: _____
_____

Норма:
_____

Заключение: _____
_____
_____
_____
_____

Измерения проводили: _____

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).