**МЕТОДИКА**

ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА

1. **Общие положения.**
   1. Данная методика предназначена для производства измерений сопротивлений заземляющих устройств с целью оценки качества заземляющих устройств сравнением измеренных величин сопротивлений с нормами по пункту 1.8.36-5 ПУЭ и пункту 24.3 ПТЭЭП. Методика распространяется и на измерения удельного сопротивления грунта, которое по пункту 1.7.37. ПУЭ следует определять в качестве расчетного значения, соответствующего сезону года, когда сопротивление заземляющего устройства принимает наибольшее значения.
   2. Объектами измерений являются заземляющие устройства подстанций, распределительных устройств, опор линий электропередачи, молниеотводов и производственных помещений.
   3. Измерения проводятся с целью оценки качества заземляющего устройства и контактных соединений и соответствия их параметров нормам.
   4. Требуемые нормы сопротивлений заземлений должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных климатических условиях.
   5. Измерения проводятся при вводе устройства в эксплуатацию, при капитальном ремонте заземляющего устройства, реконструкции и согласно графикам испытаний.
2. **Нормативные ссылки**

Настоящие указания составлены на основании следующих документов:

* 1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (утв.приказом Минэнерго РФ от 13января 2003 г. №6.
  2. ПОТ Р М-016-2001.Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. Утверждён: Министерство энергетики РФ (27.12.2000).
  3. Правила устройства электроустановок «изд. шестое и седьмое».
  4. Объем и нормы испытаний электрооборудования. РД 34.45-51.300-97 «изд.6, 2003 г».
  5. ГОСТ 12.3.019-80 «Испытания и измерения электрические».
  6. ГОСТ Р 8.563-2009«Методики выполнения измерений».
  7. ГОСТ Р 50571.16-2007 «Электроустановки зданий. Часть 6. Испытания. Гл.61. Приемо-сдаточные испытания» .
  8. Справочная и заводская документация на оборудование и приборы.

1. **Метод измерения.**
   1. Для измерения сопротивления растеканию тока заземляющих устройств (далее ЗУ) всех типов, проверки цепи между заземлителями и заземляемыми элементами используется измеритель сопротивления заземления Ф4103-М1.
   2. Измерение сопротивления производится без отсоединения грозозащитных тросов, оболочек отходящих кабелей и других естественных заземлителей.
   3. Для подстанций с напряжением на стороне до 1 кВ с глухозаземленой нейтралью по отдельности измеряется сопротивление ЗУ искусственного заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора, и сопротивление повторных заземлителей отходящих ВЛ-0,4 кВ. Далее измеряется общее сопротивление растеканию всех заземлителей (в т.ч. естественных и повторных заземлений нулевого провода каждой ВЛ) и общее сопротивление ЗУ подстанции со всеми присоединенными заземлителями. Для измерения сопротивления растеканию тока исследуемого заземлителя необходимо забить в землю два электрода, диаметр электродов должен быть не менее 5 мм.
   4. Принципиальные схемы измерений приведена на рисунке . Направление разноса электродов выбирать так, чтобы соединительные провода не проходили вблизи металлоконструкций и параллельно трассе ЛЭП. При этом, расстояние между токовыми и потенциальными проводами должно быть не менее 1 м. Присоединение проводов к ЗУ выполнять на одной металлоконструкции, выбирая места подключения на расстоянии 0,2 - 0,4 м друг от друга. Токовый и потенциальный электроды следует располагать на одной линии по территории, свободной от линий электропередачи и других подземных коммуникаций. Расстояние от подстанции до токового и потенциального электродов выбираются в зависимости от размеров заземляющего устройства (ЗУ) и характерных особенностей территории вокруг подстанции.
   5. Если заземлитель подстанции имеет небольшие размеры, а вокруг него имеется обширная площадь, свободная от ЛЭП и подземных коммуникаций, то расстояния до электродов выбираются следующим образом
   6. Lэт≥3Д и Lэп=0,5 Lэт
   7. где: Д - наибольший линейный размер РУ, характерный для данного типа заземлителя (для заземлителя в виде многоугольника - диагональ ЗУ, для глубинного заземлителя длина глубинного электрода, для лучевого заземлителя - длина луча)
   8. При измерениях в качестве ПЭ и ТЭ применяют очищенные от краски и ржавчины стальные стержни или трубы диаметром до 50 мм. Электроды забиваются или завинчиваются в грунт на глубину 1,0 - 1,5 . Если необходимо, то ТЭ выполняется из нескольких параллельно соединенных электродов, размещенных по окружности, с расстоянием между ними 1,0 - 0,5 м. При выборе или сооружении ТЭ и ПЭ необходимо проверить соответствие их сопротивления данным таблицы.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип заземлителя | Размеры заземлителя | t = 0.7-0.8 м | | | t = 0.5 м | | |
| К1 | К2 | К3 | К1 | К2 | К3 |
| Горизонтальная полоса | L= 5 м.  L= 20 м. | 3,6 | 3,0 | 2,5 | 6,5 | 5,2 | 3,8 |
| Заземляющая сетка или контур | S= 400 м\*2 | 2,6 | 2,3 | 2,0 | 4.6 | 3,8 | 3.2 |
| S= 900 м\*2 | 2,2 | 2.0 | 1.8 | 3,6 | 3.0 | 2.7 |
| S=3600 м\*2 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 3,0 | 2,6 | 2,3 |
| Заземляющая сетка или контур с вертикальными электродами длиной до 5 м. | S= 900 м\*2 N > 10 шт. | 1.6 | 1,5 | 1,4 | 2,1 | 1,9 | 1,8 |
| S= 3600 м\*2 N > 15шт. | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 2,0 | 1,9 | 1,7 |
| Одиночный вертикальный заземлитель | L= 2,5 м | 2,00 | 1,75 | 1,50 | 3,8 | 3,00 | 2,30 |
| L= 3,5 м | 1,60 | 1,40 | 1,30 | 2,0 | 1,90 | 1,60 |
| L= 5 м | 1,30 | 1,23 | 1,15 | 1,6 | 1,45 | 1,30 |

1. **Средства измерения.**
   1. Прибор М 416, с диапазоном измерений 0,1 – 1000 Ом, погрешность – 4 %
   2. Прибор Ф4103-М1 с диапазоном измерений 0,3 --15000 Ом, погрешность – 4 %
   3. Термометр ТЛ-2, с диапазоном измерений от 0 0С до + 100 0С, погрешность 1 0С
   4. Гигрометр ВИТ - 2, с диапазоном измерений влажности 54 – 90 %, погрешность 5 %
2. **Требования к погрешности измерений.**
   1. Пределы допустимой основной погрешности при измерении параметров электрооборудования по данной методике не нормируются.
   2. Перед проведением измерения и испытания необходимо:

- устранить или уменьшить влияние факторов, вызывающих дополнительную погрешность;

- выполнить надежное соединение проводников с приборами;

- у приборов с внутренними источниками питания проверить их работоспособность (элементы, аккумуляторы);

- установить измерительные приборы горизонтально (отклонение не более 3 %) вдали от мощных источников электромагнитных и тепловых излучений;

- стрелки (курсоры) приборов выставить на 0 шкалы;

* 1. Погрешность измерений определяется инструментальной погрешностью прибора и основными погрешностями, обусловленными внешними условиями при проведении измерений:

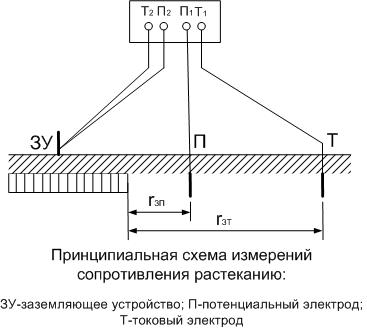
δ = √δ + δ + δ,

где δ – основная погрешность прибора, ее значение указывается в паспорте прибора;

δ – погрешность, обусловленная отклонением прибора от горизонтального положения, учитывается при проведении измерений аналоговым прибором, ее значение указывается в паспорте прибора. При отсутствии этих данных в паспорте прибора δ = δ при отклонении прибора от горизонтального положения не более чем на 30 градусов;

δ – погрешность, обусловленная температурными условиями измерений, указывается в паспорте прибора. При отсутствии этих данных в паспорте прибора, δ составляет 0,5γ на каждые 10 0С отклонения температуры от ее нормированного значения (20 0С).

1. **Условия проведения измерений.**
   1. Измерения проводятся на отключенном и заземленном оборудовании после выполнения всех организационных и технических мероприятии и согласно инструкции по ОТ.
   2. Измерения проводятся в интервале температуры + 5 – +40 0С и относительной влажности не более 80 %.
   3. Измерения желательно проводить в период наибольшего высыхания грунта.
   4. Для получения достоверных данных, от заземляющего провода контура должны быть отсоединены «нейтрали» трансформаторов и нулевые провода на опорах и объектах.
2. **Порядок проведения измерений.**
   1. Перед производством измерений сопротивлений заземлений производится проверка состояния элементов заземляющего устройства.
   2. Сечения всех проводников и заземлителей, включая главную заземляющую шину, должны соответствовать требованиям проекта и ПУЭ.
   3. В эксплуатации снижение сечения заземлителей из-за коррозии происходит в первую очередь непосредственно под поверхностью грунта. Поэтому выборочная проверка заземлителей должна проводиться со вскрытием грунта на глубину примерно 20 см.
   4. На подстанциях проверка производится вблизи заземлений нейтралей силовых трансформаторов, короткозамыкателей, разрядников, а также в местах, где заземлители наиболее подвержены коррозии.
   5. На ВЛ выборочная проверка проводится не менее чем у 2% опор от общего числа опор с заземлителями и, при возможности, в населенной местности.
   6. При измерении, заземлитель очищается от коррозии и снимаются линейные размеры поперечного сечения проводника (диаметр или толщина и ширина) штангенциркулем. Элемент должен быть заменен, если разрушено более 50% его первоначального сечения.
   7. Проверка коррозийного состояния проводится не реже 1 раза в 12 лет.
3. **ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА**
   1. Измерение сопротивления заземляющего устройства вновь вводимых подстанций следует выполнять до присоединения посторонних заземлителей (кабелей, линий, трубопроводов и т.п.). На действующих подстанциях измерение производится без отсоединения грозозащитных тросов, оболочек кабелей и других естественных заземлителей.
   2. Измерения проводятся приборами М 416, Ф 4103 – М1, согласно их заводских инструкций.
   3. Измерения производятся по следующим схемам:





ЗУ - заземляющее устройство, П - потенциальный электрод, Т - токовый электрод.

Токовый и потенциальный электроды должны изготавливаться из стальных стержней или труб диаметром до 50 мм. Стержни должны быть очищены от краски и иметь надежный контакт с соединительными проводами. Провода должны быть гибкими, изолированными сечением 1,5 - 2,5 кв.мм. При измерении на подстанциях с глухо-заземленной нейтралью необходимо отсоединить электрические нули трансформаторов.

Заземляющее

устройство

М416

Электрод 1

Электрод 2

10 м

20 м

0,5м м

Электрод 1 – потенциальный электрод;

Электрод 2 – вспомогательный электрод.

## Рис. 1 Схема проведения измерений сопротивления заземляющего устройства.

М416

0,5 м

Дополнительный электрод

10 м

20 м

Электрод 2

Электрод 1

земля

#### Рис.2 Схема проведения измерения удельного сопротивления грунта

* 1. Допустимые значения сопротивления ЗУ приведены в ПУЭ, ПТЭ и Нормах испытаний.

1. **Обработка, оценка и оформление результатов испытаний.**
   1. При производстве измерений ведется рабочая тетрадь, где фиксируются все данные по погодным условиям, объектам измерения и результатам измерений.
   2. По данным результатов измерений проводится оценка состояния заземляющего устройства.
   3. Результаты проверки отражаются в протоколе соответствующей формы.
2. **Требования безопасности и охраны окружающей среды.**
   1. Все работы должны выполняться согласно требований ПОТ, ППБ и инструкций по ОТ.
   2. Измерение сопротивления заземляющего устройства не представляет опасности для окружающей среды.

Начальник ЭТЛ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Подпись, инициалы и фамилия разработчика инструкции)

**ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА**

ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СОПРАТИВЛЕНИЯ ГРУНТА

**1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ.**

1.1. Все работы должны выполняться согласно «ПОТ Р М-016-2001.Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок и настоящей инструкции.

1.2. К выполнению работ допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обучение, сдавшие экзамены и допущенные к работе по испытаниям и измерениям, с записью в удостоверении о проверке знаний.

1.3. Проведение работ выполняется по наряду или распоряжению на отключенном и заземленном оборудовании после выполнения всех организационных и технических мероприятий.

1.4. Состав бригады определяет лицо выдающее наряд или распоряжение в соответствие с требованиями ПОТ. При этом у производителя работ должна быть группа 4, а у члена бригады – группа 3.

1.5. Все измерения и испытания должны проводиться с обязательным применением испытанных защитных средств.

1.6. Каждый работник должен знать место нахождения ближайшей мед. аптечки, пройти обучение по оказанию первой помощи на тренажере и уметь оказать ее при необходимости.

1.7. При обнаружении неисправности средств защиты, приборов, оборудования, нарушениях ПТБ все работы прекращаются, сообщается о нарушениях вышестоящему руководителю и не могут возобновляться до устранения нарушений.

1.8. Работы должны проводиться при положительной температуре, атмосферном давлении в пределах 84 – 106 кПа и относительной влажности воздуха 30 – 85 %.

1.9. Запрещается работа в темное время суток, при приближении грозы, при сильных осадках и т.п.

1.10. Права, обязанности и ответственность персонала ЭЛ отражены в должностных инструкциях.

**2. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕД НАЧАЛОМ РАБОТ**

2.1. Проверяется комплектность и исправность средств защиты, инструмента, спецодежды, приборов .

2.2. Проверяется подготовка рабочего места и проводится допуск бригады, с соблюдением всех требований ТБ.

2.3. Перед началом работы необходимо проверить отсутствие напряжения на заземляющих (зануляющих) проводах.

**3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВО ВРЕМЯ РАБОТ**

3.1. Измерение или испытание должно проводиться на отключенных и заземленных объектах.

3.2. Сборка измерительной схемы производится так, чтобы присоединение измерительного провода к объекту было последней операцией.

3.3. Запрещается прикасаться к токоведущим частям оборудования к которым подключен измеритель.

3.5. Все работы выполняются с обязательным применением диэлектрических перчаток и бот.

**4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ОКОНЧАНИИ РАБОТ**

4.1. Разбирается измерительная схема: сначала измерительные провода отсоединяются от объекта, а затем от прибора.

4.4. Убирается рабочее место и бригада удаляется с места работы.

4.5. Сдается рабочее место допускающему и оформляется окончание работ в документах.

**5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

5.. При возникновении аварийной ситуации (травма, возгорание, стихия, повреждение оборудования) необходимо срочно прекратить работу и при необходимости отключить оборудование.

5.2. При опасности для жизни людей необходимо немедленно покинуть рабочее место.

5.3. При травмировании или внезапном заболевании работника необходимо срочно оказать пострадавшему первую доврачебную помощь и вызвать врача или доставить пострадавшего в медицинское учреждение.

5.4. При локальном возгорании (не связанном с оборудованием, находящемся под напряжением) принять меры к его ликвидации с помощью первичных средств пожаротушения. В случае невозможности ликвидации пожара собственными силами, необходимо вызвать пожарное подразделение.

5.5. В случае возникновения замыкания на землю, запрещается приближение к месту замыкания ближе 8 м. в ОРУ и 4 м. в ЗРУ. Приближение возможно только для отключения оборудования и освобождения пострадавшего от действия электрического тока. При этом обязательно применение диэлектрических бот и перчаток, изолирующей штанги.

5.6. Обо всех возникших аварийных ситуациях необходимо сразу сообщать вышестоящему руководству.

5.7. Приступать к дальнейшей работе можно только после окончательного устранения последствий аварийных ситуаций.

Начальник ЭТЛ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Подпись, инициалы и фамилия разработчика инструкции)

Приложение №1

# Инструкцию изучил, обязуюсь выполнять

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Ф.И.О. | Должность | Дата  изучения | Подпись |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

# Приложение №2

# Лист регистрации изменений и дополнений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Дата  пересмотра | Содержание изменений и  дополнений | Основание | Ф.И.О.  лица внёсшего  изменения | Подпись |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |