

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1 Профилактические испытания и осмотры электрооборудования, цели и особенности их проведения	6
1.1 Испытания и осмотры электрооборудования, цели и особенности их проведения.....	6
1.2 Общие требования методических указаний по испытаниям электрооборудования и аппаратов электроустановок потребителей	8
Лабораторная работа № 1. Методика измерения удельного сопротивления грунта	10
Лабораторная работа № 2. Методика измерения сопротивления заземляющего устройства	26
Лабораторная работа № 3. Методика проверки цепи между заземлителями и заземляемыми элементами	50
Лабораторная работа № 4. Методика проверки наличия цепи между заземленными установками и элементами заземленной установки	75
Лабораторная работа № 5. Методика измерения сопротивления изоляции электрических аппаратов, электрооборудования, электропроводок, и кабельных линий напряжением до 1000 в	98
Лабораторная работа № 6. Методика измерения сопротивления цепи фаза — нулевой защитный проводник и определения токов однофазного короткого замыкания	120
Лабораторная работа № 7. Методика проверки работоспособности автоматических выключателей	133
Лабораторная работа № 8. Методика проверки работоспособности устройств дифференциального тока — дифференциальных автоматических выключателей дифференциального тока	148
Лабораторная работа № 9. Методика тепловизионного контроля состояния электрооборудования	169
Лабораторная работа № 10. Методика проверки соответствия смонтированной электроустановки требованиям нормативной проектной документации — визуальный осмотр	185
Список литературы	197
Приложение 1. Форма протокола для записи результатов измерений удельного сопротивления грунта к лабораторной работе № 1	199
Приложение 2. Форма протокола для измерения сопротивления заземляющего устройства к лабораторной работе № 2	200

Приложение 3. Форма протокола для записи проверки цепей между заземлителями и заземляемыми электроустановками к лабораторной работе № 3	201
Приложение 4 Форма протокола для записи результатов проверки цепи между заземленной электроустановкой и элементами заземленной электроустановки к лабораторной работе № 4.....	202
Приложение 5 Форма протокола для записи результатов измерений сопротивления изоляции электрооборудования, кабельных линий и электропроводки к лабораторной работе № 5.....	203
Приложение 6 Форма протокола для записи результатов определение полного сопротивления цепи «фаза — нуль» в электроустановках напряжением до 1000 В с системой заземления нейтрали TN к лабораторной работе № 6	206
Приложение 7 Форма протокола для записи результатов проверки действия расцепителей автоматических выключателей к лабораторной работе № 7	207
Приложение 8 Форма протокола для записи результатов проверки работоспособности устройств дифференциального тока (выключателей дифференциальных, автоматических выключателей дифференциального тока) к лабораторной работе № 8.....	208
Приложение 9 Форма протокола для записи результатов тепловизионного контроля оборудования к лабораторной работе № 9.....	210
Приложение 10 Форма протокола проверки соответствия смонтированной электроустановки проектной и нормативной документации (визуальный осмотр) к лабораторной работе № 10	212

ВВЕДЕНИЕ

В процессе монтажа и после его окончания, а также в условиях эксплуатации электрооборудование электроустановок проходит проверку, испытания и наладку.

При транспортировке и монтаже электрооборудование может быть повреждено. Во время эксплуатации возможно его повреждение вследствие естественного износа, а также конструктивных дефектов.

К наладке электрооборудования предъявляют регламентированные требования, для соблюдения которых проводят следующие испытания:

- типовые в соответствии с действующими ГОСТ;
- приемосдаточные в соответствии с ПУЭ, а также в отдельных случаях с указаниями Минэнерго РФ;
- профилактические в соответствии Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей, объемом и нормами испытаний электрооборудования, и инструкциями на отдельные элементы электрооборудования.

Типовые испытания проводят на заводах-изготовителях по программам и с объемами, указанными в стандартах и технических условиях, но частично их можно проводить на месте монтажа электроустановок. При типовых испытаниях проверяют соответствие электрооборудования тем требованиям, которые предъявляются к нему стандартами.

Приемосдаточные испытания проводят во вновь сооружаемых и реконструируемых установках до 500 кВ.

При испытаниях выявляют соответствие смонтированного оборудования проекту, снимают необходимые характеристики и выполняют определенный объем измерений. После рассмотрения результатов испытаний дают заключение о пригодности оборудования к эксплуатации.

Профилактические испытания проводят в процессе эксплуатации оборудования, что позволяет расширить возможности обнаружения дефектов с целью своевременного ремонта или замены оборудования.

1 ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ И ОСМОТРЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ, ЦЕЛИ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ

1.1 ИСПЫТАНИЯ И ОСМОТРЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ, ЦЕЛИ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ

Методики проведения профилактических испытаний электрооборудования в электроустановках до 1000 В сельскохозяйственных потребителей составлены в соответствии с действующими Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП).

Требования настоящих методик распространяются на все виды заземляющих устройств, систем уравнивания потенциалов, а также распределительных устройств всех назначений, электрических аппаратов, электрооборудования, электропроводок, и кабельных линии напряжением до 1000 В.

Испытания и измерения параметров электробезопасности электроустановок при межремонтных испытаниях и измерениях, называются профилактическими испытаниями, выполняются для оценки состояния электрооборудования и не связаны с выводом электрооборудования в ремонт.

Так для определения технического состояния заземляющего устройства в процессе эксплуатации должны проводиться визуальные осмотры видимой части, осмотры заземляющего устройства с выборочным вскрытием грунта, измерение параметров заземляющего устройства в соответствии с нормами испытания электрооборудования [1].

Визуальные осмотры видимой части заземляющего устройства должны производиться по графику, но не реже 1 раза в 6 месяцев ответственным за электрохозяйство потребителя или работником, им уполномоченным.

При осмотре оценивается состояние контактных соединений между защитным проводником и оборудованием, наличие антикоррозионного покрытия, отсутствие обрывов.

Результаты осмотров должны заноситься в паспорт заземляющего устройства.

Осмотры с выборочным вскрытием грунта в местах, наиболее подверженных коррозии, а также вблизи мест заземления нейтралей силовых трансформаторов, присоединений разрядников и ограничителей перенапряжений должны производиться в соответствии с графиком планово-профилактических работ, но не реже одного раза в 12 лет. Величина участка заземляющего устройства, подвергающегося выборочному вскрытию грунта, определяется решением технического руководителя Потребителя.

При вскрытии грунта должна производиться инструментальная оценка состояния заземлителей и оценка степени коррозии контактных соединений. Элемент заземлителя должен быть заменен, если разрушено более 50 % его сечения.

Для определения технического состояния заземляющего устройства должны производиться следующие профилактические испытания:

- измерение сопротивления заземляющего устройства;

— измерение напряжения прикосновения (в электроустановках, заземляющее устройство которых выполнено по нормам на напряжение прикосновения), проверка наличия цепи между заземляющим устройством и заземляемыми элементами, а также соединений естественных заземлителей с заземляющим устройством;

— измерение токов короткого замыкания электроустановки, проверка состояния пробивных предохранителей;

— измерение удельного сопротивления грунта в районе заземляющего устройства.

Измерения должны выполняться в период наибольшего высыхания грунта.

На главных понизительных подстанциях и трансформаторных подстанциях, отсоединение заземляющих проводников от оборудования невозможно по условиям обеспечения категорийности электроснабжения, техническое состояние заземляющего устройства должно оцениваться по результатам измерений и в соответствии с выше изложенным.

Измерения параметров заземляющих устройств — сопротивление заземляющего устройства, напряжение прикосновения, проверка наличия цепи между заземлителями и заземляемыми элементами — производится также после реконструкции и ремонта заземляющих устройств, при обнаружении разрушения или перекрытия изоляторов ВЛ электрической дугой.

На каждое, находящееся в эксплуатации, заземляющее устройство должен быть заведен паспорт, содержащий:

— исполнительную схему устройства с привязками к капитальным сооружениям;

— указана связь с надземными и подземными коммуникациями и с другими заземляющими устройствами;

— дату ввода в эксплуатацию;

— основные параметры заземлителей (материал, профиль, линейные размеры);

— величина сопротивления растеканию тока заземляющего устройства;

— удельное сопротивление грунта;

— данные по напряжению прикосновения (при необходимости);

— данные по степени коррозии искусственных заземлителей;

— данные по сопротивлению металлосвязи оборудования с заземляющим устройством;

— ведомость осмотров и выявленных дефектов;

— информация по устранению замечаний и дефектов.

К паспорту должны быть приложены результаты визуальных осмотров, осмотров со вскрытием грунта, протоколы измерения параметров заземляющего устройства, данные о характере ремонтов и изменениях, внесенных в конструкцию устройства.

Для проверки соответствия токов плавления предохранителей или уставок расцепителей автоматических выключателей току короткого замыкания в электроустановках периодически должна проводиться проверка срабатывания защиты при коротком замыкании.

После каждой перестановки электрооборудования и монтажа нового (в электроустановках до 1000 В) перед его включением необходимо проверить срабатывание защиты при коротком замыкании.

При использовании в электроустановке устройств защитного отключения (далее УЗО) должна осуществляться его проверка в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя и нормами испытаний электрооборудования [1].

В качестве профилактических испытаний производится также измерение сопротивления изоляции электрических аппаратов, электрооборудования, электропроводок, и кабельных линии напряжением до 1000 В.

1.2 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ ПО ИСПЫТАНИЯМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И АППАРАТОВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Нормы испытаний электрооборудования и аппаратов электроустановок потребителей приведены в приложении 3 [1], являются обязательными для потребителей, эксплуатирующих электроустановки напряжением до 220 кВ.

Конкретные сроки испытаний и измерений параметров электробезопасности электроустановок при межремонтных испытаниях и измерениях, т. е. профилактических испытаниях определяет технический руководитель потребителя на основе приложения 3 [1] с учетом рекомендаций заводских инструкций, состояния электроустановок и местных условий.

Указанная для отдельных видов электрооборудования периодичность испытаний [1] является рекомендуемой и может быть изменена решением технического руководителя потребителя.

Для видов электрооборудования, не включенных в настоящие нормы, конкретные нормы и сроки испытаний и измерений параметров должен устанавливать технический руководитель потребителя с учетом инструкций (рекомендаций) заводов-изготовителей.

Нормы испытаний электрооборудования иностранных фирм должны устанавливаться с учетом указаний фирмы-изготовителя.

Электрооборудование после ремонта испытывается в объеме, определяемом нормами. До начала ремонта испытания и измерения производятся для установления объема и характера ремонта, а также для получения исходных данных, с которыми сравниваются результаты послеремонтных испытаний и измерений.

Оценка состояния изоляции электрооборудования, находящегося в стадии длительного хранения (в том числе аварийного резерва), производится в соответствии с указаниями данных норм, как и находящегося в эксплуатации. Отдельные части и детали проверяются по нормам, указанным заводом-изготовителем в сопроводительной документации на изделия.

Объем и периодичность испытаний и измерений электрооборудования электроустановок в гарантийный период работы должны приниматься в соответствии с указаниями инструкций заводов-изготовителей.

Заключение о пригодности электрооборудования к эксплуатации выдается не только на основании сравнения результатов испытаний и измерений с нормами, но и по совокупности результатов всех проведенных испытаний, измерений и осмотров.

Значения параметров, полученных при испытаниях и измерениях, должны быть сопоставлены с результатами измерений однотипного электрооборудования

или электрооборудования других фаз, а также с результатами предыдущих измерений и испытаний, в том числе с исходными их значениями.

Под исходными значениями измеряемых параметров следует понимать их значения, указанные в паспортах и протоколах заводских испытаний и измерений.

При отсутствии таких значений в качестве исходных могут быть приняты значения, полученные при испытаниях вновь вводимого однотипного оборудования.

Испытания и измерения должны проводиться по программам (методикам), утвержденным руководителем потребителя, и соответствующим требованиям утвержденных в установленном порядке (рекомендованных) документов, типовых методических указаний по испытаниям и измерениям. Программы должны предусматривать меры по обеспечению безопасного проведения работ.

Результаты испытаний, измерений должны быть оформлены протоколами, которые хранятся вместе с паспортами на электрооборудование.

Перед проведением испытаний и измерений электрооборудования (за исключением вращающихся машин, находящихся в эксплуатации) наружная поверхность его изоляции должна быть очищена от пыли и грязи, кроме тех случаев, когда измерения проводятся методом, не требующим отключения оборудования.

Рекомендуется измерять сопротивление изоляции с помощью мегаомметра. За сопротивление изоляции принимается одноминутное значение измеренного сопротивления R_{60} . Если в соответствии с нормами требуется определение коэффициента абсорбции R_{60}/R_{15} , отсчет производится дважды: через 15 и 60 секунд после начала измерений.

При измерении параметров изоляции электрооборудования должны учитываться случайные и систематические погрешности, обусловленные погрешностями измерительных приборов и аппаратов, дополнительными емкостями и индуктивными связями между элементами измерительной схемы, воздействием температуры, влиянием внешних электромагнитных и электростатических полей на измерительное устройство, погрешностями метода и так далее. При измерении тока утечки (тока проводимости) в случае необходимости учитываются пульсации выпрямленного напряжения.

Испытание напряжением 1000 В промышленной частоты может быть заменено измерением одноминутного значения сопротивления изоляции мегомметром на напряжение 2500 В. Эта замена не допускается при испытании ответственных вращающихся машин и цепей релейной защиты и автоматики, а также в случаях, оговоренных в нормах.

Указанные в нормах значения с указанием «не менее» являются наименьшими. Все числовые значения «от» и «до», приведенные в нормах, следует понимать включительно.

Тепловизионный контроль состояния электрооборудования следует по возможности производить для электроустановки в целом

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА

Цель работы: Освоить методику измерения удельного сопротивления грунта. Научиться работать с измерительными приборами — измерителями сопротивления заземления М416, Ф4103-М1, MRU-101. Заполнить протоколы измерений

Порядок выполнения

1. Изучить методику измерения удельного сопротивления грунта.
2. Изучить приборы и средства измерений.
3. Изучить электроустановки.
4. Выполнить измерения, согласно методике.
5. Оформить результаты испытаний в виде протоколов.
6. Провести анализ качества выполненных работ.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА

1 Назначение и область применения методики

1.1 Настоящий документ методика № 1 «Измерение удельного сопротивления грунта» описывает методику выполнения испытаний и измерений для определения удельного сопротивления грунта при проектировании, сооружении и испытаниях заземляющих устройств электроустановок.

1.2. Настоящий документ разработан для применения персоналом электролаборатории при проведении приемо-сдаточных и периодических испытаний в электроустановках.

1.3. Методика охватывает выполнение измерений удельного сопротивления грунта при испытании заземляющих устройств и распространяется на электроустановки до и выше 1000 В.

2 Нормативные ссылки

2.1. В данной методике используются ссылки на следующие нормативные документы:

— Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергосервис, 2003.

— Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Изд. 6 с изменениями и дополнениями.

— Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Изд. 7.

— Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТР М-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00.

— ГОСТ Р 8.563-2009 «Методики (методы) измерений».

— ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Электробезопасность».

— ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Электроустановки низковольтные. Часть 5–54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов.

— РД 153-39.2-080-01 Правила технической эксплуатации автозаправочных станций.

— РД 153-34.0-20.525-00 Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок.

— РД 34.45-51.300-97 Объем и нормы испытаний электрооборудования.

3 Термины и определения

3.1. *Заземлитель* — проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

3.2. *Искусственный заземлитель* — называется заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

3.3. *Естественный заземлитель* — сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления.

3.4. *Заземляющий проводник* — проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

3.5. *Заземляющее устройство* — совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

3.6. *Сопrotивление заземляющего устройства* — отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.

3.7. *Эквивалентное удельное сопротивление земли с неоднородной структурой* — удельной электрическое сопротивление земли с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой.

3.8. Термин удельное сопротивление, используемый в данной методике для земли с неоднородной структурой, следует понимать, как эквивалентное удельное сопротивление.

3.9. *Заземление* — преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

3.10. *Защитное заземление* — заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

3.11. *Рабочее (функциональное) заземление* — заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности).

3.12. *Защитное зануление в электроустановках до 1 кВ* — преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях безопасности.

3.13. *Главная заземляющая шина* — шина, являющаяся частью заземляющего устройства электроустановки до 1 кВ и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов.

4 Характеристика измеряемой величины

Объектом измерения являются свойства грунта, в котором выполнено или предполагается выполнение заземляющего устройства:

— электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с глухо-заземленной нейтралью (кроме воздушных линий);

— электроустановок напряжением до 10 кВ в сетях с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор или резистор нейтралью;

— заземлители, предназначенные для молниезащиты зданий и сооружений.

Измеряемой величиной являются удельное сопротивление грунта в месте установки заземляющего устройства.

5 Условия проведения измерений

5.1. При выполнении измерений и испытаний необходимо выполнение следующих условий:

— температура окружающего воздуха от минус $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$;

— относительная влажность ($95 \pm 3\%$) при температуре $35\text{ }^{\circ}\text{C}$;

— измерение сопротивления грунта рекомендуется проводить в периоды наименьшей проводимости грунта, в засушливое летнее время при наибольшем высыхании грунта или в периоды промерзания грунта зимой.

5.2. Измерения проводят в светлое время суток. Производить измерения устройствах во время грозы, дождя, мокрого тумана и снега, а также в темное время суток запрещается.

6 Метод измерений

Измерение удельного сопротивления грунта производится при проектировании заземляющих устройств (ЗУ) или если ЗУ не соответствует норме следующим методом:

— компенсационный метод, с применением вспомогательного заземлителя и зонда, на котором основан принцип действия прибора М416;

— по симметричной схеме Веннера, который реализуется прибором Ф4103-М1;

— измерение удельного сопротивления грунта, основанное на измерении сопротивления отдельных электродов системы заземлителя при помощи прибора MRU-101;

— измерение геометрических размеров электродов выполняются методом прямых измерений с помощью рулетки и штангенциркуля.

7 Требования к средствам измерений, вспомогательным устройствам

Средства измерений (измерительные приборы, стенды измерительные, установки измерительные) должны быть поверены, опломбированы, иметь клеймо о госповерке.

Средства измерений с нарушенной пломбой, не поверенные или имеющие — неразборчивое клеймо применять при измерениях ЗАПРЕЩАЕТСЯ.

Госповерка средств измерений удостоверяется свидетельством установленного образца Госстандарта РФ.

7.1. При выполнении измерений применяются средства измерения и другие технические средства, приведенные в таблице 1.

Таблица 1.1 — Перечень аппаратуры, используемой в лабораторной работе № 1

№ п / п	Виды измерений при испытании заземляющих устройств	Типы и техническая характеристика применяемых приборов		Размерность по СТСЭВ 1052-78	Межповерочн. интервал средств измерения	Примечания
		наименование прибора	тип, система, класс точности, пределы измер.			
1	2	3	4	5	6	7
1	Измерение сопротивления заземляющих устройств, определение удельного сопротивления грунта	Измеритель сопротивления заземления	М416, магнито-электрическая система, класс точности 5/1, пределы измерений: 0,1-10 0,5-50 2,0-200 10-1000	Ом	1 раз в год	
2	Измерение сопротивления заземляющих устройств	Измеритель сопротивления заземления	Ф4103-М1, кл. точности 2,5; пределы измерений: 0-0,3 0-3,0 0-300	Ом	1 раз в год	
3	Измерение сопротивления заземляющих устройств	Измеритель сопротивления заземления	MRU-101		1 раз в год	
4		Стальные электроды	Диаметр 10 мм Длина 300 мм	мм		
5		Провода соединительные	Длина 25 м и 50 м Сечение 1,5 мм ²	м, мм ²		
6		Молоток	Вес 2 кг	кг		
7		Штангель-циркуль	ШЦ-1-125-0.1 Гост 166-80 Точность измерения 0,1 мм 0-250 мм	мм		Размеры элементов заземляющего устройства
8		Рулетка	Р5УЗД Точность измерения 1 мм 0-5 м	мм, м		Размеры элементов заземляющего устройства

7.2. Описание прибора MRU-101 и работа на нем. Органы управления прибором расположены на лицевой панели (рис. 1.1)

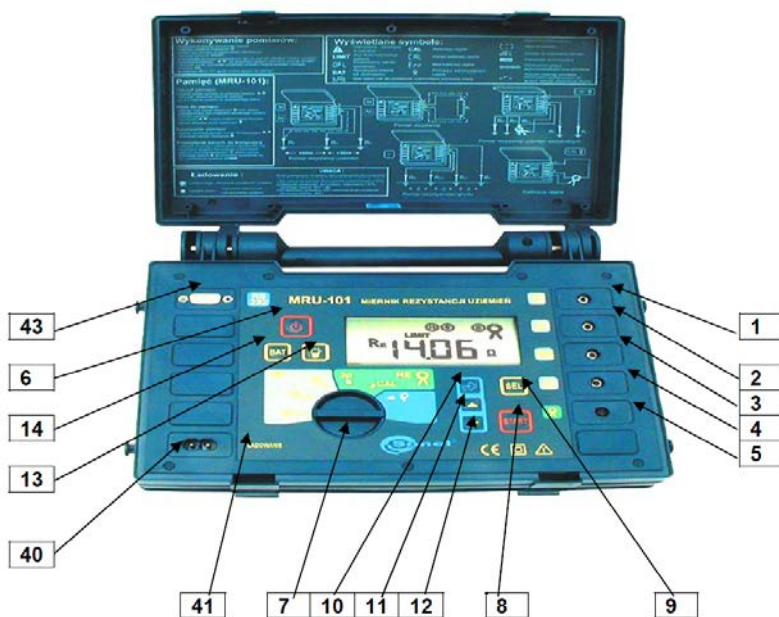


Рис. 1.1 — Передняя панель прибора MRU-101

Где на рис. 1.1:

1 — Измерительное гнездо H для соединения с измерительным щупом, предназначенным для вывода тестового тока, используемого для измерений сопротивления.

2 — Измерительное гнездо S. Для соединения дополнительного потенциального щупа и при измерениях удельного сопротивления грунта.

3 — Измерительное гнездо ES. Для соединения дополнительного потенциального щупа при измерениях сопротивления устройств заземления и удельного сопротивления грунта по четырехполюсной схеме. Это гнездо также используется при измерениях сопротивления по двух — и четырехполюсной схеме.

4 — Измерительное гнездо E. При измерениях сопротивления это гнездо соединяется с измерительным щупом для вывода измерительного тока, при измерениях удельного сопротивления грунта с одним из критических измерительных щупов.

5 — Разъем для подключения кабеля измерительных клещей. Обеспечивает соединение измерительных гнезд при многократном измерении сопротивления заземляющего устройства без разрыва цепи заземлителей.

43 — Разъем для подключения порта интерфейса RS-232.В приборе MRU-101 к этому разъему подключается кабель интерфейса для последовательной передачи данных RS-232.

40 — Гнездо для подачи питания для зарядного устройства.

41 — Светодиод контроля зарядки пакета аккумуляторов.

6 — Клавиша для включения (ON) и выключения (OFF) питания измерителя. После того, как клавиша включена, на дисплее появляются цифры и символы — тест дисплея. Когда клавиша 14 «BAT» или 11 нажата, прибор может быть переведен на выполнение следующих функций:

- в MRU-101 клавиша 14 «BAT» включает процедуру разрядки аккумуляторов с зарядом менее 50 %;
- в MRU-101 клавиша 11 обеспечивает передачу сохраненных данных в компьютер;
- Неактивный измеритель автоматически выключает питание приблизительно через 2 минуты.
- 7 — Поворотный переключатель.
- Обеспечивает выбор функций измерения:
 - RE2p — двухполюсное измерение сопротивления устройств заземления;
 - RE3p — трехполюсное измерение сопротивления устройств заземления;
 - RE4p — четырехполюсная схема измерений сопротивления устройств заземления;
 - RE3p 8 — трехполюсная схема измерений сопротивления многоэлектродного устройства заземления с использованием измерительных клещей;
 - CAL 8 — калибровка измерительных клещей;
 - ρ — измерение удельного сопротивления земли.
- 8 — клавиша START. Начинает процедуру измерения. При измерении удельного сопротивления грунта начинают с минимального расстояния между измерительными щупами, а второй и последующие старты измерений циклически повторяются.
- 9 — клавиша SEL.
- Обеспечивает последующий показ всех величин, привязанных к недавно сделанному измерению, то есть:
 - RE — сопротивление устройств заземления;
 - RS, RH — сопротивление соответствующего электрода.
- Дополнительно измерение текущего значения удельного сопротивления грунта.
- Величина удельного сопротивления грунта.
- 10 — клавиша (запись в память).
- Только для измерителей MRU-101:
 - если память не активна, нажимая клавишу, включают запись результата измерения в инструментальную память, об этом сообщается высвечиванием адреса ячейки (элемента) памяти на дополнительном поле считывания дисплея 24;
 - если прибор находится в режиме записи в память и результат последнего измерения отображается, нажимая указанную клавишу вызывают запись этого результата в текущую ячейку памяти;
 - нажатие любой клавиши прибора включает разрешение старта режима передачи данных в компьютер.
- 11 — клавиша (увеличение).
- 12 — клавиша (уменьшение).
- в случае измерения удельного сопротивления грунта, после первого нажатия клавиши START, этой клавишей актуализируется возможность ввода значения расстояния между измерительными щупами. Позволяют установить дистанцию с шагом 1 м в диапазоне от 1 м до 50 м;
- в измерителе MRU-101, за исключением случая, описанного выше, нажатие любого из двух переключений клавиши является причиной для включения режима считывания памяти. В этом режиме, нажатие клавиши или увеличивают или уменьшают номер ячейки памяти;

13 — Клавиша включает или выключения подсветки дисплея.

14 — клавиша BAT:

— обеспечивает отображение состояния элементов питания памяти или зарядки элементов батареи питания;

— нажатием клавиши 6 обеспечивается выключение текущего режима измерения и переход к процедуре зарядки батареи.

На рис. 1.2 приведены сообщения на жидкокристаллическом дисплее прибора MRU-101.

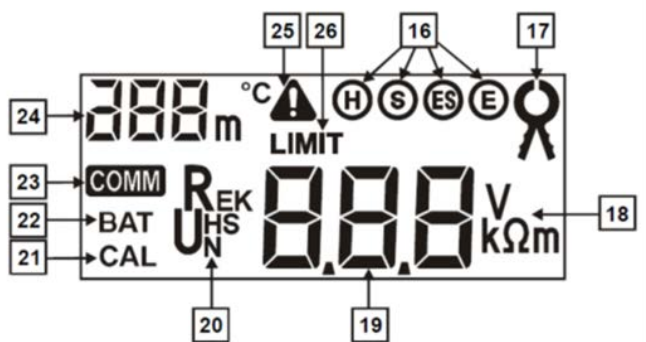


Рис. 1.2 — Жидкокристаллический дисплей прибора MRU-101

Где на рис. 1.2:

16 — Обозначения измерительных гнезд. Индикаторы указывают какие гнезда должны использоваться при выбранном режиме измерений.

17 — Измерительные клещи. Сигнализирует выбор функции цикла измерения сопротивления устройств заземления с использованием измерительных клещей или функции калибровки измерительных клещей.

18 — Значение и вид измеряемой величины:

— V — В (вольт) — напряжение;

— Ω, кΩ — Ом, кОм (ом, килоом) — сопротивление;

— Ω·m, кΩ·m — Ом·м, кОм·м (ом на метр, килоом на метр) — удельное сопротивление грунта;

— m, м (метр) — расстояние между измерительными зондами, забитыми в земле.

19 — Основное поле считывания результатов измерений.

20 — Символы измеряемых и отображаемых величин:

RE — сопротивление устройства заземления;

RH — сопротивление используемого токового измерительного щупа (H);

RS — сопротивление потенциального измерительного щупа (S);

UN — напряжение шума (помехи).

21 — CAL — калибровка.

Отображается после выбора функции калибровки измерительных клещей.

22 — BAT — батареи разряжены.

Требуется замена элементов питания или подзарядка батареи питания памяти.

23 — COMM — режим передачи данных в компьютер (только в MRU-101).

Этот символ появляется на дисплее после старта режима передачи данных в компьютер (клавиша 10 нажата при включении прибора клавишей 6).

24 — Дополнительное поле считывания.

Только в MRU-101 дает номер фактической ячейки (элемента) памяти. Высвечивание цифр указывает, что измеритель находится в режиме записи результатов в память и при просмотре номера ячеек памяти отображаются без мигания индикатора.

25 — Предупреждение. Акцент на важность информации и также указание на необходимость использования Руководства по эксплуатации.

26 — LIMIT Ситуация выхода измеряемого параметра из диапазона измерений.

На рис. 1.3 приведены символы, отображаемые на дисплее прибора MRU-101.

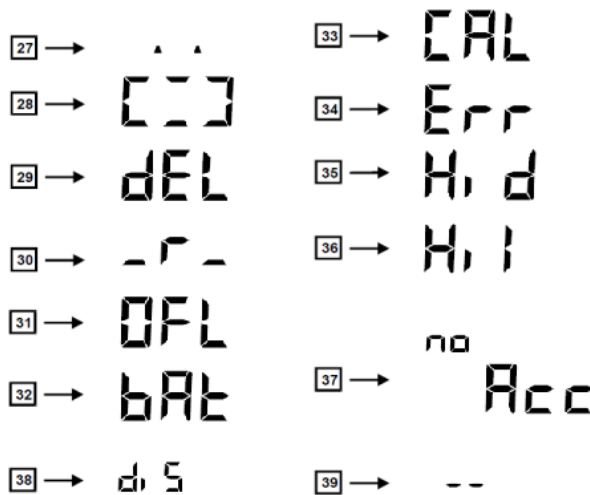


Рис. 1.3 — Символы, отображаемые на дисплее прибора MRU-101

Где на рис. 1.3:

27 — (Две точки) — в выбранной ячейке памяти отсутствует результат.

28 — Запись в память.

29 — Возможное удаление записи из памяти.

30 — Разрыв между измерительными щупами. Сопротивление между измерительными щупами настолько высоко, что возможно щупы либо не соединены, либо не помещены в грунт. Одновременно высвечиваются символы измерительных гнезд, где должны быть проверены соединения.

31 — Результат измерения является превышенным.

32 — Состояние элементов питания прибора или элементов питания памяти делает невозможной правильную работу прибора.

Элементы питания (батарея аккумуляторов Ni-MH 7,2 V) разряжены до такой степени, что правильная работа прибора невозможна. Через три секунды после появления этого символа прибор автоматически отключается с дополнительным длинным акустическим сигналом.

33 — Калибровка измерительных клещей. Процесс калибровки завершился.

34 (Ошибка) — произошла ошибка. Процесс калибровки измерительных клещей не может быть завершен успешно. Символ может наблюдаться вместе с символом ОГРАНИЧЕНИЕ и символами высвечивания обозначений измерительных гнезд или измерительных клещей.

35 — Отдельные измерения рассеяны слишком широко. Результаты последующих измерений того же самого параметра отличаются значительно.

36 — Слишком большой ток. Причина может быть в величине уравнильных токов, проходящих через цепочку шупов и измеряемых клещами.

37 — Ni-MH 7,2 V батарея аккумуляторов отсутствует в приборе. Процесс разгрузки памяти не может выполняться из-за отсутствия элементов питания.

38 — Ni-MH 7,2 V батареи прибора разряжаются. Символ, отображаемый на дополнительном поле считывания, сообщает о ходе разрядки Ni-MH 7,2 V батареи аккумуляторов. На основном поле 19 одновременно отображается текущая информация об относительной степени заряда аккумуляторной батареи (в процентах).

39 — Выбранная ячейка памяти не свободна. Символ, отображаемый на дополнительном поле считывания с номером выбранной ячейки памяти, указывает на факт занятости ячейки результатом, записанным ранее.

Прибор снабжен звуковой сигнализацией более подробно ее описание приведено в руководстве по эксплуатации прибора MRU-101.

8 — Требования к погрешности измерений

8.1. Погрешность измерения определяется классом применяемых приборов.

8.2. Пределы допускаемых значений погрешности приборов, согласно паспортам при измерении удельного сопротивления грунта составляет:

— приборы типа M416 — 5 % от величины удельного сопротивления грунта;

— приборы типа Ф4103-M1 — 2,5 % от величины удельного сопротивления грунта;

— основная относительная погрешность прибора MRU-101 определяется по таблице 1.2, где ρ — конечное значение диапазона измерения величины; е.м.р. — единицы младшего разряда.

Таблица 1.2 — Погрешности измерения прибора MRU-101

Диапазон	Разрешение	Погрешность основная $\delta_{осн}$
0,00...9,99 Ом·м	0,01 Ом·м	$\pm(2\% \rho + 3 \text{ е.м.р.})$
10,0...99,9 Ом·м	0,1 Ом·м	$\pm(2\% \rho + 2 \text{ е.м.р.})$
100...999 Ом·м	1 Ом·м	$\pm(2\% \rho + 2 \text{ е.м.р.})$
1,00...9,99 кОм·м	0,01 кОм·м	$\pm(2\% \rho + 2 \text{ е.м.р.})$
10,0...99,9 кОм·м	0,1 кОм·м	$\pm(2\% \rho + 2 \text{ е.м.р.})$
100...999 кОм·м	1 кОм·м	$\pm(2\% \rho + 2 \text{ е.м.р.})$

Дополнительно необходимо принять во внимание погрешность, вызванную наличием активного сопротивления измерительных зондов, определяемую по формуле:

$$\delta_{\text{ооn}} = \frac{R_H \cdot (R_S + 30000)}{R_E} \cdot 3,2 \cdot 10^{-7},$$

где R_E , R_H и R_S — величина сопротивления измерительных зондов в [Ом].

Приведенное значение погрешности не учитывает ошибку, введенную ошибкой измерения расстояния между зондами, учитывая, что погрешность рулетки, применяемой при измерении расстояния составляет не более 0,1 % (при расстояниях между электродами более 10 м), то эту погрешность можно не учитывать.

9 Подготовка к выполнению испытаний

В разделе рассматривается производство измерений, которое классифицируется по видам измерений и применяемым при этом приборам.

Алгоритмы операций подготовки и выполнения измерений должны строго соответствовать конструкции приборов, с помощью которых эти измерения выполняются.

При подготовке к выполнению измерений проводят следующие работы:

1) Перед началом измерений необходимо:

- убедиться в том, что состояние элементов питания обеспечит выполнение измерений (согласно руководству по эксплуатации);
- проверить, нет ли повреждений изоляции измерительных проводов;
- проверить возможность подключения измерительных щупов к измерительным проводам.

2) Включить прибор и подключить его согласно схеме на рис. 1.4.

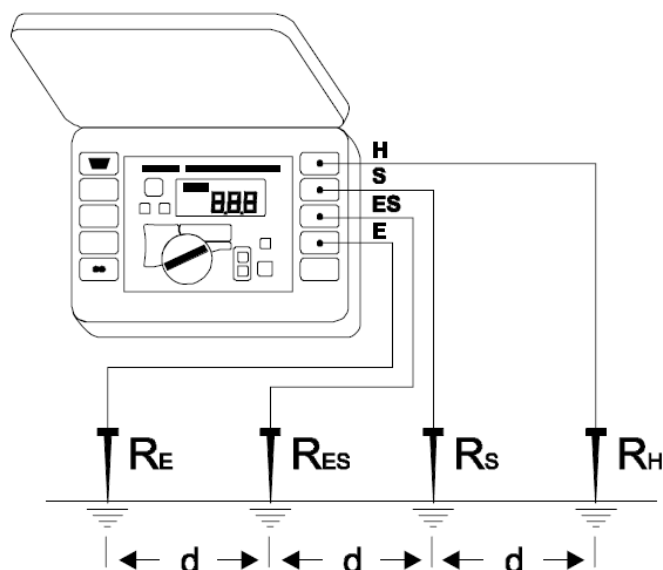


Рис. 1.4 — Схема расположения и подключения электродов при измерении удельного сопротивления грунта

Для измерений удельного сопротивления грунта измерители используют сопротивления отдельных электродов системы заземлителя, для чего в геологии

были разработаны специальные приборы. В данных приборах аналогичная функция измерения задается простым выбором положения поворотного переключателя функций.

Эта функция с метрологической точки зрения идентична четырехполюсной схеме измерений сопротивления заземления, но содержит дополнительную процедуру ввода в прибор взаимного расстояния между измерительными щупами и электродами заземлителя.

Результат измерения — величина удельного сопротивления грунта определяется автоматически согласно формуле, которая применяется в Методике измерения Веннера:

$$\rho = 2\pi d RE,$$

где RE — измеренное сопротивление заземления.

Вышеупомянутая методика предполагает равные расстояния между электродами. Приблизительно можно считать, что при этом способе замеряется удельное сопротивление ρ грунта на глубине, равной расстоянию между забитыми электродами d .

10 Последовательность и порядок выполнения измерения

10.1 Измерение удельного сопротивления грунта прибором М416

Измерение удельного сопротивления грунта проводится аналогично измерению сопротивления заземления одиночного заземлителя прибором М416 или Ф4103-М1.

1-й способ. Производится прибором М416, (рис. 1.5) по методу контрольного электрода.



Рис. 1.5 — Измеритель сопротивления заземления М416

К зажимам 1 и 2 вместо R_x присоединяется контрольный электрод в виде металлического стержня или трубы известных размеров. Вспомогательный

заземлитель и зонд располагают от дополнительного электрода на расстоянии, указанном на рис. 1.6.

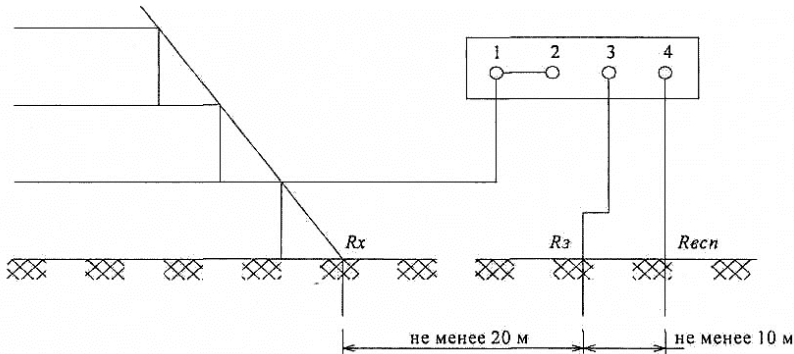


Рис. 1.6 — Принципиальная 3-х проводная схема включения измерителя заземления

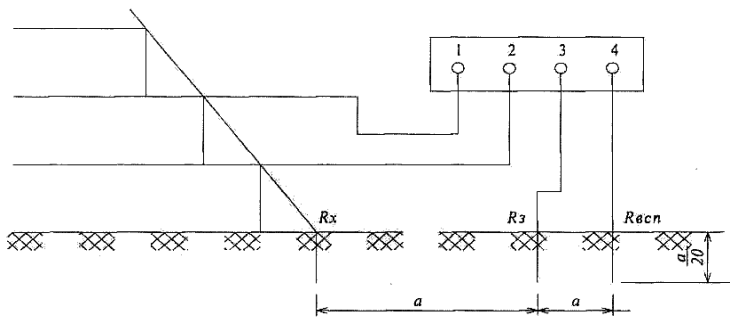


Рис. 1.7 — Схема включения, исключающая погрешность, вносимую соединительными проводами (четырёхпроводная)

В местах забивки стержня, вспомогательного заземлителя и зонда растительный или насыпной слой грунта должен быть удален.

Удельное сопротивление грунта на глубине забивки трубы подсчитывается по формуле (1.1)

$$\rho = 2,73 \cdot R \cdot \frac{l}{\lg \frac{4l}{d}}, \quad (1.1)$$

где R — сопротивление, измеренное измерителем заземления, в Ом;
 l — глубина забивки контрольного электрода, в см;
 d — диаметр контрольного электрода, в см.

2-й способ. Производится по методу вертикального электрического зондирования, рис. 1.8, прибором М416.

На испытуемом участке забиваются в землю по прямой линии четыре стержня на расстоянии друг от друга «а» см. Глубина забивки стержней должна быть не более $1/20$ расстояния «а». Зажимы измерителя заземления I и I подсоединяются к крайним стержням, а зажимы E и E к соответствующим внутренним стержням (перемычка между зажимами I и E размыкается).

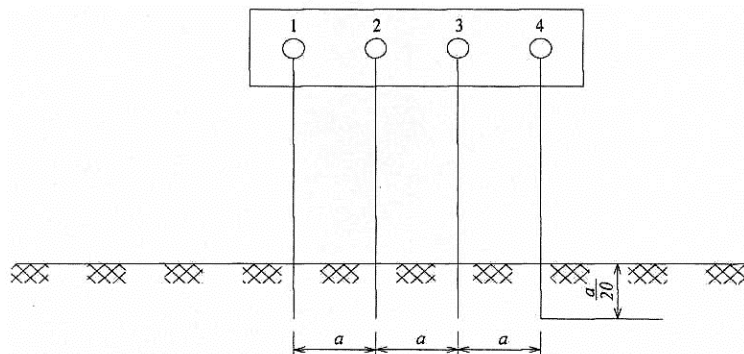


Рис. 1.8 — Измерение удельного сопротивления грунта прибором М416

Производят измерение, причем предварительно при положении переключателя на «Регулировка» стрелку устанавливают на красную отметку шкалы прибора, который показывает в этом случае сопротивление (в Ом) между двумя внутренними стержнями.

Удельное сопротивление подсчитывается по формуле:

$$\rho = 2 \cdot \Pi \cdot a \cdot R, \left(\frac{\text{Ом}}{\text{см}} \right), \quad (1.2)$$

где R — показания измерителем заземления, в Ом;

a — расстояние между стержнями, в см.

Приблизительно можно считать, что при этом способе замеряется « ρ » грунта на глубине, равной расстоянию между забитыми стержнями « a ».

10.2 Измерение удельного сопротивления грунта прибором Ф4103-М1 (рис. 1.9)



Рис. 1.9 — Измеритель сопротивления заземления Ф4103-М1

Измерение удельного сопротивления грунта проводится по схеме рис. 1.10. Измерительные электроды Т и П устанавливаются по симметричной схеме Веннера. При этом следует добиваться примерно одинаковых сопротивлений токовых электродов, не превышающих половины соответствующих значений таблицы 1.3.

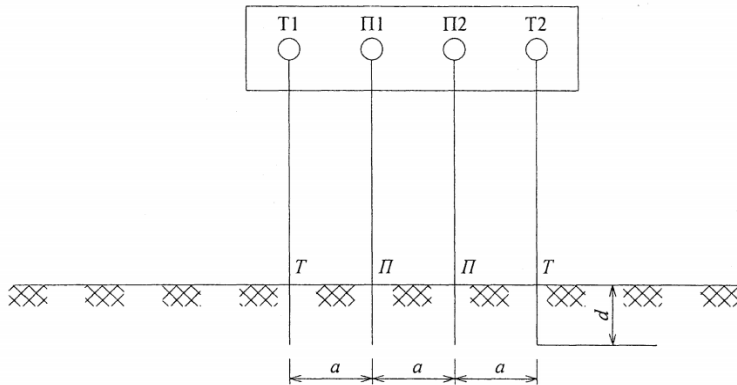


Рис. 1.10 — Измерение удельного сопротивления грунта

Таблица 1.3 — Диапазон допустимых значений сопротивлений электродов

Диапазон измерений, Ом	Диапазон допустимых значений сопротивлений электродов, кОм					
	потенциальных			токовых		
	П1	П2	Суммарное сопротивление	Т2	Т1	Суммарное сопротивление
1	2	3	4	5	6	7
0–0,3	0–2	0–1	0–2	0–0,5	0–1	0–1
0–1	0–2	0–1	0–2	0–0,5	0–1	0–1
0–3	0–6	0–3	0–6	0–1,5	0–3	0–3
0–10	0–6	0–3	0–6	0–1,5	0–3	0–3
0–30	0–12	0–6	0–12	0–3	0–6	0–6
0–100	0–12	0–6	0–12	0–3	0–6	0–6
0–300	0–12	0–6	0–12	0–3	0–6	0–6
0–1000	0–12	0–6	0–12	0–3	0–6	0–6

Расстояние «а» следует принимать не менее, чем в 5 раз, больше глубины погружения электродов d . Операции измерения производить в строгом соответствии с заводским паспортом прибора Ф4301-М1.

Измерение следует проводить в следующем порядке для прибора MRU-101:

1) Измерительные щупы устанавливают в грунт по прямой линии через равные взаимные расстояния и соединяют с измерительными гнездами 1, 2, 3 и 4, обозначенными символами «Н», «S», «ES» и «E», соответственно.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru