

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
РОССИЙСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ

Согласовано:

Заместитель начальника Департамента
технической политики ОАО «РЖД»

С.А.Левин

« 11 » 2009 г.



Утверждено:

Главный инженер Департамента
автоматики и телемеханики ОАО «РЖД»

Г.Д. Казиев

2009 г.



СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

МВИ ЦШ РЖД 001 2009

Согласовано:

Директор ПКТБ ЦШ

А.А.Кочетков

« 11 » 2009 г.



Согласовано:

Директор ООО «Технический центр
железнодорожной автоматики и связи»

А.В.Розов

2009 г.



РАЗРАБОТАНА: ООО «Технический центр железнодорожной автоматики и связи», г. Рязань.

ИСПОЛНИТЕЛИ: к.т.н. Е.Ф. Петров (руководители темы), к.т.н. Г.В.Уточкин,

АТТЕСТОВАНА: ФГУП "ВНИИМС" Ростехрегулирования

"28" октябрь 2009 г. Свидетельство № 206.2/045-09

УТВЕРЖДЕНА: Департаментом технической политики ОАО «РЖД»

"____" _____ 2009 г.

ЗАРЕГИСТРИРОВАНА: Департаментом технической политики ОАО «РЖД»

"____" _____ 2009 г.

ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ

1. Введение

Настоящий документ устанавливает методику выполнения измерений (МВИ) заземляющих устройств электроустановок железнодорожной автоматики и телемеханики при вводе в эксплуатацию, после выполнения ремонтных работ и в процессе эксплуатации.

Измерение заземляющих устройств проводится с целью проверки его соответствия требованиям нормативных документов.

2. Характеристики измеряемых величин и условия измерений

2.1 Под термином *заземление* подразумевается электрическое подключение какой-либо цепи или оборудования к земле. Заземление используется для установки и поддержания потенциала подключенной цепи или оборудования максимально близким к потенциальну земли. Цепь заземления, образованная заземляющими проводниками и заземлителями, находящимися в электрическом контакте с землей, называется заземляющим устройством.

2.2 Измеряемыми величинами являются геометрические размеры элементов заземления, и сопротивление заземляющего устройства.

Величина удельного сопротивления грунта в месте установки заземляющего устройства может быть определена по результатам измерения сопротивления и расстояния между измерительными штырями.

2.3 Объектом измерений являются:

- заземляющие устройства электроустановок напряжением до 1000 В в сетях с изолированной нейтралью;
- заземляющие устройства электроустановок напряжением до 1000 В в сетях с глухозаземленной нейтралью;
- заземляющие устройства, предназначенные для защиты от грозовых перенапряжений.

2.4 Измерение геометрических размеров элементов заземления на соответствие проекту производится с помощью рулетки методом прямых измерений, для таких измерений не требуются документированные МВИ.

На результаты измерений электрического сопротивления заземления и удельного сопротивления грунта значительное влияние могут оказывать места размещения вспомогательных электродов, неоднородность сопротивления грунта и внешние факторы:

- помехи, создаваемые обратным тяговым током и другими источниками;
- температура, влажность;
- напряжение питания измерителя сопротивления изоляции.

Для получения результатов таких измерений с погрешностью, не превышающей допускаемых пределов, необходима регламентация МВИ.

2.5 Согласно требованиям Правил устройства электроустановок (глава 1.7):

в электроустановках с изолированной нейтралью заземляющие устройства должны иметь электрическое сопротивление не более 4 Ом, а при суммарной мощности генераторов и трансформаторов до 100 кВА - не более 10 Ом.

в электроустановках с глухозаземленной нейтралью заземляющие устройства должны иметь электрическое сопротивление не более 4 и 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 380 и 220 В источника трехфазного тока или 220 и 127 В источника однофазного тока.

2.6 Измерение удельного сопротивления грунта проводится, когда измеренное сопротивление заземлителя не соответствует нормативным требованиям. В этом случае проверяется допустимая степень этого несоответствия для измеренных значений удельного сопротивления грунта.

3. Требования к погрешности измерений, средства измерений

В действующей нормативной и технологической документации не указаны требования к погрешности измерений заземляющих устройств электроустановок, поэтому при расчете погрешностей измерений за основу принимаются характеристики применяемых средств измерений.

В качестве средства измерения сопротивления заземления выбран измеритель сопротивления заземления типа ИС-10 (далее прибор ИС-10) так как это единственный измеритель сопротивления заземления, который выпускается в РФ. Основные технические характеристики этого прибора приведены в приложении 1.

Прибор ИС-10 обеспечивает пределы основной относительной погрешности измерения сопротивления в нормальных условиях, в режиме четырехпроводного метода измерений, не более:

$$\delta_0 = \pm \{ [3 + 0,01 (R_k / R_x - 1)] \% + 3 \text{ емр} \}, \text{ где}$$

R_k - конечное значение поддиапазона измеряемого сопротивления;

R_x – значение измеряемого сопротивления в пределах поддиапазона;

емр – аббревиатура – единица младшего разряда цифрового индикатора.

При измерении сопротивления заземления необходимо учитывать следующие дополнительные составляющие погрешности:

от изменения температуры в рабочем диапазоне не более $1 \delta_1$;

от изменения влажности в рабочем диапазоне не более $1 \delta_2$;

от изменения напряжения питания в рабочем диапазоне не более $0,5 \delta_3$;

от воздействия максимального допустимого напряжения помехи не более $1 \delta_4$.

от мест размещения вспомогательных электродов не более 10%

При измерении удельного сопротивления грунта в дополнение к указанным выше составляющим погрешности измерения прибавляется погрешность от неоднородности грунта в месте измерений не более 10%.

В условиях, в которых неизвестны фактические значения влияющих величин, оценка погрешности должна производиться на основе суммирования максимальных пределов основной и имеющих место дополнительных погрешностей. При этом возможны как простое суммирование погрешностей, подразумевающее их систематический характер, так и квадратическое суммирование, ориентированное на случайный характер погрешностей.

Учитывая, что дополнительные погрешности от изменения температуры, влажности окружающего воздуха и напряжения питания прибора ИС-10 носят систематический характер, максимальная допускаемая систематическая составляющая погрешности определяется по формуле:

$$\delta_{ci} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = \pm 7,7\%$$

Дополнительные составляющие погрешности измерений от воздействия помех, от мест размещения вспомогательных электродов и состояния грунта можно интерпретировать как значения случайных величин.

Допускаемая случайная составляющая погрешности измерений сопротивления заземления определяется по формуле:

$$\delta_{ci} = \pm \sqrt{\delta_4^2 + \delta_5^2} = \pm 10,47$$

Допускаемая случайная составляющая погрешности измерения удельного сопротивления грунта определяется по формуле:

$$\delta_{ci} = \pm \sqrt{\delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2} = \pm 14,48\%$$

Допускаемое значение погрешности измерений сопротивления заземления не должно превышать:

$$\delta_z = \pm \sqrt{\delta_{\frac{z}{0}}^2 + \delta_{cu}^2 + \delta_{czz}^2} = \pm 13,4\%$$

Допускаемое значение погрешности измерения удельного сопротивления грунта не должно превышать:

$$\delta_c = \pm \sqrt{\delta_{\frac{c}{0}}^2 + \delta_{cu}^2 + \delta_{czz}^2} = \pm 16,7\%$$

Диапазон значений погрешности измерений сопротивления заземления до 15% можно считать характеристикой погрешности измерений, предписанной данной МВИ.

Диапазон значений погрешности измерений удельного сопротивления грунта до 20% можно считать характеристикой погрешности измерений, предписанной данной МВИ.

Указанные максимальные допускаемые значения погрешности измерений можно считать приемлемыми для практических измерений сопротивления заземления в диапазоне от 1 до 25 Ом и удельного сопротивления грунта до 100 Ом·м.

4. Метод измерений

4.1 Измерение сопротивления заземляющего устройства

Для измерения сопротивления заземляющего устройства (ЗУ) используют метод с применением вспомогательных токовых и потенциальных заземлителей (токовых и потенциальных измерительных штырей длиной 0,5 м по терминологии РЭ на прибор ИС-10).

При этом создается искусственная цепь протекания тока через ЗУ, на некотором расстоянии от которого размещают токовый штырь Т2, подключаемый вместе с ЗУ к источнику тока.

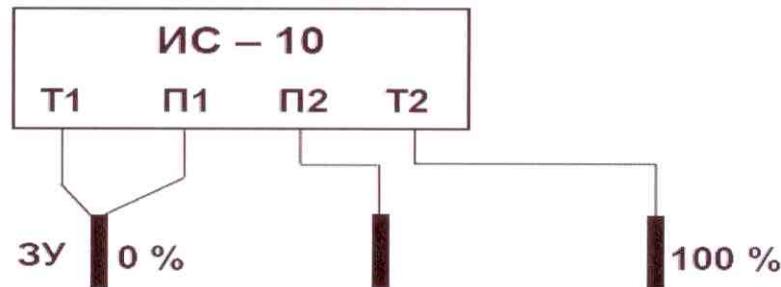


Рисунок 1. Четырехпроводная схема измерения сопротивления заземления

Прибор ИС-10 формирует измерительный стабилизированный импульсный ток переменной полярности (меандр), частотой 128 Гц, амплитудное значение силы тока не более 260 мА. Падение напряжения в измеряемой цепи при стабилизированном токе пропорционально её сопротивлению. Для измерения падения напряжения применяется потенциальный штырь П2.

Дополнительная погрешность измерения может быть обусловлена неправильным выбором расстояния между ЗУ, потенциальным и токовым штырями, когда зоны растекания каждого штыря будут перекрываться. Эта составляющая дополнительной погрешности принята не более 10% от измеренного значения при определенном соотношении расстояний от ЗУ до мест установки штырей, например при линейном расположении штырей должно соблюдаться условие: $L_{зуп2} = 0,62 L_{зут2}$

Для ЗУ с одиночным заземлителем схема расположения штырей и оптимальные расстояния показаны на рис. 2.

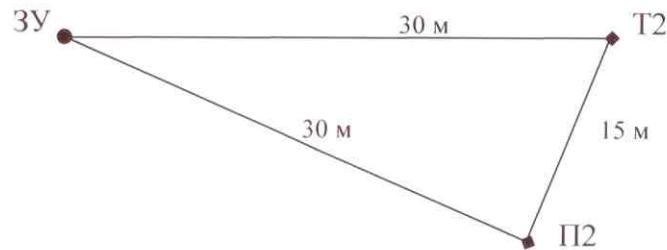


Рисунок 2. Схема расположения штырей П2 и Т2 одиночного заземлителя

Для сложных заземлителей (контур с вертикальными электродами, заземляющая сетка) токовый и потенциальный штыри следует устанавливать вне заземляющего устройства, расстояние от ЗУ до этих штырей определяется размером ЗУ (D). В качестве размера ЗУ принимается длина полосы объединяющей вертикальные электроды или длина наибольшей диагонали сложного заземлителя.

Для сложных ЗУ схема расположения штырей показаны на рис. 3, а оптимальные расстояния в таблице 1.

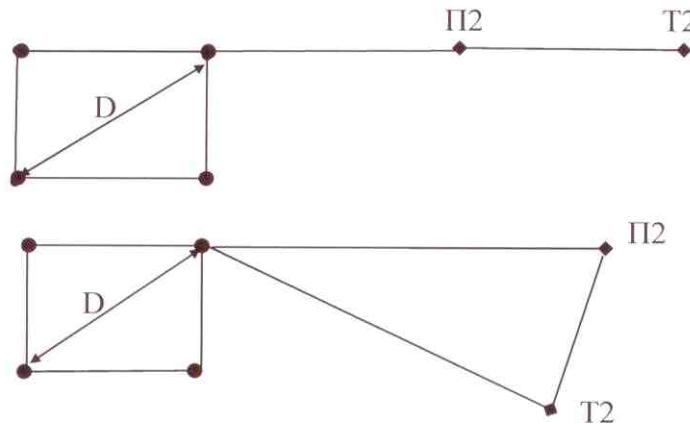


Рисунок 3. Схема расположения штырей Т2 и П2 сложных заземлителей

Таблица 1

Размер D ЗУ	Оптимальное расстояние при схемах измерения	
	однолучевой	двухлучевой
До 10 м	ЗУ-П2 = 30 м; П2-Т2 = 30 м	ЗУ-П2 = 30 м; ЗУ-Т2 = 30 м; П2-Т2 = 20 м
10...40 м	ЗУ-П2 = 60 м; П2-Т2 = 60 м	ЗУ-П2 = 60 м; ЗУ-Т2 = 60 м; П2-Т2 = 40 м
Более 40 м	ЗУ-П2 = 1,5 D; П2-Т2 = 1,5 D	ЗУ-П2 = 1,5 D; ЗУ-Т2 = 1,5 D; П2-Т2 = D

Направление разноса штырей Т2 и П2 выбирается так, чтобы соединительные провода не проходили вблизи металлоконструкций, имеющих связь с ЗУ или параллельно трассе высоковольтных линий и контактной сети т.к. их влияние может привести к дополнительной погрешности результатов измерения.

4.2 Измерение сопротивления ЗУ при помощи токоизмерительных клещей

Этот метод измерения сопротивления заземления позволяет проводить измерение без отключения цепи заземления. Кроме того, преимущество метода в том, что он позволяет

измерять общее сопротивление устройства заземления, включая сопротивление соединений в цепи заземления.

В цепи ЗУ протекает переменный ток частотой 50 Гц, который при неизменном напряжении пропорционален сопротивлению. Этот ток регистрируется с помощью токовых клещей, на индикаторе прибора отображается значение сопротивления заземления.

Погрешность этого метода измерения сопротивления ЗУ по сравнению с методом, описанным в пункте 4.1, в большей степени зависит от внешних помех и удельного сопротивления грунта. Поэтому этот метод может рассматриваться только как вспомогательный.

4.3 Измерение удельного сопротивления грунта

Измерение удельного сопротивления грунта производят в тех случаях, когда измеренные значения ЗУ больше значений, указанного в нормативной документации. Удельное сопротивление грунта не нормируется.

Измерения проводятся прибором ИС-10 по методу вертикального зондирования. Метод предполагает равные расстояния между электродами (d), которое следует принимать не менее чем в 5 раз больше глубины погружения штырей.

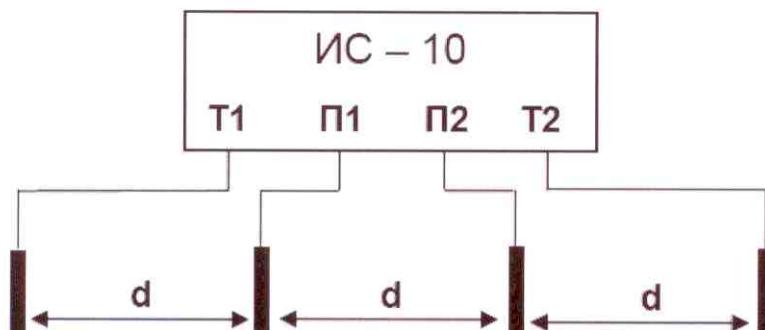


Рисунок 4. Схема измерения удельного сопротивления грунта

Измерительные штыри установить в грунт по прямой линии, через равные расстояния (d) и соединить с измерительными гнездами Т1, П1, П2 и Т2

Удельное сопротивление грунта в приборе ИС-10 определяется автоматически при заранее введенном значении расстояния между штырями.

Удельное сопротивление грунта в значительной степени зависит от содержания влаги в почве и стабильности ее температуры. Эти параметры стабилизируются на глубине не менее 2,5...3 метров от поверхности земли, поэтому воспроизводимость результатов измерений будет обеспечена в любое время года, если электроды ЗУ вбиты на указанную глубину.

4.4 Измерение геометрических размеров выполняют методом прямых измерений.

5. Требования безопасности, охраны окружающей среды

5.1 Перечень необходимых мероприятий, обеспечивающих безопасность работ, приведен в Межотраслевых правилах по охране труда (правилах безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ-016-2001).

5.2 Численный состав бригады должен быть не менее двух человек.

5.3 Производить измерения на заземляющих устройствах во время грозы, дождя, а также в темное время суток запрещается.

5.4 Забивать электроды в землю необходимо исправным молотком (ударная часть без сколов и трещин, рукоять без повреждений) только в рукавицах.

При сборке измерительных схем следует соблюдать последовательность соединения проводов токовой и потенциальной цепи.

5.5 Измерения параметров ЗУ не наносят вреда окружающей среде.

6. Требования к квалификации персонала

К выполнению измерений и испытаний допускают лиц, прошедших специальное обучение и аттестацию с присвоением группы по электробезопасности не ниже III при работе в электроустановках до 1000 В, имеющих запись о допуске к испытаниям и измерениям в электроустановках до 1000 В.

7. Условия проведения измерений

7.1 При выполнении измерений необходимо соблюдать следующие условия:
температура окружающего воздуха от 0°C до 40°C,
относительная влажность не более 90 % при температуре 30°C;
напряжение питания прибора от 10 до 14 В;
амплитудное значение напряжения помех частотой 50 Гц для всех измерительных цепей не более 12 В в диапазоне до 999 мОм и не более 24 В в диапазоне от 1,0 Ома.

7.2 Измерение сопротивления заземляющих устройств следует проводить в периоды наименьшей проводимости грунта (наибольшего удельного сопротивления грунта) - в летнее время при наибольшем высыхании грунта.

7.3 При проведении измерений необходимо обеспечить правильную фазировку токовых (T1, T2) и потенциальных (P1, P2) цепей измерения. Для этого достаточно, что бы цепи T1 и P1 находились с одной стороны подключения к измеряемому объекту, а P2 и T2 с другой.

Если сопротивление объекта кроме активной имеет и реактивные составляющие (индуктивная или ёмкостная), общий результат измерения будет показан с учётом реакции этих составляющих на характер измерительного тока.

8. Подготовка к выполнению измерений

8.1 Проверить исправность, комплектность и состояние аккумулятора прибора ИС-10. Степень заряда аккумулятора отображается на индикаторе условным символом в виде «батарейки» и определяется по величине её зачёрнённости. Порядок зарядки аккумулятора изложен в Руководстве по эксплуатации на прибор ИС-10.

8.2 В случае если прибор находился при температуре, отличной от рабочей, предварительно выдержать его при рабочей температуре в течении двух часов.

8.3 Проводится внешний осмотр элементов заземляющего устройства. Для сложных ЗУ определить максимальную диагональ D заземляющего устройства.

8.4 Токовый и потенциальный штыри устанавливаются на расстояниях, указанных в разделе 4. В местах забивки штырей растительный или насыпной слой должен быть удален.

Во избежании увеличения переходного сопротивления штыри T2 и P2 следует забивать в грунт прямыми ударами, стараясь не раскачивать их. Глубина погружения в грунт должна быть не менее 0,4 метра. Допускается увлажнять почву в месте установки штырей.

8.5 При помощи измерительных кабелей соединить штыри T2 и P2 с гнездами T2 и P2 прибора, затем отсоединить заземляющее устройство от главной заземляющей шины (от электроустановки) и соединяют ЗУ с гнездами T1 и P1 прибора кабелем минимально допустимой длины так как сопротивление кабеля влияет на результат измерения сопротивление ЗУ.

8.6 Включить питание прибора, на индикаторе отображается значение напряжения помехи между входами П1 и П2. Необходимо найти оптимальное направление расположения измерительных штырей, при котором величина напряжения помехи будет минимальной.

Если напряжение помехи при оптимальном расположении измерительных штырей превышает указанные в разделе 7 значения, приступать к измерению сопротивления заземляющего устройства нельзя.

9 Последовательность и порядок выполнения измерений.

9.1 Проводят измерения геометрических размеров заземляющего устройства при помощи измерительной рулетки.

Все размеры должны соответствовать схеме, приведенной в паспорте заземления. Расстояние между вертикальными электродами ЗУ должно быть более 1,8 метра.

9.2 При измерении сопротивления заземляющего устройства выполняют следующие операции:

включить питание прибора;

нажать кратковременно кнопку «Rx /↓», на табло прибора появится надпись «ИЗМЕРЕНИЕ» и в течении нескольких секунд произойдет измерение сопротивления (если нарушена целостность электрической цепи, на табло появится сообщение «нет цепи»);

записать результат измерения в памяти прибора, путем нажатия кнопки «Rx /↓» или в протокол измерений;

повторить измерение не менее 5 раз.

Если особенности территории вокруг ЗУ таковы, что разместить штыри Т2 и П2 на указанных в разделе 4 расстояниях не представляется возможным, токовый штырь размещают на расстоянии 3D от ЗУ и последовательно изменения место установки потенциального штыря П2 относительно ЗУ (рекомендуется 0,4*3D; 0,5*3D; 0,6*3D; 0,7*3D), производят измерение сопротивления. Далее строится кривая зависимости значения сопротивления от расстояния. Если на графике между точками 0,4*3D и 0,7*3D значения сопротивления изменяются не более чем на $\pm 5\%$ от среднего значения, среднее значение сопротивления на этом участке регистрируется как результат измерения сопротивления ЗУ. Если такого участка нет, измерения повторяются при расположении штырей в другом направлении от ЗУ или при увеличенном расстоянии между ЗУ и Т2.

При неудовлетворительных результатах измерений провести визуальный осмотр заземляющего устройства и . Выявленные недостатки устраниТЬ и повторить измерения.

При проведении измерений в условиях отличных от указанных в пункте 7.2, результаты измерений корректируют путем введения поправочных коэффициентов ($R_s = k R_i$). Значения поправочных коэффициентов для разной влажности грунта и разных типов ЗУ приведены в приложении 2

9.3 При измерении удельного сопротивления грунта выполняют следующие операции:

измерительные штыри установить в грунт по прямой линии, через равные расстояния (d) и соединить кабелем с измерительными гнездами Т1, П1, П2 и Т2 согласно рис. 4;

включить питание прибора;

выбрать режим четырехпроводного метода измерения;

кратковременно нажать кнопку «Rx /J» после чего появится надпись «ИЗМЕРЕНИЕ» и в течении нескольких секунд произойдет измерение сопротивления R_E ;

записать результат измерения в протокол измерений;

Для измерения с автоматическим расчетом удельного сопротивления грунта:

кнопкой «РЕЖИМ» выбрать «R уд»;

на индикаторе отображается установленное расстояние между штырями - проверить соответствие этого расстояния фактическому, при необходимости внести корректировку;

кратковременно нажать кнопку «Rx /J», в течении нескольких секунд произойдет измерение, результат измерений будет отображаться в «мОм*м», «Ом*м» или «кОм*м»; записать результат измерения в памяти прибора или в протокол измерений; повторить измерение не менее 5 раз.

10 Обработка результатов измерений

10.1 При обработке результатов измерений сопротивления заземления применяется следующий порядок:

Вычисляется среднее значение n измерений

$$\bar{x} = \sum x_i / n.$$

Определяется погрешность каждого измерения

$$\Delta x_i = \bar{x} - x_i$$

Вычисляются квадраты погрешностей отдельных измерений

$$(\Delta x_1)^2, (\Delta x_2)^2, \dots, (\Delta x_n)^2.$$

Определяется среднеквадратичная ошибка среднего арифметического

$$\bar{x} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta x)^2}{n(n-1)}}$$

Погрешность измерений сопротивления заземления вычисляется по формуле:

$$\Delta x = \bar{x} \cdot t, \text{ где}$$

\bar{x} - среднеквадратичная ошибка среднего арифметического;

t - коэффициент Стьюдента, значение которого выбирается из таблицы для произведенных измерений n.

Значения коэффициента Стьюдента при нормальном законе распределения и принятой вероятности P = 0.95 выбирается из таблицы 2.

Таблица 2

Число измерений, n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Коэффициенты Стьюдента, t	12.706	4.303	3.182	2.776	2.571	2.447	2.365	2.306	2.262

Если величина погрешности результата измерения Δx окажется сравнимой с величиной погрешности прибора δ_0 , то

$$\Delta x = \sqrt{(\bar{x} \cdot t)^2 + \delta^2},$$

Результаты измерений сопротивления заземления считаются положительными, если Δx не превышает характеристикой погрешности измерений, предписанной данной МВИ в разделе 3 настоящего документа.

Окончательный результат измерения сопротивления заземления должен иметь вид:

$$X = \bar{X} \pm \Delta X.$$

10.2 При обработке результатов измерений удельного сопротивления грунта применяют аналогичный порядок обработки результатов измерений.

11 Контроль погрешности результатов измерений.

Контроль точности результатов измерений обеспечивается ежегодной поверкой средств измерений и проверкой вспомогательных технических средств перед выполнением измерений. Выполнение измерений неисправным прибором или с просроченным сроком поверки не допускается.

12 Оформление результатов измерений

Результаты измерений отражаются в протоколе соответствующей формы (форма протокола прилагается в приложении 3).

При заполнении протокола в графе «соответствие требованиям» напротив каждого пункта вносить запись: «соответствует» или «не соответствует».

В протокол заносятся значения величин, рассчитанные с учетом погрешности измерений.

Протокол распечатывается, подписывается исполнителями и утверждается главным инженером дистанции сигнализации, централизации и блокировки.

Оформленный протокол храниться в архиве 6 лет.

Допускается оформление протокола в виде электронного документа и хранить в соответствующей базе данных.

Технические характеристики измерителя сопротивления заземления ИС-10

Измеритель сопротивления заземления типа ИС - 10 зарегистрирован в Государственном реестре средств измерения под № 31290-06.

Прибор соответствует группе 4 по ГОСТ 22261. Значения рабочей температуры от минус 15 до плюс 55 °C с верхним значением относительной влажности 90 % при температуре +30 °C.

Нормальные условия по п. 4.3.1 ГОСТ 22261:

температура окружающего воздуха от плюс 15 до плюс 25 °C;

относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;

атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт. ст.).

Прибор выполнен в корпусе исполнения IP42 по ГОСТ 14254.

По требованиям к электробезопасности прибор соответствует ГОСТ Р 51350.

Прибор соответствует нормам в части помехоэмиссии и нормам в части помехоустойчивости группы В на воздействие электромагнитных полей и группе С на воздействие электростатических разрядов по ГОСТ Р 51522.

Прибор измеряет сопротивление в поддиапазонах:

до 999 мОм с разрешающей способностью 1 мОм;

от 1,00 до 9,99 Ом с разрешающей способностью 0,01 Ом;

от 10,0 до 99,9 Ом с разрешающей способностью 0,1 Ом;

от 100 до 999 Ом с разрешающей способностью 1 Ом;

от 1,00 до 9,99 кОм с разрешающей способностью 0,01 кОм.

Пределы основной относительной погрешности измерения сопротивления в нормальных условиях, в режиме четырёхпроводного метода измерения, не более:

$$\delta = \pm \{ [3 + 0,01 (R_k / R_x - 1)] \% + 3 \text{ емр} \}, \text{ где}$$

R_k – конечное значение поддиапазона измеряемого сопротивления;

R_x – значение измеряемого сопротивления в пределах поддиапазона;

емр – единица младшего разряда.

Переключение диапазонов измерения и определение единиц измерения автоматическое.

Прибор измеряет амплитудное значение синусоидального переменного напряжения частотой 50 Гц до 300 В по входам П1 и П2 с разрешающей способностью 1 В.

Пределы основной относительной погрешности измерения напряжения в нормальных условиях, не более:

$$\delta = \pm \{ [5 + 0,01(300 / V_x - 1)] \% + 3 \text{ емр} \}, \text{ где}$$

V_x – значение измеряемого напряжения, В.

Прибор измеряет с применением клещей (при наличии в составе прибора) переменный синусоидальный ток частотой 50 Гц до 250 мА с разрешающей

способностью 1 мА. Пределы основной относительной погрешности измерения тока в нормальных условиях, не более:

$$\delta = \pm [5 + 0,01(250 / J_x - 1)] \% + 3 \text{ емр, где}$$

J_x - значение измеряемого тока, мА.

Допустимое амплитудное значение напряжения помехи частотой 50 Гц при номинальном напряжении питания для всех измерительных цепей (Π_1 , Π_2 , T_1 и T_2) не более 12 В при измерении сопротивления до 999 мОм и не более 24 В при измерении сопротивления более 1,00 Ом.

Номинальное напряжение питания 12 В. Диапазон рабочих напряжений питания от 10 до 14 В. Питание осуществляется от встроенного аккумулятора. Конструкция прибора обеспечивает извлечение и установку аккумуляторной батареи (например, для замены) без нарушения пломбирования прибора.

Пределы дополнительной погрешности:

от изменения температуры в рабочем диапазоне не более 1 δ ;

от изменения влажности в рабочем диапазоне не более 1 δ ;

от изменения напряжения питания в рабочем диапазоне не более 0,5 δ ;

от воздействия максимального допустимого напряжения помехи не более 1 δ .

Мощность потребления не более 12 Вт.

Прибор имеет самоконтроль напряжения питания. При снижении напряжения от 10,0 до 9,5 В происходит отключение прибора.

Прибор имеет режим зарядки аккумулятора. Он включается автоматически при подключении сетевого блока питания из комплекта поставки прибора и отображается индикатором. Прибор обеспечивает защиту аккумулятора от перезарядки.

Время установления рабочего режима не более 10 секунд. Время выключения прибора, при его неиспользовании, от 2 до 3 минут. Время непрерывной работы прибора не менее 4 часов.

Масса прибора не более 1,2 кг.

Габаритные размеры прибора не более 80 x 120 x 250 мм.

Средняя наработка на отказ прибора Т_о не менее 8000 ч.

Гамма - процентный ресурс ($T_{7,p}$) не менее 10000 ч при $y = 90\%$.

Гамма - процентный срок службы ($T_{y,c}$) не менее 10 лет при $y = 90\%$.

Поправочные коэффициенты к значениям сопротивления заземления

Тип заземляющего устройства	Параметры ЗУ	Влажный грунт (K1)	Грунт средней влажности (K2)	Сухой грунт (K3)
Одиночный вертикальный заземлитель	L = 2,5 м	3,80	3,00	2,30
	L = 3,5 м	2,10	1,90	1,60
	L = 5,0 м	1,60	1,45	1,30
Горизонтальная полоса	L = 5	8,0	6,2	4,4
	L = 20	6,5	5,2	3,8
Заземляющая сетка или контур	S = 400 м ²	4,6	3,8	3,2
	S = 900 м ²	3,6	3,0	2,7
	S = 3600 м ²	3,0	2,6	2,3
Заземляющая сетка или контур с вертикальными электродами длиной 5 и более метров	S = 900 м ² n ≥ 10 шт.	2,1	1,9	1,8
	S = 3600 м ² n ≥ 15 шт.	2,0	1,9	1,7

L – длина горизонтальной полосы или вертикального заземлителя;

S – площадь заземляющей сетки или контура;

n – количество вертикальных электродов.

Форма протокола измерения параметров заземляющего устройства

Утверждаю:

«_____» 200__ г.

ПРОТОКОЛ №
проверка заземляющего устройства

Заземляющее устройство электроустановки _____

Соответствие геометрических размеров заземляющего устройства проекту _____

Норма сопротивления заземления _____ Ом

Характер грунта (влажный, средней влажности, сухой) _____ поправочный коэффициент _____

№	Результаты измерений и математической обработки			
	Показание прибора, Ом	С учетом коэффициента, Ом	Среднее значение, Ом	Погрешность результата измерений

Удельное сопротивление грунта _____ Ом*м

Измерения сопротивления заземляющего устройства проводились прибором _____ заводской номер _____, дата поверки _____

Заключение _____

Исполнители _____
 (должность) _____ (подпись) _____ (Фамилия, инициалы)

(должность) _____ (подпись) _____ (Фамилия, инициалы)