

**Республиканское унитарное предприятие  
«Белорусский государственный институт метрологии»  
(БелГИМ)**

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ О МЕТРОЛОГИЧЕСКОМ ПОДТВЕРЖДЕНИИ ПРИГОДНОСТИ  
МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ (МВИ) № 277/2015**

**Обозначение и наименование методики выполнения измерений:**

**МВИ.МН 5145-2015 «Методика выполнения измерений сопротивления заземляющих устройств, удельного сопротивления грунта, переходных сопротивлений контактных соединений и сопротивления защитных проводников, проверка целостности соединения заземлителя с заземляемыми элементами измерителем параметров заземляющих устройств MRU-200»**

**Заявитель:** РУП «Белэнергосетьпроект»

**Разработчик:** РУП «Белэнергосетьпроект»

Методика выполнения измерений соответствует требованиям, установленным в ГОСТ 8.010-99 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения».

Заключение о метрологическом подтверждении пригодности методики выполнения измерений выдано на основании экспертного заключения по результатам метрологической экспертизы от "30" "08" 2015 г.

Заместитель директора по науке



*[Handwritten signature]* Т.А. Коломиец

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по науке БелГИМ

Т.А. Коломиец

« 2015



### ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по результатам метрологической экспертизы  
методики выполнения измерений (МВИ)

**Наименование МВИ:** Методика выполнения измерений сопротивления заземляющих устройств, удельного сопротивления грунта, переходных сопротивлений контактных соединений и сопротивления защитных проводников, проверка целостности соединения заземлителя с заземляемыми элементами измерителем параметров заземляющих устройств MRU-200

**Разработчик:** РУП «Белэнергосетьпроект»

**На метрологическую экспертизу представлены следующие документы:**

1 Методика выполнения измерений

**По результатам метрологической экспертизы установлено:**

1 Представленная методика устанавливает порядок выполнения измерений сопротивления заземляющих устройств, удельного сопротивления грунта, переходных сопротивлений контактных соединений и сопротивления защитных проводников, проверка целостности соединения заземлителя с заземляемыми элементами измерителем параметров заземляющих устройств MRU-200.

2 Методика соответствует требованиям ГОСТ 8.010-99 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения».

3 Методика может быть использована для выполнения измерений сопротивления заземляющих устройств, удельного сопротивления грунта, переходных сопротивлений контактных соединений и сопротивления защитных проводников, проверка целостности соединения заземлителя с заземляемыми элементами измерителем параметров заземляющих устройств MRU-200.

Начальник ПИО измерений  
электрических величин

Е.А. Казакова

## МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Научно-исследовательское и проектно-испытательское  
республиканское унитарное предприятие  
"БЕЛЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ"

СОГЛАСОВАНО

Главный инженер филиала  
«Энергонадзор» РУП «Минскэнерго»

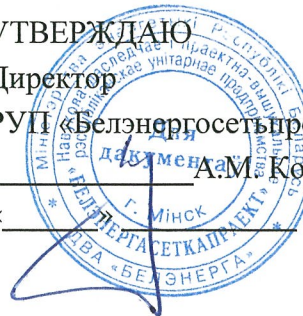
И.И. Трубунович

«» 2014 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор  
РУП «Белэнергосетьпроект»

А.М. Короткевич

«» 2014 г.

СОГЛАСОВАНО

Зам. директора по науке БелГИМ

Т.А. Коломиец

2014 г.



## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА

ПЕРЕХОДНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ  
И СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПРОВОДНИКОВ

ПРОВЕРКА ЦЕЛОСТНОСТИ СОЕДИНЕНИЯ ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ  
С ЗАЗЕМЛЯЕМЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

ИЗМЕРИТЕЛЕМ ПАРАМЕТРОВ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

MRU-200

МВИ. МН 5145-2015

Методику разработали:

 М.А. Драко, м.т.н., заведующий ЭТЛ

 О.А. Мойсенко, ведущий инженер ЭТЛ

Минск 2014

**СОДЕРЖАНИЕ**

	Вводная часть .....	3
1	Нормативные ссылки .....	3
2	Точность измерений .....	3
3	Средства измерений .....	4
4	Методы измерений .....	4
5	Требования безопасности .....	4
6	Требования к квалификации персонала .....	5
7	Условия выполнения измерений .....	5
8	Подготовка к выполнению измерений .....	5
9	Порядок выполнения измерения .....	8
10	Обработка и оформление результатов измерений .....	13
11	Контроль погрешности результатов измерений .....	14
Приложение А	Расчет неопределенности измерений .....	15
Приложение Б	Технические и метрологические характеристики измерителей MRU-200	21
Приложение В	Форма протокола измерений сопротивления заземляющих устройств	23
Приложение Г	Нормы сопротивления заземления .....	25
Приложение Д	Форма протокола проверки соединения заземлителя с заземляемыми элементами	28

## ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Настоящая методика выполнения измерений (далее МВИ) устанавливает методику выполнения измерений сопротивления заземляющих устройств электроустановок до и выше 1000 В, измерения удельного сопротивления грунта, измерения переходных сопротивлений контактных соединений и сопротивления защитных проводников и проверки целостности соединения заземлителя с заземляемыми элементами измерителем параметров заземляющих устройств MRU-200.

Настоящая МВИ разработана с учетом требований ГОСТ 8.010-99; ГОСТ 22261-94, ГОСТ 30331.3-94, ТКП 181-2009, ТКП 339-2011, ТКП 427-2012.

Измерения параметров электрооборудования проводятся в соответствии с ТКП 181-2009 Приложение Б «Нормы и объем испытаний электрооборудования».

Методика применяется при измерениях параметров электроустановок потребителей. Задача измерений — обеспечить надежную и безопасную работу электроустановок.

Изменения в МВИ вносятся в соответствии с ГОСТ 2.503-90.

## 1 Нормативные ссылки

В настоящей МВИ использованы ссылки на следующие ТНПА:

1.1 ГОСТ 8.010-99 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений».

1.2 ГОСТ 2.503-90 «Единая система конструкторской документации. Правила внесения изменений».

1.3 ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия».

1.4 ГОСТ 30331.3-94 «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током».

1.5 ТКП 181-2009 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей».

1.6 ТКП 339-2011 «Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемосдаточных испытаний».

1.7 ТКП 427-2012 «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок».

## 2 Точность измерений

2.1 Показателем точности измерений сопротивления заземляющих устройств, удельного сопротивления грунта, переходных сопротивлений контактных соединений и сопротивления защитных проводников является неопределенность измерений.

2.2 Неопределенность измерений рассчитывается в соответствии с требованиями раздела 11 настоящей МВИ. Методика расчета неопределенности результатов измерений приведена в Приложении А.

### 3 Средства измерений

3.1 При выполнении измерений применяют измеритель параметров заземляющих устройств MRU-200 (далее – измеритель), предназначенный для измерения сопротивления заземляющих устройств, сопротивления проводников присоединения и удельного сопротивления грунта. Технические и метрологические характеристики прибора приведены в Приложении Б.

3.2 Измеритель должен быть исправным и поверенными. Межповерочный интервал 12 месяцев.

### 4 Метод измерений

4.1 Измерение сопротивления заземляющих устройств, удельного сопротивления грунта, переходных сопротивлений контактных соединений и сопротивления защитных проводников производится методом непосредственной оценки.

### 5 Требования безопасности

5.1 При работе на объекте необходимо выполнять требования ТКП 427-2012.

5.2 Специалисты, направляемые для выполнения работ на действующем предприятии или на объектах строительства, относятся к командировочному электротехническому персоналу. Допуск к работам в электроустановках командированного персонала производится в соответствии с разделом 8 ТКП 427-2012 (допуск сторонних организаций).

5.3 При проведении измерений необходимо руководствоваться требованиями раздела 7.16 ТКП 427-2012 (испытания и измерения).

5.4 Организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работы, выполняются в соответствии с разделами 5, 6 ТКП 427-2012.

#### 5.5 До начала работ на объекте Заказчик:

– письменно извещает Исполнителя о дате начала работ на объекте, о наличии или отсутствии условий повышенной опасности, о наличии или отсутствии вредных условий труда;

– непосредственно перед началом производства работ проводит для командированного персонала инструктаж по общим правилам охраны труда (далее ОТ) и техники безопасности (далее ТБ) на предприятии и особым условиям работы;

– оформляет наряд-допуск на работы в условиях повышенной опасности.

#### 5.6 До начала работ на объекте Исполнитель:

– в письменной форме, кроме цели командировки, сообщает Заказчику о лицах, которые могут быть назначены ответственными руководителями, производителями работ и членами бригады при работе в действующих электроустановках;

– оформляет задание руководителям и членам бригады в «Журнале выдачи заданий на производство работ»;

– производит текущий инструктаж с записью в «Журнал регистрации инструктажа по охране труда на рабочем месте».

#### 5.7 В процессе проведения измерений:

– для подключения прибора к измеряемому оборудованию применять только изолированные соединительные провода;

– подсоединение и отсоединение соединительных проводников к измеряемому оборудованию производить в диэлектрических перчатках и слесарно-монтажным инструментом с изолированными рукоятками. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных помещениях применять диэлектрические галоши;

– в момент измерений запрещается касаться рукой заземленных корпусов оборудования.

## 6 Требования к квалификации персонала

6.1 К выполнению измерений допускается бригада лиц, численностью не менее двух человек, имеющих допуск к проведению измерений и группу по электробезопасности не ниже III, прошедшие специальную подготовку и проверку знаний в объеме ТКП 427-2012, ТКП 181-2009, ТКП 339-2011 и настоящей МВИ. Указанная проверка проводится одновременно с общей проверкой знаний ПТБ.

6.2 Проверка знаний техники безопасности производится один раз в год с записью в графе удостоверения «Свидетельство на право производства специальных работ».

## 7 Условия выполнения измерений

При выполнении измерений соблюдаются следующие условия:

7.1 Измерителем MRU-200 допускается проводить измерения при температуре воздуха от минус 10 °С до плюс 50 °С при максимальной относительной влажности 80 %.

7.2 Для заземляющих устройств в зависимости от их назначения устанавливается расчетный сезон:

– для рабочих и защитных заземляющих устройств расчетным является период с декабря по февраль. При проведении измерений не в расчетный период применяются поправочные коэффициенты к значению измеренного сопротивления заземляющих устройств, приведенные в Приложении Г.

– для заземляющих устройств молниезащиты расчетным является период с марта по ноябрь.

Нормы на наибольшие допустимые сопротивления заземляющих устройств приведены в Приложении Г.

7.3 Измерения должны выполняться в период наибольшего удельного сопротивления грунта (п. 5.8.19 ТКП 181-2009). В протоколе измерений должны быть указаны метеорологические данные на момент измерений.

## 8 Подготовка к выполнению измерений

8.1 При подготовке к выполнению измерений в распоряжение персонала, производящего измерения, должна быть предоставлена следующая проектная и техническая документация:

– исполнительный план сетей зануления и защитного заземления с указанием материала и сечения заземляющих и зануляющих проводников;

– паспорта на заземляющие устройства.

8.2 Перед проведением измерений необходимо провести визуальный осмотр корпуса измерительного прибора и измерительных проводов. **При обнаружении повреждений корпуса прибора или изоляции проводов измерения проводить запрещается.**

8.3 **Установить режимы измерений.** Для этого нажатием кнопки [MENU] войти в режим «МЕНЮ» (меню доступно в любом положении поворотного переключателя). Вид экрана измерителя в режиме «МЕНЮ» приведен на рисунке 8.1. Клавишами ▲ и ▼ выбрать нужный пункт меню. Нажать клавишу [ENTER] для входа в выбранный пункт меню.

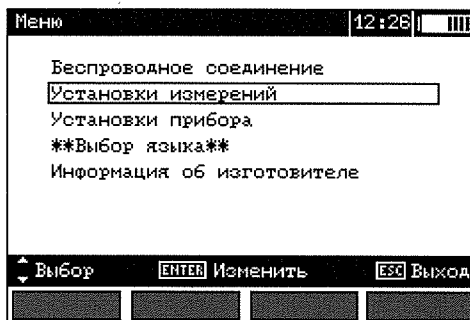


Рисунок 8.1 Вид экрана измерителя в режиме «МЕНЮ».

8.3.1 Установить частоту измерительного сигнала для компенсации возможных помех. Для этого войти в пункт меню «Установка измерений» (рисунок 8.2), затем в пункт меню «Выбор частоты» (рисунок 8.3), используя клавиши  $\blacktriangledown$  и  $\blacktriangle$  выбрать значение частоты (50 Гц) и нажать клавишу [ENTER] для подтверждения.

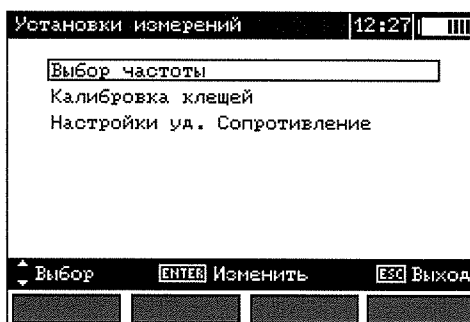


Рисунок 8.2 Вид экрана измерителя в режиме «Установка измерений».



Рисунок 8.3 Вид экрана измерителя MRU-200 в режиме «Выбор частоты».

8.3.2 Установить параметры измерения удельного сопротивления грунта. Для этого войти в пункт меню «Установка измерений» (рисунок 8.2), затем в пункт меню «Настройки уд. сопротивление» (рисунок 8.4), используя клавиши  $\blacktriangleright$ ,  $\blacktriangleleft$ ,  $\blacktriangledown$  и  $\blacktriangle$  выбрать размерность главного результата и расстояния и нажать клавишу [ENTER] для подтверждения.



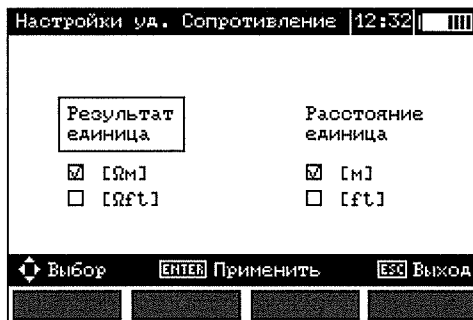


Рисунок 8.4 Вид экрана измерителя в режиме «Настройки уд. сопротивление».

8.3.3 При проведении измерений сопротивления заземляющих устройств, переходных сопротивлений контактных соединений и сопротивления защитных проводников двухпроводным методом провести калибровку измерительных проводов методом автоматической установки нуля (AUTO-ZERO). Для этого:

- включить измеритель. Установить поворотный переключатель в режим 2P.
- выполнить инструкции, отображаемые на экране прибора (рисунок 8.5).

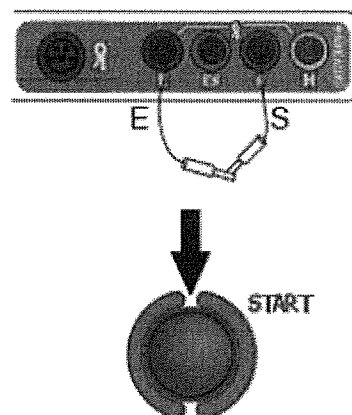
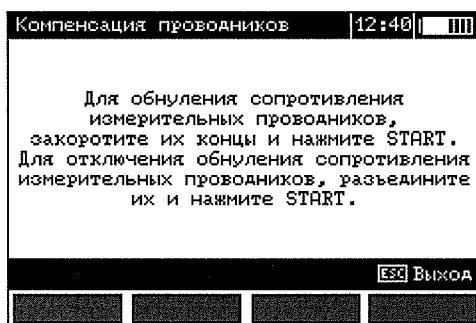


Рисунок 8.5 Вид экрана измерителя в режиме «Компенсация проводников».

При правильной калибровке, на экране отобразится информация, приведенная на рисунке 8.6. Автоматическая установка нуля отображается надписью «AUTOZERO» на экране.

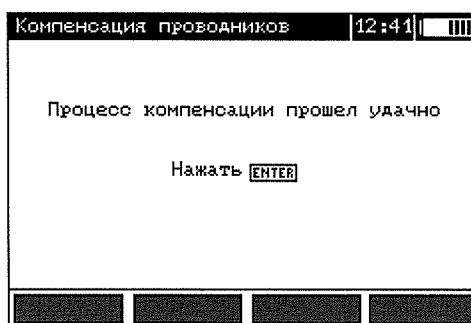


Рисунок 8.6 Вид экрана измерителя после компенсации проводников.

## 9 Порядок выполнения измерений

### 9.1 Проверка целостности соединения заземлителя с заземляемыми элементами

9.1.1 Проверка состояния цепей и контактных соединений между заземлителями и заземляемыми элементами, а также соединений естественных заземлителей с заземляющим устройством проводится путем простукивания мест соединений молотком и осмотром для выявления обрывов и других дефектов. Кроме того, проводится измерение переходных сопротивлений в соответствии с п. 9.4 данной МВИ.

### 9.2 Измерение сопротивления заземляющего устройства

#### ВНИМАНИЕ

Место подключения измерительных проводников к заземляющему устройству должно быть очищено от краски, ржавчины и прочих загрязнений для обеспечения качественного соединения измеряемого заземляющего устройства с измерителем.

Измерение сопротивления возможно только в случае, если напряжение помех не превышает 24 В. Предел измерения напряжения помех – 100 В. Напряжение в диапазоне свыше 50 В сигнализируется как опасное. Не допускается подключение измерителя к объектам, напряжение на которых превышает 100 В.

#### 9.2.1 Измерение сопротивления ЗУ по трёхполюсной схеме

При выполнении измерения сопротивления заземляющего устройства (далее ЗУ) по трёхполюсной схеме измерителем MRU-200 необходимо выполнить следующие операции:

9.2.1.1 Включить измеритель. Установите поворотный переключатель в режим **ЗР**.

9.2.1.2 Отсоединить измеряемое ЗУ от системы.

9.2.1.3 Подключить измеритель к измеряемому ЗУ в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 9.1:

- тщательно очистить место контакта от краски, ржавчины и подключить измеряемое ЗУ к гнезду **Е** измерителя;
- определить максимальную диагональ (далее **Д**) заземляющего устройства (**ЗУ**);
- вбить токовый измерительный зонд в грунт на расстоянии более 3 **Д** (**Д** – диаметр заземляющего устройства) и соединить измерительным проводом с измерительным гнездом **[Н]** измерителя;
- вбить потенциальный измерительный зонд в грунт на расстоянии не менее 1,5 **Д**, от измеряемого ЗУ, и соединить с измерительным гнездом **[S]**;
- измеряемое заземляющее устройство подключить к разъему **[Е]** измерителя.

Измеряемый заземлитель, токовый зонд и потенциальный зонд необходимо выстроить в одну линию.

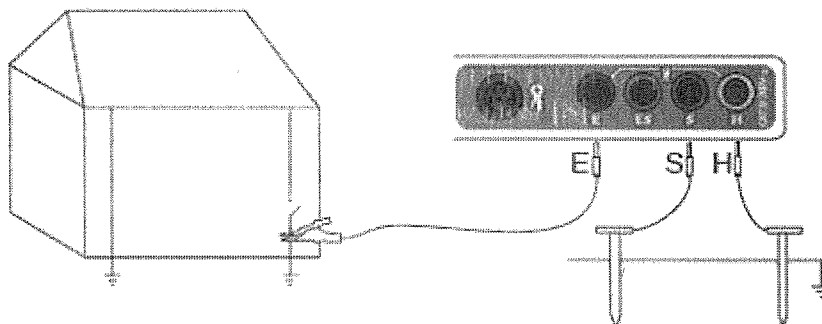


Рисунок 9.1. Схема измерения сопротивления ЗУ по трёхполюсной схеме

9.2.1.4 Нажатием кнопки [START] провести измерения. Результат измерения отображается на экране измерителя в течение 20 с (рисунок 9.2). Для повторного отображения результата измерений необходимо нажать кнопку [ENTER].

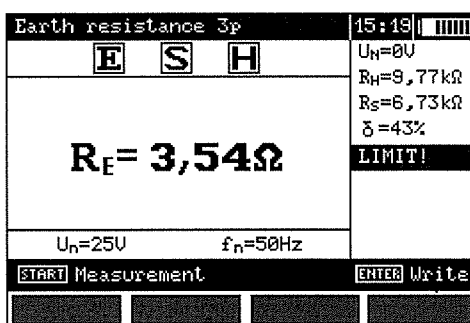


Рисунок 9.2 Вид экрана измерителя с результатом измерения сопротивления ЗУ.


9.2.1.5 Произвести серию измерений сопротивления заземления при последовательной установке потенциального штыря в грунт на расстоянии 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 и 90 % от расстояния до токового штыря.

9.2.1.6 Построить график зависимости сопротивления от расстояния между ЗУ и потенциальным штырём. 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.

9.2.1.7 Результаты измерений заносятся в протокол. Форма протокола приведена в приложении В.

9.2.1.8 Возможные сообщения, отображаемые на экране в процессе измерения, приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 Возможные сообщения, отображаемые на дисплее в процессе измерения

Сообщение на экране	Значение сообщения
$R > 19,9 \text{ k}\Omega$	Превышен диапазон измерения
<b>UN &gt; 40V!</b> Совместно с продолжительным звуковым сигналом 	Напряжение на измеряемом объекте превышает 40 В, измерение приостановлено.
<b>UN &gt; 24V!</b>	Напряжение на измеряемом объекте превышает 24 В, но меньше 40 В, измерение приостановлено.
<b>LIMIT!</b>	Отношение сопротивления электродов к сопротивлению заземляющего устройства более 30 % (дополнительная погрешность измерения)
<b>NOISE!</b>	Превышен диапазон допустимого уровня помех – результат может быть недостоверным, в связи с появлением дополнительной погрешности.

### 9.2.2 Измерение сопротивления заземляющих устройств по четырёхполюсной схеме

Измерение по четырёхполюсной схеме применяется в случае измерения малых значений сопротивления заземляющих устройств для исключения погрешности измерения, вносимой сопротивлением измерительных проводов.

При выполнении измерения сопротивления заземляющего устройства по четырёхполюсной схеме измерителем MRU-200 необходимо выполнить следующие операции:

9.2.2.1 Подключить измеритель к измеряемому ЗУ в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 9.3,

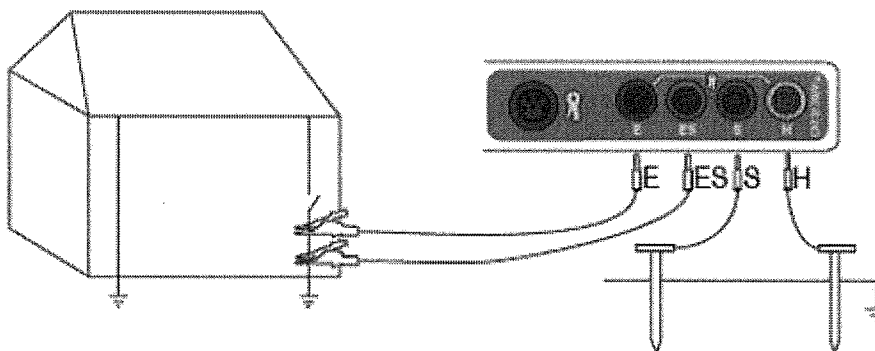


Рисунок 9.3 Схема измерения сопротивления ЗУ по четырёхполюсной схеме.

9.2.2.2 Установить поворотный переключатель в режим 4P.

9.2.2.3 Выполнить действия в соответствии с п.п. 9.2.1.1 - 9.2.1.7 данной МВИ.

9.2.2.4 Результат измерения отображается на экране измерителя в течение 20 с (рисунок 9.4). Для повторного отображения результата измерений необходимо нажать кнопку [ENTER].

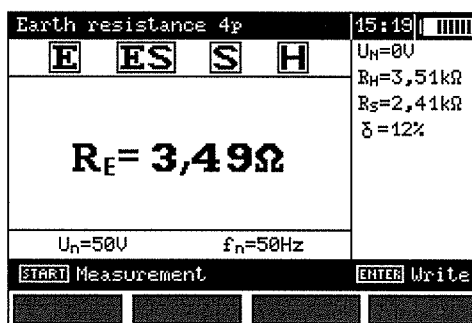


Рисунок 9.4 Вид экрана измерителя с результатом измерения сопротивления ЗУ.

9.2.2.5 Результаты измерений заносятся в протокол. Форма протокола приведена в приложении В.

9.2.2.6 Возможные сообщения, отображаемые на экране в процессе измерения, соответствуют приведенным в таблице 9.1.

### 9.3 Измерение удельного сопротивления грунта

Величина удельного сопротивления грунта определяется по методу измерения Вернера. При измерении данным методом измерительные электроды необходимо располагать на равном расстоянии друг от друга.

При выполнении измерения удельного сопротивления грунта измерителем MRU-200, необходимо выполнить следующие операции:

9.3.1 Установить измерительные щупы в грунт по прямой линии через равные расстояния и соединить с измерительными гнездами **H**, **S**, **ES** и **E**. Подключить щупы к измерителю в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 9.5.

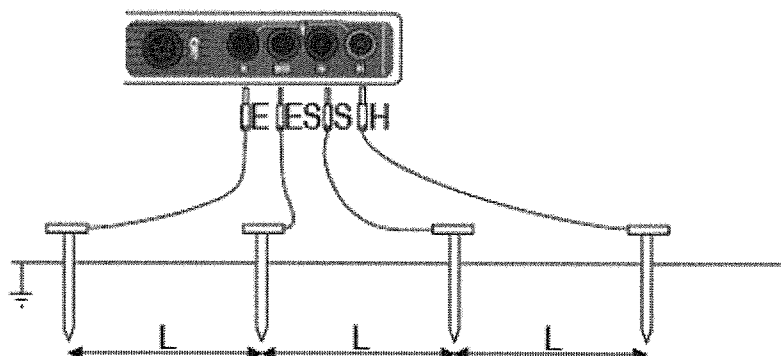


Рисунок 9.5 Схема измерения удельного сопротивления грунта.

9.3.2 Включить измеритель. Установить поворотный переключатель в положение  **$\rho$** .

9.3.3 Нажать клавишу **[START]** для начала измерения. Измеритель потребует ввести расстояние между измерительными зондами (рисунок 9.6).

9.3.4 Используя клавиши **▼** и **▲** установить расстояние между измерительными зондами и нажать клавишу **[ENTER]** для начала измерения. Результат измерения отображается на экране измерителя в течение 20 с (рисунок 9.7). Для повторного отображения результата измерений необходимо нажать кнопку **[ENTER]**.



Рисунок 9.6 Вид экрана измерителя. L- расстояние между измерительными зондами.

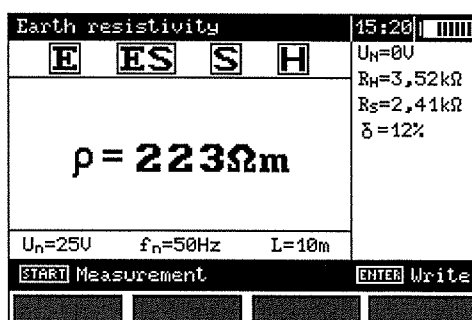



Рисунок 9.7 Вид экрана измерителя с результатом измерения удельного сопротивления грунта.

9.3.5 Результаты измерений заносятся в протокол. Форма протокола приведена в приложении В.

9.3.6 Возможные сообщения, отображаемые на экране в процессе измерения, приведены в таблице 9.2.

**Таблица 9.2** Возможные сообщения, отображаемые на дисплее в процессе измерения.

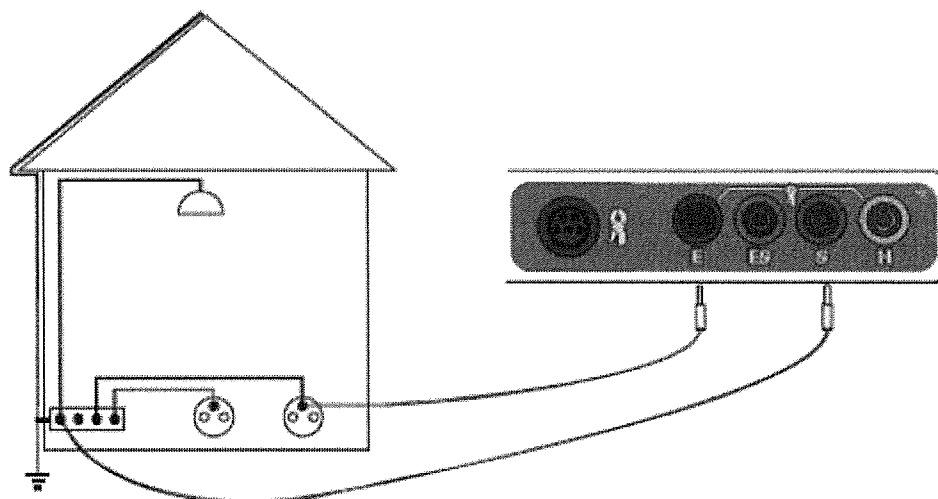
Сообщение на экране	Значение сообщения
<b>RE&gt;999kΩ</b>	Превышен диапазон измерения
<b>UN&gt;40V!</b> Совместно с продолжительным звуковым сигналом 	Напряжение на измеряемом объекте превышает 40 В, измерение приостановлено.
<b>UN&gt;24V!</b>	Напряжение на измеряемом объекте превышает 24 В, но меньше 40 В, измерение приостановлено.
<b>LIMIT!</b>	Отношение сопротивления электродов к сопротивлению заземляющего устройства $\delta > 30\%$ .
<b>NOISE!</b>	Превышен диапазон допустимого уровня помех – результат может быть недостоверным, в связи с появлением дополнительной погрешности.

#### 9.4 Измерение переходных сопротивлений контактных соединений и сопротивления защитного проводника.

При проверке наличия цепи между заземлителями и заземляемыми элементами сопротивление заземляющих и нулевых защитных проводников не нормируется, однако не должно быть обрывов и неудовлетворительных контактов. В необходимых случаях проводится измерение переходных сопротивлений контактных соединений (при исправном состоянии сопротивление разъемного контактного соединения не должно превышать 0,05 Ом).

При выполнении измерения сопротивления по двухполусной схеме измерителем MRU-200 необходимо выполнить следующие операции:

9.4.1 Подключить измеряемый объект к разъемам **S** и **E** измерителя, как указано на рисунке 9.8.



**Рисунок 9.8** Схема измерения сопротивления.

9.4.2 Нажатием кнопки [START] провести измерения. Результат измерения отображается на экране измерителя в течение 20 с (рисунок 9.9). Для повторного отображения результата измерений необходимо нажать кнопку [ENTER].

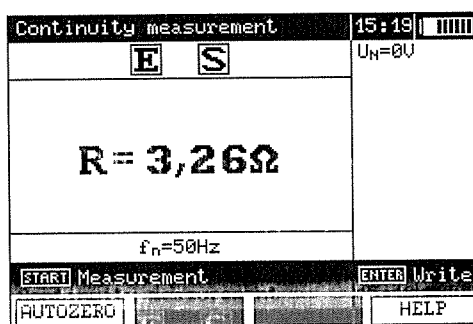



Рисунок 9.9 Вид экрана измерителя с результатом измерения сопротивления.

9.4.3 Результаты измерений заносятся в протокол. Форма протокола приведена в приложении Д.

9.4.4 Возможные сообщения, отображаемые на дисплее в процессе измерения, приведены в таблице 9.3.

Таблица 9.3 Возможные сообщения, отображаемые на дисплее в процессе измерения

Сообщение на экране	Значение сообщения
<b>UN&gt;40V!</b> Совместно с продолжительным звуковым сигналом 	Напряжение на измеряемом объекте превышает 40 В, измерение приостановлено.
<b>UN&gt;24V!</b>	Напряжение на измеряемом объекте превышает 24 В, но меньше 40 В, измерение приостановлено.
<b>NOISE!</b>	Превышен диапазон допустимого уровня помех – результат может быть недостоверным, в связи с появлением дополнительной погрешности.

## 10 Обработка и оформление результатов измерений

10.1 Обработка и оформление результатов измерений сопротивления заземляющих устройств.

10.1.1 Результаты измерений сопротивления ЗУ оформляются Протоколом. Форма протокола измерений приведена в Приложение В.

10.1.2 Нормы сопротивления заземления приведены в Приложении Г.

10.2 Обработка и оформление результатов проверки целостности соединения заземлителя с заземляемыми элементами и измерения переходных сопротивлений контактных соединений и сопротивления защитного проводника.

10.2.1 Результаты измерений переходных сопротивлений контактных соединений и проверки целостности соединения заземлителя с заземляемыми элементами оформляются Протоколом. Форма протокола приведена в Приложении Д.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Переходное сопротивление контактных соединений не должно превышать 0,05 Ом (п. Б29.2 ТКП 181-2009; п. 4.4.28.1 ТКП 339-2011).

10.2.2 Результаты измерения сопротивления защитного проводника используются при расчете срабатывания защиты.

## **11 Контроль погрешности результатов измерений**

11.1 Целью внутрилабораторного контроля качества проводимых измерений является выявление и устранение ошибок, отрицательно влияющих на достоверность результатов измерений. Внутрилабораторный контроль проводится в соответствии с требованиями СТБ ИСО 5725-6 и Руководства по качеству лаборатории.

11.2 Неопределенность измерений рассчитывается по требованию Заказчика или в случае сомнения в точности полученных результатов измерений, а также с целью внутрилабораторного контроля качества результатов измерений в соответствии с требованиями Руководства по качеству лаборатории.

11.3 Методика расчета неопределенности результатов измерений приведена в Приложении А.



## Приложение А (обязательное)

**Расчет неопределенности результатов измерений**  
сопротивления заземляющих устройств, переходных сопротивлений контактных соединений,  
сопротивления защитного проводника и удельного сопротивления грунта  
измерителем MRU-200.

### А.1 Назначение

Настоящее положение устанавливает методику расчета неопределенности при измерении сопротивления заземляющих устройств, переходных сопротивлений контактных соединений, сопротивления защитного проводника и удельного сопротивления грунта измерителями MRU-200.

### А.2 Измерительная задача

– **метод измерения:** измерение сопротивления заземляющих устройств, переходных сопротивлений контактных соединений, сопротивления защитного проводника и удельного сопротивления грунта выполняется методом непосредственной оценки;

– **используемое оборудование:** измерители параметров заземляющих устройств MRU-200.

### А.3 Функция измерения

А.3.1 Функция измерения сопротивления заземляющих устройств, переходных сопротивлений контактных соединений и сопротивления защитного проводника:

$$R = R_{ind} - \Delta R_{ind} \quad (A.1)$$

А.3.2 Функция измерения удельного сопротивления грунта:

$$(\rho = \rho_{ind} - \Delta \rho_{ind}) \quad (A.2)$$

**Таблица А.1**

Входная величина $x_i$	Обозначение	Единица измерения
Показываемое сопротивление	$R_{ind}$	Ом
Показываемое удельное сопротивление	$(\rho_{ind})$	Ом · м
Основная погрешность прибора при измерении сопротивления	$\Delta R_{ind}$	Ом
Основная погрешность прибора при измерении удельного сопротивления	$(\Delta \rho_{ind})$	Ом · м

### А.4 Результаты измерения

Проводим  $n$  (не менее трех) измерений, по результатам которых определяем:

А.4.1 Для сопротивления:

-среднее арифметическое значение

$$\bar{R}_{ind} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n R_{indk} \quad (A.3)$$

-среднее квадратическое отклонение (стандартное отклонение)

$$s(\bar{R}_{ind}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{k=1}^n (R_{indk} - \bar{R}_{ind})^2} \quad (A.4)$$

А.4.2 Для удельного сопротивления грунта:

-среднее арифметическое значение

$$\bar{\rho}_{ind} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \rho_{indk} \quad (\text{A.5})$$

-среднее квадратическое отклонение (стандартное отклонение)

$$s(\rho_{ind}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{k=1}^n (\rho_{indk} - \bar{\rho}_{ind})^2} \quad (\text{A.6})$$

## А.5 Анализ входных величин

Таблица А.2

<p>Входная величина: <math>R_{ind}, \rho_{ind}</math></p>	<p>Тип неопределенности: А Вид распределения: нормальное Значение оценки: <math>\bar{R}_{ind}</math> Интервал, в котором находится значение входной величины: - Стандартная неопределенность: <math>u(\bar{R}_{ind}) = s(\bar{R}_{ind})</math></p>																											
<p>Входная величина <math>\Delta R_{ind}, \Delta \rho_{ind}</math></p>	<p>Тип неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Значение оценки: 0 Интервал, в котором находится значение входной величины: <math>\pm\Delta</math>, где <math>\Delta</math> – предел допустимой основной погрешности в диапазоне: определяется по формуле:</p> <table border="1" data-bbox="531 689 1520 1352"> <thead> <tr> <th data-bbox="531 689 1046 779">Диапазон</th> <th data-bbox="1046 689 1520 779">Предел допустимой основной погрешности</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" data-bbox="531 779 1520 819"><b>Измеритель MRU-200</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="531 819 1520 860">Для измерения сопротивления двухполюсным методом</td> </tr> <tr> <td data-bbox="531 860 1046 922">от 0,00 до 3,999 Ом</td> <td data-bbox="1046 860 1520 922"><math>\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 4 \text{ е. м. п.})</math></td> </tr> <tr> <td data-bbox="531 922 1046 983">от 4,00 до 3999 Ом</td> <td data-bbox="1046 922 1520 983"><math>\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 2 \text{ е. м. п.})</math></td> </tr> <tr> <td data-bbox="531 983 1046 1043">от 4,0 до 19,99 кОм</td> <td data-bbox="1046 983 1520 1043"><math>\pm(5 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 2 \text{ е.м.п.})</math></td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="531 1043 1520 1084">Для измерения сопротивления ЗУ трех, четырехполюсным методом</td> </tr> <tr> <td data-bbox="531 1084 1046 1124">от 0,00 до 3,999 Ом</td> <td data-bbox="1046 1084 1520 1124"><math>\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 4 \text{ е.м.п.})</math></td> </tr> <tr> <td data-bbox="531 1124 1046 1164">от 4,0 до 3999 Ом</td> <td data-bbox="1046 1124 1520 1164"><math>\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 2 \text{ е.м.п.})</math></td> </tr> <tr> <td data-bbox="531 1164 1046 1205">от 4,0 до 19,99 кОм</td> <td data-bbox="1046 1164 1520 1205"><math>\pm(5 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 4 \text{ е.м.п.})</math></td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="531 1205 1520 1245">Для измерения удельного сопротивления грунта</td> </tr> <tr> <td data-bbox="531 1245 1046 1285">от 0,00 до 1999 Ом</td> <td data-bbox="1046 1245 1520 1285"><math>\pm(2 \cdot 10^{-2} \rho_{ind} + 2 \text{ е. м. п.})</math></td> </tr> <tr> <td data-bbox="531 1285 1046 1326">от 2,0 до 999 кОм</td> <td data-bbox="1046 1285 1520 1326"><math>\pm(5 \cdot 10^{-2} \rho_{ind} + 4 \text{ е. м. п.})</math></td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="531 1352 1520 1393">где <math>R_{ind}</math>- измеренное значение сопротивления, Ом;</p> <p data-bbox="531 1393 1520 1433"><math>\rho_{ind}</math> - измеренное значение удельного сопротивления, Ом х м</p> <p data-bbox="531 1433 1520 1543">Стандартная неопределенность: <math>u(\Delta R_{ind}) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}</math></p>		Диапазон	Предел допустимой основной погрешности	<b>Измеритель MRU-200</b>		Для измерения сопротивления двухполюсным методом		от 0,00 до 3,999 Ом	$\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 4 \text{ е. м. п.})$	от 4,00 до 3999 Ом	$\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 2 \text{ е. м. п.})$	от 4,0 до 19,99 кОм	$\pm(5 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 2 \text{ е.м.п.})$	Для измерения сопротивления ЗУ трех, четырехполюсным методом		от 0,00 до 3,999 Ом	$\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 4 \text{ е.м.п.})$	от 4,0 до 3999 Ом	$\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 2 \text{ е.м.п.})$	от 4,0 до 19,99 кОм	$\pm(5 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 4 \text{ е.м.п.})$	Для измерения удельного сопротивления грунта		от 0,00 до 1999 Ом	$\pm(2 \cdot 10^{-2} \rho_{ind} + 2 \text{ е. м. п.})$	от 2,0 до 999 кОм	$\pm(5 \cdot 10^{-2} \rho_{ind} + 4 \text{ е. м. п.})$
Диапазон	Предел допустимой основной погрешности																											
<b>Измеритель MRU-200</b>																												
Для измерения сопротивления двухполюсным методом																												
от 0,00 до 3,999 Ом	$\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 4 \text{ е. м. п.})$																											
от 4,00 до 3999 Ом	$\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 2 \text{ е. м. п.})$																											
от 4,0 до 19,99 кОм	$\pm(5 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 2 \text{ е.м.п.})$																											
Для измерения сопротивления ЗУ трех, четырехполюсным методом																												
от 0,00 до 3,999 Ом	$\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 4 \text{ е.м.п.})$																											
от 4,0 до 3999 Ом	$\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 2 \text{ е.м.п.})$																											
от 4,0 до 19,99 кОм	$\pm(5 \cdot 10^{-2} R_{ind} + 4 \text{ е.м.п.})$																											
Для измерения удельного сопротивления грунта																												
от 0,00 до 1999 Ом	$\pm(2 \cdot 10^{-2} \rho_{ind} + 2 \text{ е. м. п.})$																											
от 2,0 до 999 кОм	$\pm(5 \cdot 10^{-2} \rho_{ind} + 4 \text{ е. м. п.})$																											

### А.6 Корреляции

Входные величины рассматриваются как некоррелированные

### А.7 Коэффициенты чувствительности

Коэффициенты чувствительности равны:  
для  $R_{ind}, \rho_{ind}$   $c = 1$ ; для  $\Delta R_{ind}, \Delta \rho_{ind}$   $c = -1$ ;

### А.8 Вклад в неопределенность

Вклад в неопределенность определяется по формуле:

$$u_i(y) = u(x_i) \cdot c_i \quad (\text{A.7})$$

где  $x_i$  –  $i$ -я входная величина в функции измерения (А.1.1), (А.1.2);  
 $c_i$  – коэффициент чувствительности входной величины.

### А.9 Суммарная неопределенность

Суммарная стандартная неопределенность в (Ом, Ом · м) рассчитывается по формуле:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)} \quad (\text{A.8})$$

### А.10 Процентный вклад

Процентный вклад неопределенности определяется по формуле:

$$u_i(\%) = \frac{u_i(y)^2}{u_c(y)^2} \cdot 100 \quad (\text{A.9})$$

### А.11 Расширенная неопределенность

Коэффициент охвата для выбранного уровня доверия 95 % предположении нормального закона распределения  $k = 2$ .

Расширенная неопределенность равна

$$U = k u_c(y) \quad (\text{A.10})$$

### А.12 Полный результат измерения

Представить полный результат измерения, состоящий из оценки измеряемой величины  $Y$  и приписанной расширенной неопределенности измерения  $U$  в форме  $Y \pm U$  с указанием единиц измерения, коэффициента охвата  $k$  и уровня доверия 95 %.

Результаты расчетов заносят в бюджет неопределенности (таблицы А.3, А.4).

Таблица А.3 Бюджет неопределенности

Величина $x_i$	Ед. измерения.	Значение $x_i$	Интервал +/- г	Тип неопределенности	Распред. вероятностей	Стандартная неопределенность $u(x_i)$	Коэф. чувствительности $c_i$	Вклад неопределенности $u_i(y)$	Процентный вклад %
Показываемое сопротивление, $R_{ind}$	Ом	0		A	нормальное		1		
Основная погрешность прибора $\Delta R_{ind}$	Ом	0		B	прямоугольное		-1		
Сопротивление	Ом								

Суммарная неопределенность:  $u_c(R) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(R)}$  = \_\_\_\_\_ Ом

Расширенная неопределенность:  $U = k \cdot u_c(R)$  = \_\_\_\_\_ Ом

Полный результат измерения: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) Ом при уровне доверия  $P = 95\%$ ;  $k = 2$

Таблица А.4 Бюджет неопределенности

Величина $x_i$	Ед. измерения.	Значение $x_i$	Интервал +/- г	Тип неопределенности	Распред. вероятностей	Стандартная неопределенность $u(x_i)$	Коэф. чувствительности $c_i$	Вклад неопределенности $u_i (y)$	Процентный вклад
Показываемое удельное сопротивление грунта, $\rho_{ind}$	Ом · м	0		A	нормальное		1		
Основная погрешность прибора, $\Delta \rho_{ind}$	Ом · м	0		B	прямоугольное		-1		
Удельное сопротивление грунта, $\rho$	Ом · м								

Суммарная неопределенность:  $u_c(\rho) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(\rho)}$  = \_\_\_\_\_ Ом · м

Расширенная неопределенность:  $U = k \cdot u_c(\rho)$  = \_\_\_\_\_ Ом · м

Полный результат измерения: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) Ом · м при уровне доверия  $P = 95\%$ ;  $k = 2$

## Приложение Б (обязательное)

### Технические и метрологические характеристики измерителя параметров заземляющих устройств MRU-200

#### Б.1 Технические и метрологические характеристики измерителя MRU-200

**Таблица Б.1.1** Измерение сопротивления двухполюсным методом измерителем MRU-200

Диапазон измерения	Разрешающая способность	Пределы допускаемой основной погрешности измерений
от 0,000 до 3,999 Ом	0,001 Ом	$\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{\text{ind}} + 4 \text{ е.м.р.})$
от 4,00 до 39,99 Ом	0,01 Ом	$\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{\text{ind}} + 2 \text{ е.м.р.})$
от 40,0 до 399,9 Ом	0,1 Ом	
от 400 до 3999 Ом	1 Ом	
от 4,00 до 19,99 кОм	0,01 кОм	$\pm(5 \cdot 10^{-2} R_{\text{ind}} + 2 \text{ е.м.р.})$
где $R_{\text{ind}}$ - показываемое сопротивление; е.м.р. – единица младшего разряда		

**Таблица Б.1.2** Измерение сопротивления заземления трех, четырехполюсным методом измерителем MRU-200

Диапазон измерения	Разрешающая способность	Пределы допускаемой основной погрешности измерений
от 0,000 до 3,999 Ом	0,001 Ом	$\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{\text{ind}} + 4 \text{ е.м.р.})$
от 4,00 до 39,99 Ом	0,01 Ом	$\pm(2 \cdot 10^{-2} R_{\text{ind}} + 2 \text{ е.м.р.})$
от 40,0 до 399,9 Ом	0,1 Ом	
от 400 до 3999 Ом	1 Ом	
от 4,00 до 19,99 кОм	0,01 кОм	$\pm(5 \cdot 10^{-2} R_{\text{ind}} + 4 \text{ е.м.р.})$
где $R_{\text{ind}}$ - показываемое сопротивление; е.м.р. – единица младшего разряда		

**Таблица Б.1.3** Измерение удельного сопротивления грунта измерителем MRU-200

Диапазон измерения	Разрешающая способность	Пределы допускаемой основной погрешности измерений
от 0,0 до 199,9 Ом · м	0,1 Ом · м	$\pm(2 \cdot 10^{-2} \rho_{\text{ind}} + 2 \text{ е.м.р.})$ в диапазоне от 0 до 4 кОм
от 200 до 1999 Ом · м	1 Ом · м	
от 2,00 до 19,99 кОм · м	0,01 кОм · м	
от 20,0 до 99,9 кОм · м	0,1 кОм · м	$\pm(5 \cdot 10^{-2} \rho_{\text{ind}} + 4 \text{ е.м.р.})$ в диапазоне от 4 до 20 кОм
от 100 до 999 кОм · м	1 кОм · м	
от 100 до 999 кОм · м	1 к Ом · м	
где $\rho_{\text{ind}}$ - показываемое сопротивление; е.м.р. – единица младшего разряда		

## Приложении В (обязательное)

### Форма протокола измерения сопротивления заземляющих устройств

Форма к Б.29.4 ТКП 181-2009

\_\_\_\_\_ (наименование и адрес лаборатории, организации, предприятия)  
 Аккредитация. № ВУ/112 02.2.0.  
 Дата выдачи аттестата аккредитации « \_\_\_\_ » 20 \_\_\_\_ г.  
 Дата действия аттестата аккредитации « \_\_\_\_ » 20 \_\_\_\_ г.  
 Зарегистрирован в Энергонадзоре  
 № \_\_\_\_ « \_\_\_\_ » 20 \_\_\_\_ г.

Заказчик \_\_\_\_\_  
 Объект \_\_\_\_\_  
 Адрес \_\_\_\_\_

### ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_ Измерения сопротивления заземляющего устройства

Всего листов \_\_\_\_\_  
 Лист \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » 20 \_\_\_\_ г.

Цель испытаний \_\_\_\_\_

(приёмо-сдаточные, сличительные, эксплуатационные, контрольные испытания, для целей сертификации)

1. Наименование и характеристика установки, заземляющее устройство которой проверяется \_\_\_\_\_
2. Результаты внешнего осмотра заземляющего устройства \_\_\_\_\_
3. ТНПА, устанавливающей нормы измерений \_\_\_\_\_
4. Документ, устанавливающий методы выполнения измерений МВИ МН \_\_\_\_\_
5. Измерения проводились прибором типа \_\_\_\_\_, зав. № \_\_\_\_\_ срок очередной поверки \_\_\_\_\_
6. Условия проведения измерений: температура \_\_\_\_\_ °С, относительная влажность \_\_\_\_\_
7. Дата проведения измерения « \_\_\_\_ » 20 \_\_\_\_ г.



## 10 .РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

№ п.п.	Вид электроустановки	Характеристика заземляемого объема	Характеристика заземляющего устройства	Точка (место) замера	Удельное сопротивление грунта, $R$ , Ом·м	Наибольшее допустимое сопротивление заземляющих устройств В соответствии с таблицей Б.29.1 ТКП 181-2009	Измеренное сопротивление заземляющего устройства, Ом	Поправочный коэффициент	Сопротивление заземляющего устройства, Ом	Заключение о соответствии ТНПА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**ПРИМЕЧАНИЕ:** \_\_\_\_\_

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Измерения произвели

(подпись) \_\_\_\_\_ (Фамилия, имя, отчество)

МП

(подпись) \_\_\_\_\_ (Фамилия, имя, отчество)

Протокол проверил

(подпись) \_\_\_\_\_ (Фамилия, имя, отчество)

## Приложение Г (справочное)

**Таблица Г.1** Нормы сопротивления заземления (установлены ТКП 181-2009)

Вид электроустановки	Характеристика заземляемого объекта	Характеристика заземляющего устройства	Сопротивление, Ом											
1	2	3	4											
1. Электроустановки напряжением выше 1 кВ, кроме ВЛ <sup>*)</sup>	Электроустановка сети с эффективно заземленной нейтралью	Искусственный заземлитель с подсоединенными естественными заземлителями	0,5											
	Электроустановка сети с изолированной нейтралью при использовании заземляющего устройства только для установки выше 1 кВ	Искусственный заземлитель вместе с подсоединенными естественными заземлителями	250/Γ <sup>**</sup> , но не более 10											
	Электроустановка сети с изолированной нейтралью при использовании заземляющего устройства для электроустановки до 1 кВ	Искусственный заземлитель с подсоединенными естественными заземлителями	125/Γ <sup>**</sup> при этом должны быть выполнены требования к заземлению установки до 1 кВ											
	Подстанция с высшим напряжением (20–35) кВ при установке молниеотвода на трансформаторном портале	Заземлитель подстанции	4 без учета заземлителей, расположенных вне контура заземления ОРУ											
	Отдельно стоящий молниеотвод на подстанции	Обособленный заземлитель	80											
2. Электроустановки напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, кроме ВЛ <sup>***)</sup>	Электроустановка с глухозаземленными нейтралью генераторов или трансформаторов или выводами источников однофазного тока	Искусственный заземлитель с отключенными естественными заземлителями и учетом использования заземлителей повторных заземлений нулевого провода ВЛ до 1 кВ при количестве отходящих линий не менее двух при напряжении источника, В:												
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">трехфазный</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">однофазный</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">690</td> <td style="text-align: center;">400</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">400</td> <td style="text-align: center;">230</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">230</td> <td style="text-align: center;">133</td> <td style="text-align: center;">8</td> </tr> </table>	трехфазный	однофазный		690	400	2	400	230	4	230	133	8
трехфазный	однофазный													
690	400	2												
400	230	4												
230	133	8												
		Искусственный заземлитель, расположенный в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока при напряжении источника, В:												
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">трехфазный</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">однофазный</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">690</td> <td style="text-align: center;">400</td> <td style="text-align: center;">15</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">400</td> <td style="text-align: center;">230</td> <td style="text-align: center;">30</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">230</td> <td style="text-align: center;">133</td> <td style="text-align: center;">60</td> </tr> </table>	трехфазный	однофазный		690	400	15	400	230	30	230	133	60
трехфазный	однофазный													
690	400	15												
400	230	30												
230	133	60												

Таблица Г.1 (продолжение)

1	2	3	4															
3. ВЛ напряжением выше 1 кВ <sup>****</sup>	Опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства грозозащиты, железобетонные и металлические опоры ВЛ 35 кВ и такие же опоры ВЛ (3-20) кВ в населенной местности, на подходах к трансформаторным подстанциям с высшим напряжением (3-20) кВ, а также заземлители электрооборудования, установленного на опорах ВЛ 110 кВ и выше	Заземлитель опоры при удельном эквивалентном сопротивлении $\rho$ , Ом·м: до 100; более 100 до 500 более 500 до 1000 более 1000 до 5000 более 5000	10 <sup>*****</sup> 15 <sup>*****</sup> 20 <sup>*****</sup> 30 <sup>*****</sup> $6 \cdot 10^{-3} \rho$ <sup>*****</sup>															
	Электрооборудование, установленное на опорах ВЛ (3-35) кВ	Заземлитель опоры	250/1 <sup>**</sup> но не более 10															
	Железобетонные и металлические опоры ВЛ (3-20) кВ в ненаселенной местности	Заземлитель опоры при удельном сопротивлении грунта $\rho$ , Ом·м: до 100 более 100	30 <sup>*****</sup> 0,3 $\rho$ <sup>*****</sup>															
	Трубчатые разрядники и защитные промежутки ВЛ (3-220) кВ	Заземлитель разрядника, ОПН или защитного промежутка при удельном сопротивлении грунта $\rho$ , Ом·м: не выше 1000 более 1000	10 15															
	Разрядники и ОПН на подходах ВЛ к подстанциям с вращающимися машинами	Заземлитель разрядника, ОПН	5															
4. ВЛ напряжением до 1000 В <sup>***</sup>	Опора ВЛ с устройством грозозащиты.	Заземлитель опоры для грозозащиты	30															
	Опоры с повторными заземлителями нулевого провода	Общее сопротивление заземления всех повторных заземлений при напряжении источника, В: <table style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">трехфазный</td> <td style="padding: 2px;">однофазный</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">690</td> <td style="padding: 2px;">400</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">400</td> <td style="padding: 2px;">230</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">230</td> <td style="padding: 2px;">133</td> </tr> </table> Заземлитель каждого из повторных заземлений при напряжении источника, В: <table style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">трехфазный</td> <td style="padding: 2px;">однофазный</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">690</td> <td style="padding: 2px;">400</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">400</td> <td style="padding: 2px;">230</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">230</td> <td style="padding: 2px;">133</td> </tr> </table>	трехфазный	однофазный	690	400	400	230	230	133	трехфазный	однофазный	690	400	400	230	230	133
трехфазный	однофазный																	
690	400																	
400	230																	
230	133																	
трехфазный	однофазный																	
690	400																	
400	230																	
230	133																	

Таблица Г.1 (окончание)

<p>* Для установок и ВЛ напряжением выше 1000 В и до 1000 В с изолированной нейтралью при удельном сопротивлении грунта <math>\rho</math> более 500 Ом·м допускается увеличение сопротивления в <math>0,002 \rho</math> раз, но не более десятикратного.</p> <p>** <math>I</math> — расчетный ток замыкания на землю, А.</p> <p>В качестве расчетного тока принимается:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в сетях без компенсации емкостного тока — ток замыкания на землю;</li> <li>– в сетях с компенсацией емкостного тока;</li> <li>– для заземляющих устройств, к которым присоединены дугогасящие реакторы, — ток, равный 125 % номинального тока этих реакторов;</li> <li>– для заземляющих устройств, к которым не присоединены дугогасящие реакторы, — ток замыкания на землю, проходящий в сети при отключении наиболее мощного из дугогасящих реакторов или наиболее разветвленного участка сети.</li> </ul> <p>*** Для установок и ВЛ напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью при удельном сопротивлении грунта <math>\rho</math> более 100 Ом·м допускается увеличение указанных выше норм в <math>0,01 \rho</math> раз, но не более десятикратного.</p> <p>**** Сопротивление заземлителей опор ВЛ на подходах к подстанциям должно соответствовать требованиям ТКП 339.</p> <p>***** Для опор высотой более 40 м на участках ВЛ, защищенных тросами, сопротивление заземлителей должно быть в 2 раза меньше приведенных в таблице.</p>
---

Таблица Г.2 Поправочные коэффициенты к значению измеренного сопротивления заземляющих устройств электроустановок напряжением 0,38-10 кВ

Длина вертикального электрода и горизонтального заземлителя в базовом элементе заземляющего устройства, м	Количество базовых элементов заземляющего устройства в конструкции заземляющего устройства, шт.							
	1	2	3	4	5	6-10	11-32	33-64
при измерении сопротивления рабочих и защитных заземляющих устройств электроустановок напряжением 0,38-10 кВ в период с марта по ноябрь								
2,5	1,6	1,55	1,5	1,45	1,4	1,35	1,3	1,3
5,0	1,4	1,35	1,3	1,25	1,2	1,2	1,2	-

## Приложение Д (обязательное)

### Форма протокола проверки целостности соединения заземлителя с заземляемыми элементами

Форма к Б.29.2. ТКП 181-2009

(наименование и адрес лаборатории, организации, предприятия) \_\_\_\_\_ Заказчик \_\_\_\_\_  
 Аттестат аккредитации. № ВУ/112 02.2.0. \_\_\_\_\_  
 Дата выдачи аттестата аккредитации « \_\_\_\_ » 20 \_\_\_\_ г. \_\_\_\_\_ Объект \_\_\_\_\_  
 Дата действия аттестата аккредитации « \_\_\_\_ » 20 \_\_\_\_ г. \_\_\_\_\_ Адрес \_\_\_\_\_  
 Зарегистрирован в Энергонадзоре \_\_\_\_\_  
 № \_\_\_\_ « \_\_\_\_ » 20 \_\_\_\_ г. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 \_\_\_\_ г. \_\_\_\_\_ Всего листов \_\_\_\_\_ Лист \_\_\_\_\_

### ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_ Проверки соединений заземлителей с заземляемыми элементами

1. **Цель испытаний** \_\_\_\_\_  
(приёмо-сдаточные, слитчительные, эксплуатационные, контрольные испытания, для целей сертификации)
2. **Наименование и характеристика установок, заземляющее устройство которой проверяется** \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. **Тип системы заземления по ГОСТ 30331.2.95** \_\_\_\_\_
5. **Тип и размеры заземлителя** \_\_\_\_\_
6. **Качество сварных соединений проверено ударами молотка, нарушений** \_\_\_\_\_
7. **ТНПА, устанавливающий нормы измерений** \_\_\_\_\_
8. **Документ, устанавливающий методы выполнения измерений** \_\_\_\_\_
9. **Измерения проводились прибором типа \_\_\_\_\_, зав. № \_\_\_\_\_, срок очередной поверки \_\_\_\_\_**
10. **Условия проведения измерений: температура \_\_\_\_\_**

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

№ п.п.	Заземляющее устройство, точка замера (нулевой защитный проводник Z-PE; нулевой рабочий проводник Z-N; совмещенный нулевой рабочий и нулевой защитный проводник Z-PEN)	Наименование заземляемого оборудования: тип, марка, заводской или инвентарный номер, точка замера	Наличие заземления (зануления)		Норма переходного сопротивления контактного соединения по Б.29.2. ТКП 181-2009, Ом	Измеренное переходное сопротивление контактного соединения, Ом		Заключение о соответствии ТНПА
			Да	нет		Заземляющее устройство, Ом	Оборудование, Ом	
1			4	5	6	7	8	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9

**ПРИМЕЧАНИЕ:** \_\_\_\_\_

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Измерения произвели \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
 (подпись) (Фамилия, имя, отчество)

МП \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
 (подпись) (Фамилия, имя, отчество)

Протокол проверил \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
 (подпись) (Фамилия, имя, отчество)