

Методика выполнения измерений
в электроустановках с помощью прибора

MI 3102H BT



Дистрибьютор:

ООО «Евротест» - эксклюзивный представитель METREL D.D. в России.

Санкт-Петербург, 198216

Ленинский пр-т, 140

тел./факс: +7 (812) 703-05-55

sales@metrel-russia.ru

www.metrel-russia.ru



Маркировка продукции таким знаком свидетельствует о том, что данная продукция соответствует требованиям ЕС (Европейского Сообщества) относительно безопасности и помех, которые могут возникнуть при работе оборудования

Содержание

1	Назначение	2
2	Нормативные ссылки	2
3	Термины и определения	3
4	Виды измерений	4
4.1	Испытание непрерывности защитных проводников и проводников уравнивания потенциалов	4
4.2	Измерение сопротивления изоляции	7
4.3	Проверка цепи «фаза-ноль»	9
4.4	Проверка устройств защитного отключения (УЗО)	12
4.5	Измерение сопротивления заземлителей	17
5	Применение прибора MI 3102H BT для измерения в электроустановках	22
5.1	Назначение	22
5.2	Технические характеристики	22
5.2.1	Сопротивление изоляции	22
5.2.2	Проверка непрерывности	23
5.2.3	Проверка параметров УЗО	24
5.2.4	Полное сопротивление контура и предполагаемый ток короткого замыкания	25
5.2.5	Полное сопротивление линии и предполагаемый ток короткого замыкания	26
5.2.6	Сопротивление заземления	26
5.2.7	Истинное среднеквадратическое значение силы тока	27
5.2.8	Удельное сопротивление грунта	27
5.2.9	Освещенность	28
5.2.10	Чередование фаз	28
5.2.11	Напряжение и частота	28
5.2.12	Общие характеристики	29
5.3	Проведение измерений с помощью прибора MI 3102H BT	30
5.3.1	Работа с прибором	30
5.3.1.1	Органы управления прибора	30
5.3.1.2	Значение символов и сообщений на экране прибора	31
5.3.1.3	Меню помощи	32
5.3.1.4	Выбор функций	33
5.3.1.5	Главное меню прибора	34
5.3.2	Измерения	41
5.3.2.1	Измерение сопротивления изоляции	41
5.3.2.2	Диагностическая проверка, расчет коэффициентов DAR и PI	43
5.3.2.3	Проверка непрерывности заземляющих проводников	44
5.3.2.4	Проверка параметров УЗО	47
5.3.2.5	Полное сопротивление контура и предполагаемый ток короткого замыкания	53
5.3.2.6	Полное сопротивление линии и предполагаемый ток короткого замыкания	54
5.3.2.7	Измерение сопротивления заземления	58
5.3.2.8	Измерение удельного сопротивления грунта	61
5.3.2.9	Измерение истинного среднеквадратического значения тока	62
5.3.2.10	Измерение напряжения и частоты, контроль порядка чередования фаз	63
6	Требование безопасности при проведении работ	65
7	Требования к персоналу	66
8	Обработка результатов измерений	67
8.1	Контроль погрешности результатов измерений	67
8.2	Требования к протоколу измерений	67

1 Назначение

Данная методика является руководящим документом пользователя прибора MI 3102H BT при проведении измерений в электроустановках согласно требованиям главы 1.8 ПУЭ и приложения 3 ПТЭЭП.

2 Нормативные ссылки

Правила устройства электроустановок, издание 7;

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;

ГОСТ Р 50571.1–2009 Электроустановки зданий. Основные положения;

ГОСТ Р 50571.16–2007 Электроустановки зданий часть 6. Испытания, приёмо-сдаточные испытания;

ГОСТ Р 50571.3–94 Электроустановки зданий часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током;

РД 153–34.0–20.525–00 Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок;

ГОСТ Р 51326.1–99 Устройства защитные, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения без встроенной защиты от сверхтоков. Часть 1. Общие требования и методы испытаний;

ГОСТ Р 51327.1–99 Устройства защитные, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения со встроенной защитой от сверхтоков. Часть 1. Общие требования и методы испытаний;

ГОСТ Р 8.563–96 Методики выполнения измерений.

ГОСТ Р МЭК 61557–4–2007 Сети электрические распределительные низковольтные напряжением до 1000 В переменного тока и 1500 В постоянного тока. Электробезопасность. Аппаратура для испытания, измерения или контроля средств защиты. Часть 4. Сопротивление заземления и эквипотенциального соединения.

ГОСТ Р МЭК 61557–2–2005 Сети электрические распределительные низковольтные напряжением до 1000 В переменного тока и 1500 В постоянного тока. Электробезопасность. Аппаратура для испытания, измерения или контроля средств защиты. Часть 2. Сопротивление изоляции

ГОСТ Р МЭК 61557–6–2009 Сети электрические распределительные низковольтные напряжением до 1000 В переменного тока и 1500 В постоянного тока. Электробезопасность. Аппаратура для испытания, измерения или контроля средств защиты. Часть 6. Устройства защитные, управляемые дифференциальным током, в TT и TN системах.

ГОСТ Р МЭК 61557–3–2006 Сети электрические распределительные низковольтные напряжением до 1000 В переменного тока и 1500 В постоянного тока. Электробезопасность. Аппаратура для испытания, измерения или контроля средств защиты. Часть 3. Полное сопротивление контура.

ГОСТ Р МЭК 61557–5–2008 Сети электрические распределительные низковольтные напряжением до 1000 В переменного тока и 1500 В постоянного тока. Электробезопасность. Аппаратура для испытания, измерения или контроля средств защиты. Часть 5. Сопротивление заземлителя относительно земли.

ГОСТ Р 50571.16–2007 Электроустановки низковольтные. Часть 6. Испытания.

Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М 016–2001 РД 153–34.0–03.150–00

3 Термины и определения

Выравнивание потенциалов – снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий земли.

Главная заземляющая шина – шина, являющаяся частью заземляющего устройства электроустановки до 1000 В и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов.

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети или электроустановки или оборудования с заземляющим устройством, выполненное в целях электробезопасности.

Защитный заземляющий (РЕ) проводник – проводник, предназначенный для целей электробезопасности.

Заземлитель – проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей.

Открытая проводящая часть – доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции.

Сторонняя проводящая часть – проводящая часть не являющаяся частью электроустановки.

Система TN – система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников.

Система TN-C – система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении.

Система TN-S – система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении.

Система IT – система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены.

Система TT – система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника.

Уравнивание потенциалов – электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов.

Основная изоляция – изоляция токоведущих частей, обеспечивающая в том числе защиту от прямого прикосновения.

Двойная изоляция – изоляция в электроустановках до 1 кВ, состоящая из основной и дополнительной изоляции.

Дополнительная изоляция – независимая изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, выполняемая дополнительно к основной изоляции для защиты при косвенном прикосновении.

Прямое прикосновение – электрический контакт людей или животных с токоведущими частями, находящимися под напряжением.

Косвенное прикосновение – электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции.

Токоведущая часть – проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе и нулевой рабочий проводник.

Автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током (устройство защитного отключения) – механический коммутационный аппарат, предназначенный для включения, проведения и отключения токов при нормальных условиях работы, а также разъединения контактов в случае, когда значение дифференциального тока достигает заданной величины в определенных условиях.

Автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током без защиты от сверхтоков (ВДТ) – управляемый дифференциальным током выключатель, не предназначенный для выполнения функции защиты от сверхтоков.

Автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током с защитой от сверхтоков (АВДТ) – управляемый дифференциальным током выключатель, предназначенный для защиты от сверхтоков.

Дифференциальный ток – действующее значение векторной суммы токов, протекающей в первичной цепи ВДТ.

Отключающий дифференциальный ток – значение дифференциального тока, вызывающего отключение ВДТ в заданных условиях эксплуатации (ток срабатывания)

4 Виды измерений

4.1 Испытание непрерывности защитных проводников и проводников уравнивания потенциалов.

Защитные (РЕ) проводники и проводники уравнивания потенциалов являются важной частью системы защиты человека от поражения электрическим током. В ходе приемосдаточных испытаний электроустановки, а также при ее последующей эксплуатации должна проводиться проверка цепи между заземлителями и заземляемыми элементами. Пункт 1.8.39 ПУЭ требует произвести следующие действия при проведении данного испытания: проверить сечение, целостность и прочность проводов, их соединений и присоединений.

В качестве защитных (РЕ) проводников в электроустановках до 1000 В используются:

Специально предусмотренные проводники (жилы многожильных кабелей, изолированные или неизолированные провода в общей оболочке с фазными проводами)

Открытые проводящие части электроустановки (алюминиевые оболочки кабелей, стальные трубы электропроводок, металлические оболочки и опорные конструкции шинопроводов и комплектных устройств заводского изготовления)

Некоторые сторонние проводящие части (металлические строительные конструкции зданий и сооружений, металлические конструкции производственного назначения), непрерывность которых обеспечена конструкцией или соответствующими соединениями, защищенными от механических, химических и других повреждений. Сторонние проводящие части, используемые в качестве РЕ проводников, должны быть недемонтируемы.

Наименьшие площади поперечного сечения защитных проводников должны соответствовать таблице 1. Площади сечений приведены для случая, когда защитные проводники изготовлены из того же материала, что и фазные проводники. Сечения защитных проводников из других материалов должны быть эквивалентны по проводимости приведенным.

Таблица 1.

Наименьшее сечение защитных проводников

Сечение фазных проводников, мм ²	Наименьшее сечение защитных проводников, мм ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Во всех случаях сечение медных защитных проводников, не входящих в состав кабеля или проложенных не в общей оболочке (трубе, коробе, на одном лотке) с фазными проводниками должно быть не менее: 2,5 мм² при наличии механической защиты; 4 мм² при отсутствии механической защиты. Сечение отдельно проложенных защитных алюминиевых проводников должно быть не менее 16 мм².

В многофазных цепях в системе TN для стационарно проложенных кабелей, жилы которых имеют площадь поперечного сечения не менее 10 мм² по меди или 16 мм² по алюминию, функции нулевого защитного (PE) и нулевого рабочего (N) проводников могут быть совмещены в одном проводнике (PEN-проводник). Когда нулевой рабочий и нулевой защитный проводники разделены в какой-либо точке электроустановки, не допускается объединять их за этой точкой по ходу распределения энергии. В месте разделения PEN-проводника на нулевой защитный и нулевой рабочий проводники необходимо предусмотреть отдельные зажимы или шины для проводников, соединенные между собой. PEN-проводник питающей линии должен быть подключен к зажиму или шине нулевого защитного PE-проводника.

Основная система уравнивания потенциалов электроустановки до 1000 В должна соединять между собой следующие проводящие части:

- нулевой защитный PE- или PEN-проводник питающей линии в системе TN; заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электроустановки, в системах IT, TT;
- заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание (при его наличии);
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т. п.;
- металлические части каркаса здания; металлические части централизованных систем вентиляции;
- заземляющие устройства системы молниезащиты 2-й и 3-й категории;
- заземляющий проводник рабочего заземления, если такое имеется и отсутствуют ограничения на присоединение сети рабочего заземления к заземляющему устройству защитного заземления;
- металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Проводящие части, входящие в здание извне, должны быть соединены как можно ближе к точке их ввода в здание. Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все указанные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине при помощи проводников системы уравнивания потенциалов.

Система дополнительного уравнивания потенциалов должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, а также нулевые защитные проводники в системе TN и защитные заземляющие проводники в системах TT, IT, включая защитные проводники штепсельных розеток.

Проводники основной системы уравнивания потенциалов должны иметь сечение не менее половины наибольшего сечения защитного проводника электроустановки, если сечение проводника уравнивания потенциалов при этом не превышает 25 мм² по меди или равноценное ему

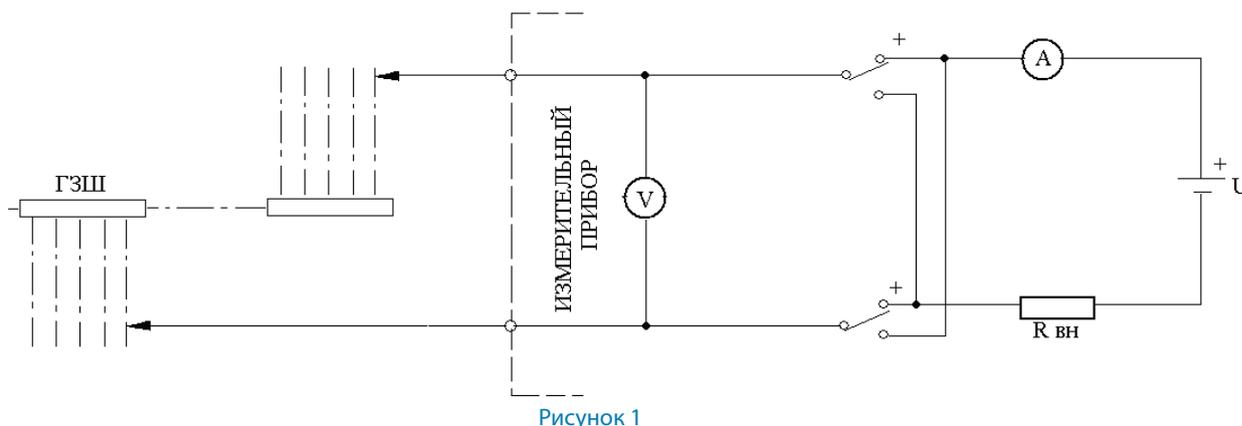
из других материалов. Сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов в любом случае должно быть не менее: 6 мм² для медных, 16 мм² для алюминиевых, 50 мм² для стальных. Сечение проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее сечения меньшего из защитных проводников (при соединении двух открытых проводящих частей) или половины сечения защитного проводника, подключенного к открытой проводящей части (присоединении открытой проводящей части и сторонней проводящей части).

Главная заземляющая шина может быть выполнена внутри вводного устройства электроустановки до 1000 В или отдельно от него. Внутри вводного устройства в качестве главной заземляющей шины следует использовать шину РЕ. При отдельной установке главная заземляющая шина должна быть расположена в доступном, удобном для обслуживания месте вблизи вводного устройства. Сечение отдельно установленной главной заземляющей шины должно быть не менее сечения РЕ (PEN)-проводника питающей линии. Главная заземляющая шина выполняется, как правило, из медного проводника, реже – из стального. Применение в качестве главной заземляющей шины алюминиевых проводников запрещено.

ГОСТ Р МЭК 61557-4-2007 предъявляет ряд требований к измерительному оборудованию используемому для измерения непрерывности (сопротивления) защитных проводников, проводников основного и дополнительного уравнивания потенциалов и заземляющих проводников:

- измерительное напряжение может быть напряжением постоянного или переменного тока, напряжение разомкнутой цепи не должно превышать 24 В, но должно быть не менее 4 В;
- измерительный ток должен быть не менее 0,2 А;
- при использовании напряжения постоянного тока измерительная аппаратура должна обеспечивать переключение полярности;
- диапазон измерений должен быть от 0,2 до 2 Ом;
- максимальная погрешность в вышеуказанном диапазоне при рабочих условиях применения не должна превышать $\pm 30\%$ измеренного значения;
- разрешающая способность цифровых приборов должна быть не хуже 0,01 Ом;
- внешнее напряжение до 120% номинального напряжения сети, поданное на измерительное оборудование в течение 1 минуты, не должно повредить оборудование или вызывать любую опасность для оператора.

Принцип измерения по методу вольтметра-амперметра представлен на рисунке 1



Напряжение внутреннего источника вызывает испытательный ток в испытываемую цепь через амперметр и внутреннее сопротивление $R_{вн}$. Падение напряжения измеряется вольтметром. Искомое сопротивление R_x рассчитывается на основе уравнения, приведенного ниже.

Различные соединения, обычно ржавые, могут быть включены в испытываемую цепь, это может привести к тому, что данные соединения будут вести себя как гальванический элемент, сопротивление которого зависит от полярности испытательного напряжения. Именно поэтому правила требуют,

чтобы приборы имели возможность реверса испытательного напряжения. Из-за двух полярностей напряжения получают два предварительных результата:

$$\text{Результат (+)} = U / I = R_x (+)$$

$$\text{Результат (-)} = U / I = R_x (-),$$

где

U падение напряжения, измеренное вольтметром на неизвестном сопротивлении *R_x*.

I испытательный ток, вызываемый внутренним источником и измеренный амперметром.

4.2 Измерение сопротивления изоляции.

Значение сопротивления изоляции постоянному току является основным критерием, характеризующим эффективность защитных свойств изоляции. Внутренние и внешние повреждения, воздействие влаги, загрязнения способны значительно снизить сопротивление изоляционного материала. Негативное воздействие влаги на изоляцию можно оценить с помощью второго по важности параметра изоляции – коэффициента абсорбции, который равен отношению сопротивления изоляции, измеренного через 60 секунд воздействия испытательного напряжения, к сопротивлению изоляции, измеренному через 15 секунд воздействия испытательного напряжения.

$$K = R_{uz60c} / R_{uz15c}$$

Значение коэффициента абсорбции близкое к единице говорит об избыточной увлажненности изоляции. Удовлетворительным значением данного коэффициента считается число большее 1,3.

При измерении сопротивления изоляции одножильных кабелей мегаомметр необходимо подключать между:

- токопроводящей жилой, металлическим стержнем или между жилой и заземлением для изделий без металлической оболочки, экрана, брони.
- Токопроводящей жилой и металлической оболочкой или экраном, броней для изделий с металлическим экраном, оболочкой, броней. Сопротивление изоляции многожильных кабелей, проводов, шнуров должно быть измерено:
- Между каждой токопроводящей жилой и остальными жилами, соединенными между собой или между каждой токопроводящей жилой и остальными жилами, соединенными между собой или между каждой токопроводящей жилой и остальными жилами, соединенными между собой и заземлением для изделий без металлической оболочки, экрана, брони.
- Между каждой токопроводящей жилой и остальными жилами, соединенными между собой и оболочкой или экраном, броней для изделий с металлической оболочкой, экраном, броней.

В случае получения недопустимо низкого значения сопротивления изоляции необходимо выполнить повторные измерения с отсоединением кабелей, проводов и шнуров от зажимов потребителей и разведением токоведущих жил.

При измерении сопротивления изоляции отдельных образцов кабелей, проводов и шнуров, они должны быть отобраны на строительные длины, намотанные на барабаны или бухты, или образцы длиной не менее 10 м, исключая длину концевых разделок, если в стандартах или технических условиях на кабели, провода и шнуры не оговорена другая длина. Число строительных длин и образцов для измерения должно быть указано в стандартах или технических условиях на кабели, провода и шнуры.

Сопротивление изоляции между токоведущими частями и открытыми проводящими частями – это основной параметр безопасности, который характеризует эффективность защиты от прямого и косвенного прикосновения.

Сопротивление изоляции между токоведущими частями характеризует в свою очередь эффективность защиты от короткого замыкания.

Измерения сопротивления изоляции должны быть проведены перед первым присоединением сети к установке. Все выключатели должны быть включены и все нагрузки должны быть отсоединены, что позволяет проверить установку в целом, и быть уверенным, что результаты испытания не искажены влиянием какой-либо нагрузки.

ГОСТ Р МЭК 61557-2-2005 предъявляет требования к измерительной аппаратуре, используемой для контроля сопротивления изоляции:

- выходное напряжение должно быть напряжением постоянного тока;
- напряжение разомкнутой цепи измерительной аппаратуры не должно превышать более чем в 1,5 раза номинальное выходное напряжение;
- номинальный ток должен быть не менее 1 мА;
- измерительный ток не должен превышать более чем на 15 мА пиковое значение тока; любые присутствующие переменные составляющие тока не должны превышать более чем на 1,5 мА пиковое значение тока;
- максимальная погрешность измерительной аппаратуры в рабочих условиях применения, выраженная в процентах, в пределах диапазона измерений не должна превышать $\pm 30\%$ от измеренного значения;
- измерительная аппаратура должна выдерживать без повреждения и риска возникновения опасности для пользователя перегрузку напряжением постоянного или переменного тока, среднеквадратическое значение которого не превышает 120% максимального значения номинального выходного напряжения, случайно приложенным в течение 10 с к зажимам измерительной аппаратуры.

Приборы, предназначенные для измерения сопротивления изоляции, используют метод вольтметра-амперметра.

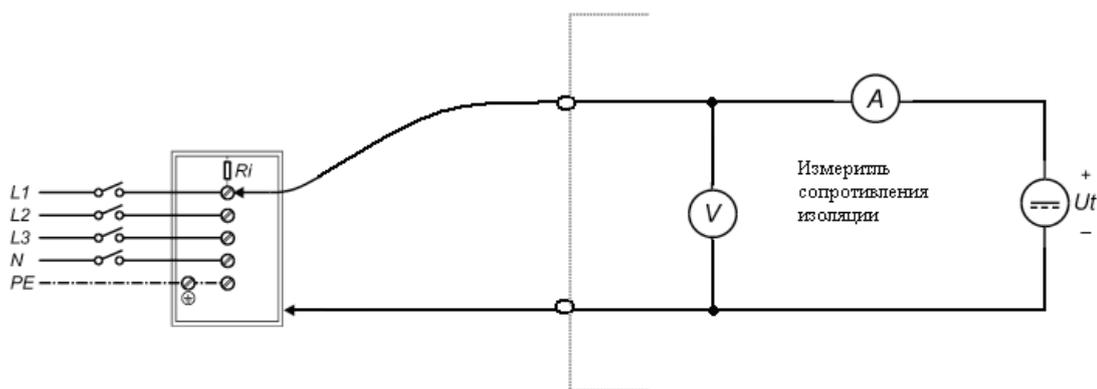


Рисунок 2

Вышеприведенный рисунок отображает измерение сопротивления изоляции методом вольтметра-амперметра.

$$R_i = U_t / I$$

где:

U_t испытательное напряжение постоянного тока, измеренное вольтметром V .

I испытательный ток, возбуждаемый генератором постоянного тока через сопротивление изоляции R_i . Ток измеряется амперметром A .

R_i сопротивление изоляции.

4.3 Проверка цепи «фаза-ноль»

Проверка цепи «фаза-ноль» проводится с целью контроля надежности срабатывания аппаратов защиты от сверхтока при замыкании фазного проводника на открытые проводящие части. При этом характеристики защитных аппаратов и параметры защитных проводников должны быть согласованы, чтобы обеспечить нормированное время отключения поврежденной цепи защитно-коммутационным аппаратом в соответствии с номинальным фазным напряжением питающей сети.

В системе TN время автоматического отключения питания не должно превышать значений указанных в таблице 2.

Таблица 2

Номинальное фазное напряжение U_0 , В	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Более 380	0,1

Приведенные значения времени отключения считаются достаточными для обеспечения электробезопасности, в том числе в групповых цепях, питающих передвижные и переносные электроприемники и ручной электроинструмент класса 1. В цепях, питающих распределительные, групповые, этажные и др. щиты и щитки, время отключения не должно превышать 5 с. Допускаются значения времени отключения более указанных в таблице 2, но не более 5 с в цепях, питающих только стационарные электроприемники от распределительных щитов или щитков при выполнении одного из следующих условий:

полное сопротивление защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком не превышает значения $50 \times Z_{\Sigma} / U_0$, Ом, где Z_{Σ} – полное сопротивление цепи «фаза-ноль», Ом,

U_0 – номинальное фазное напряжение цепи, В,

50 – падение напряжения на участке защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком, В.

к шине РЕ распределительного щита или щитка присоединена дополнительная система уравнивания потенциалов, охватывающая те же сторонние проводящие части, что и основная система уравнивания потенциалов.

Для обеспечения своевременного срабатывания аппарата защиты, должно выполняться следующее соотношение характеристик аппарата защиты и короткозамкнутой электрической цепи:

$I_{kz \text{ расч.}} > I_{kz \text{ min}}$,

$I_{kz \text{ расч.}}$ – расчетный ток однофазного короткого замыкания, вычисляемый на основе измерения полного сопротивления цепи короткого замыкания, А;

$I_{kz \text{ min}}$ – минимальный допустимый ток короткого замыкания, А.

В таблице 3 приведены значения минимально допустимого тока короткого замыкания в зависимости от вида аппарата защиты.

Таблица 3

Вид защиты от однофазных замыканий	Значение I_{min} при максимальном времени отключения	
	0,4 с	5 с
Плавкая вставка предохранителя	I_{max} в соответствии с время-токовой характеристикой	
Автоматический выключатель, соответствующий ГОСТ Р 50030.2–99	$I_{отс} \times 1,2$	I_{max} по время-токовой характеристике с холодного состояния при $T=+5^{\circ}\text{C}$
Автоматический выключатель, соответствующий типу А по ГОСТ Р 50345–99	$I_n \times 5$	I_{max} по время-токовой характеристике с холодного состояния при $T=+5^{\circ}\text{C}$
Автоматический выключатель, соответствующий типу С по ГОСТ Р 50345–99	$I_n \times 10$	
Автоматический выключатель, соответствующий типу D по ГОСТ Р 50345–99	$I_n \times 20$	

 $I_{max} = K_m \times I_{вtx}$,

где K_m – температурный коэффициент, для время-токовой характеристики, для время-токовой характеристики, снятой при 20°C $K_m=1,08$;

$I_{вtx}$ – ток срабатывания теплового расцепителя при температуре отличной от $+5^{\circ}\text{C}$.

Электроустановки, введенные в эксплуатацию до 01.01.2003, выполнены согласно требований п. 1.7.79 ПУЭ издание 6. В электроустановках до 1кВ с глухозаземленной нейтралью с целью обеспечения автоматического отключения аварийного участка проводимость фазных и нулевых защитных проводников должна быть выбрана такой, чтобы при замыкании на корпус или на нулевой защитный проводник возникал ток КЗ, превышающий не менее чем: в 3 раза номинальный ток плавкого элемента ближайшего предохранителя; в 3 раза номинальный ток нерегулируемого расцепителя или уставку тока тока регулируемого расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратно зависимую от тока характеристику.

При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель (отсечку), проводимость указанных проводников должна обеспечивать ток не ниже уставки тока мгновенного срабатывания, умноженной на коэффициент, учитывающий разброс (по заводским данным), и на коэффициент запаса 1,1. При отсутствии заводских данных для автоматических выключателей с номинальным током до 100 А кратность тока короткого замыкания относительно уставки следует принимать не менее 1,4, а для автоматических выключателей с номинальным током более 100 А – не менее 1,25. Полная проводимость нулевого защитного проводника во всех случаях должна быть не менее 50% проводимости фазного проводника. Если данные требования не удовлетворяются в отношении значения тока замыкания на корпус или на нулевой защитный проводник, то отключение при этих замыканиях должно обеспечиваться при помощи специальных защит.

ГОСТ Р МЭК 61557–3–2006 предъявляет ряд требований к аппаратуре применяемой для проверки цепи «фаза-ноль»:

- максимальная погрешность измерительной аппаратуры в рабочих условиях применения не должна превышать $\pm 30\%$ измеренного значения;
- если при подключении нагрузочного устройства возникают переходные процессы в распределительной сети, погрешность в рабочих условиях применения не должна превышать установленных пределов в результате воздействия переходных процессов;
- напряжение в точках измерения испытываемой цепи не должно превышать аварийного значения 50 В, это может достигаться автоматическим отключением при возникновении аварийного напряжения, превышающего 50 В;

- измерительная аппаратура должна выдерживать без повреждений, создающих опасность для пользователя, случайное подключение к распределительной сети напряжением, равным 173% номинального напряжения в течение 1 мин. Защитные устройства при этом могут срабатывать.

Контроль параметров цепи «фаза-ноль» осуществляется либо непосредственным измерением тока однофазного замыкания на защитный проводник, либо измерением полного сопротивления цепи «фаза-ноль» и вычислением предполагаемого тока короткого замыкания. Большинство современных приборов используют метод измерения полного сопротивления цепи «фаза-ноль» с последующим вычислением предполагаемого тока короткого замыкания. На рисунке 3 представлен принцип измерения полного сопротивления петли КЗ. Испытательный прибор подсоединен параллельно сетевому напряжению (между фазным и защитным проводниками) и нагружает сеть соответствующим нагрузочным сопротивлением в течение короткого периода времени. Испытательный ток течет по петле, отмеченной на рисунке пунктирной линией. Падение напряжения, вызванное испытательным током, измеряется вольтметром. Также измеряется фазовый сдвиг между испытательным током и сетевым напряжением. На основе измеренных параметров прибор вычисляет импеданс цепи «фаза-ноль», для данного примера результат равен:

$$Z = Z_{\text{sec}} + R_{\text{I}} + R_{\text{pe}} = Z_{\text{s}},$$

где:

Z_{sec} импеданс вторичной обмотки трансформатора.

R_I сопротивление фазного проводника от силового трансформатора до розетки.

R_{pe} сопротивление защитного проводника от розетки до силового трансформатора.

Современные испытательные приборы рассчитывают и прогнозируемый ток короткого замыкания I_{psc} :

$$I_{\text{psc}} = U_{\text{n}}/Z$$

где:

U_n номинальное сетевое напряжение между фазным и защитным проводниками (220 В)

Z импеданс петли повреждения.

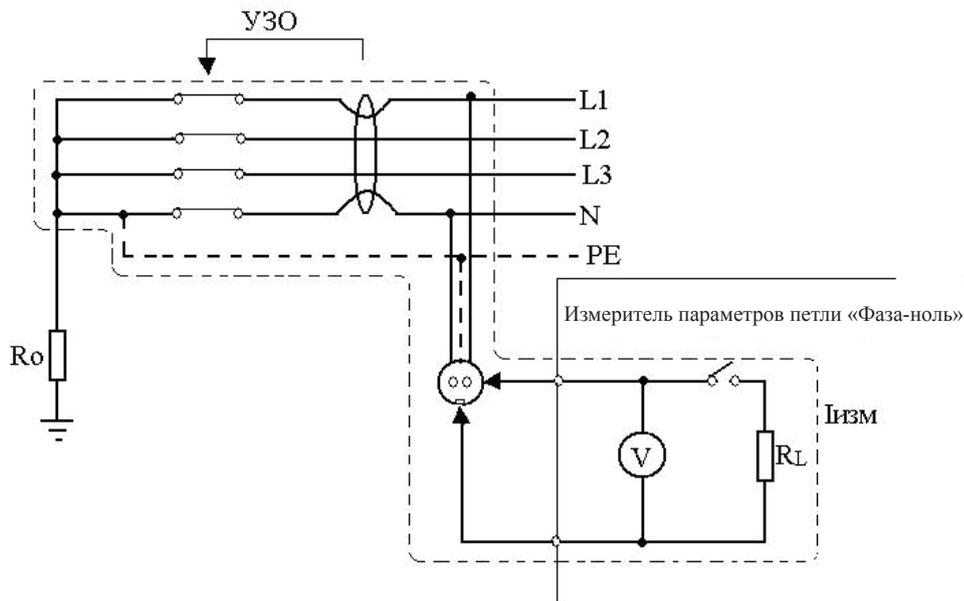


Рисунок 3

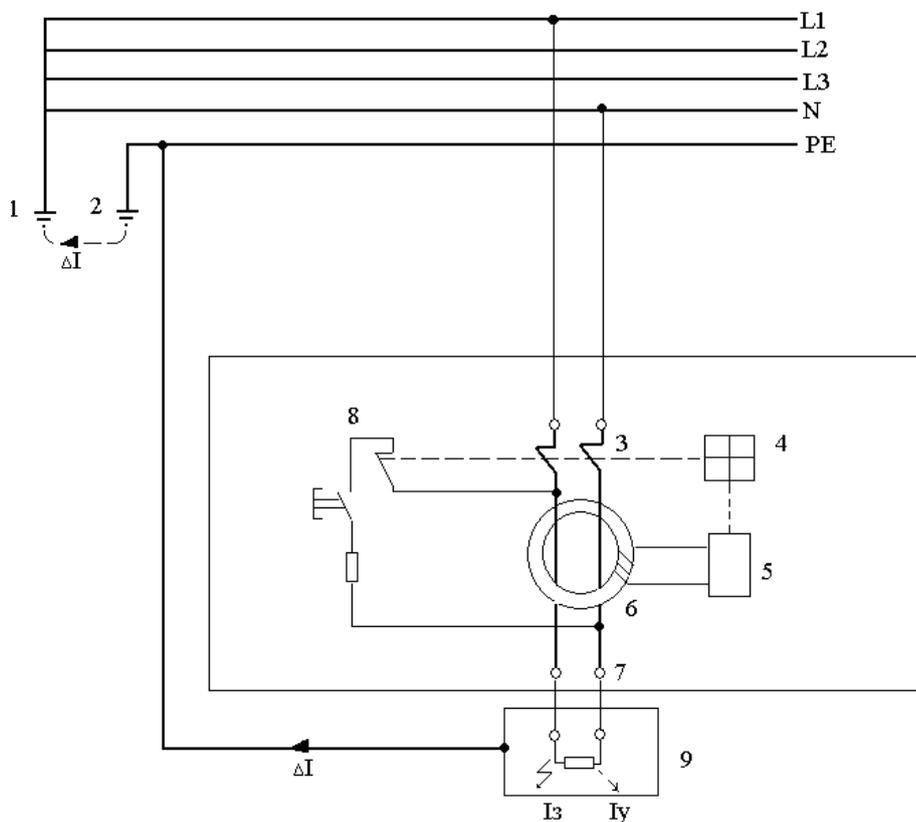
4.4 Проверка устройств защитного отключения (УЗО)

Главная задача устройства защитного отключения – обеспечить защиту от косвенного прикосновения

путем размыкания одной или нескольких электрических цепей с помощью своих главных контактов.

Автоматическое оперирование УЗО происходит при появлении в его главной цепи отключающего дифференциального тока. Автоматические выключатели управляемые дифференциальным током с защитой от сверхтоков также автоматически срабатывают при протекании через главную цепь сверхтока, который может быть током короткого замыкания и током перегрузки.

Принцип работы УЗО заключается в следующем: встроенный дифференциальный трансформатор определяет сумму электрических токов, протекающих в проводниках главной цепи (то есть дифференциальный ток) и с помощью расцепителя разрывает эту цепь, если сумма токов превышает заданное значение (отключающий дифференциальный ток). Как правило, сумма токов отличная от нуля является результатом протекания тока замыкания на землю и тока утечки, таким образом, конструктивное устройство УЗО ориентировано на обнаружение и оценку тока замыкания на землю (I_z – на рисунке 3) и тока утечки (I_y – на рисунке 3). Ток замыкания на землю возникает из-за повреждения основной изоляции какой-либо токоведущей части в цепях после УЗО. Повреждение основной изоляции опасной токоведущей части сопровождается ее замыканием на открытую проводящую часть электроприемника класса I. С токоведущей части ток замыкания на землю протекает на открытую проводящую часть, затем этот ток стекает с открытой проводящей части электроприемника в защитный проводник и далее через заземляющее устройство электроустановки здания – в землю (см. рисунок 4).



- 1 - заземляющее устройство нейтрали источника;
- 2 - заземляющее устройство электроустановки здания;
- 3 - главные контакты УЗО;
- 4 - механизм размыкания УЗО;
- 5 - расцепитель дифференциального тока УЗО;
- 6 - дифференциальный трансформатор УЗО;
- 7 - выводы УЗО;
- 8 - электрическая цепь контрольного устройства УЗО; 9- электроприемник класса I.

Рисунок 4

При установке УЗО следует учитывать следующие требования:

- в зоне действия УЗО нулевой рабочий проводник не должен иметь соединений с заземленными

- элементами и нулевым защитным проводником;
- во всех случаях применения УЗО должно обеспечивать надежную коммутацию цепей нагрузки с учетом возможных перегрузок;
 - рекомендуется использовать УЗО, представляющее собой единый аппарат с автоматическим выключателем, обеспечивающим защиту от сверхтока;
 - не допускается использовать УЗО в групповых линиях, не имеющих защиты от сверхтока, без дополнительного аппарата, обеспечивающего эту защиту;
 - при использовании УЗО, не имеющих защиты от сверхтока, необходима их расчетная проверка в режимах сверхтока с учетом защитных характеристик вышестоящего аппарата, обеспечивающего защиту от сверхтока;
 - в жилых зданиях не допускается применять УЗО, автоматически отключающие потребителя от сети при исчезновении или недопустимом падении напряжения сети; при этом УЗО должно сохранять работоспособность на время не менее 5 с при снижении напряжения до 50% от номинального;
 - в групповых сетях, питающих штепсельные розетки, следует применять УЗО с номинальным током срабатывания не более 30мА;
 - в жилых зданиях УЗО рекомендуется устанавливать на квартирных щитках, допускается их установка на этажных щитках;
 - установка УЗО запрещена для электроприемников, отключение которых может привести к возникновению опасности, например, отключение пожарной сигнализации;
 - для групповых линий, питающих розеточные сети, находящиеся вне помещений, в особо опасных помещениях и помещениях повышенной опасности;
 - для повышения уровня защиты от возгорания при замыканиях на заземленные части, когда величина тока недостаточна для срабатывания максимальной токовой защиты, на вводе в квартиру, дом и т. п. рекомендуется установка УЗО с током срабатывания до 300 мА;
 - не допускается применять УЗО, реагирующие на дифференциальный ток, в четырехпроводных трехфазных цепях (система TN-C). В случае необходимости применения УЗО для защиты отдельных электроприемников, получающих питание от системы TN-C, защитный РЕ-проводник электроприемника должен быть подключен к PEN-проводнику цепи, питающей электроприемник, до защитно-коммутационного аппарата.

Устройства защитного отключения классифицируют по ряду признаков.

По способу управления УЗО подразделяют на:

- УЗО функционально не зависящие от напряжения;
- УЗО функционально зависящие от напряжения; функционально зависящие от напряжения в свою очередь подразделяются на устройства, автоматически размыкающиеся с задержкой по времени или без нее при исчезновении напряжения и на устройства, не выполняющие автоматическое отключение при исчезновении напряжения.

По способу установки УЗО подразделяют на:

- УЗО, применяемые для стационарной установки при неподвижной электропроводке;
- УЗО, используемые для подвижной установки и шнурового присоединения самого устройства к источнику питания.

По числу полюсов и токовых путей УЗО подразделяют на:

- однополюсные ВДТ с двумя токовыми путями;
- двухполюсные ВДТ;
- трехполюсные ВДТ;
- трехполюсные ВДТ с четырьмя токовыми путями;
- четырехполюсные ВДТ;
- однополюсные АВДТ с одним защищенным полюсом и некоммутируемой нейтралью;
- двухполюсные АВДТ с одним защищенным полюсом;
- двухполюсные АВДТ с двумя защищенными полюсами;
- трехполюсные АВДТ с тремя защищенными полюсами;
- трехполюсные АВДТ с тремя защищенными полюсами и некоммутируемой нейтралью;
- четырехполюсные АВДТ с тремя защищенными полюсами;
- четырехполюсные АВДТ с четырьмя защищенными полюсами.

По условиям регулирования отключающего дифференциального тока УЗО подразделяют на:

- УЗО с одним значением номинального отключающего дифференциального тока;
- УЗО с несколькими фиксированными значениями отключающего дифференциального тока.

По условиям устойчивости к нежелательному срабатыванию от воздействия импульсов напряжения УЗО подразделяют на:

- УЗО общего применения, имеющие нормальную устойчивость к нежелательному срабатыванию;
- УЗО типа S, имеющие повышенную устойчивость к нежелательному срабатыванию;

По условиям функционирования при наличии составляющей постоянного тока УЗО подразделяются на:

- УЗО типа AC, срабатывающие только при синусоидальных переменных дифференциальных токах либо прикладываемых скачком, либо медленно растущих;
- УЗО типа A, срабатывающие как при синусоидальных переменных дифференциальных токах, так и при пульсирующих постоянных дифференциальных токах либо прикладываемых скачком, либо медленно растущих;
- УЗО типа B, срабатывающие при синусоидальных переменных, пульсирующих постоянных и постоянных дифференциальных токах либо прикладываемых скачком, либо медленно растущих;

По наличию задержки по времени УЗО подразделяются на:

- УЗО без выдержки по времени для общего применения;
- УЗО с выдержкой времени тип S.

По способу защиты от внешних воздействий УЗО подразделяются на:

- УЗО защищенного исполнения, не требующие в эксплуатации защитной оболочки;
- УЗО незащищенного исполнения, для их эксплуатации требуется защитная оболочка.

По способу монтажа УЗО подразделяются на:

- УЗО поверхностного монтажа;
- УЗО утопленного монтажа;
- УЗО панельно-щитового монтажа.

По способу присоединения УЗО подразделяются на:

- УЗО, электрическое присоединение которых к внешним электрическим цепям не связано с их механическим креплением;
- УЗО электрическое присоединение которых к внешним электрическим цепям связано с их механическим креплением.

Устройства защитного отключения должно иметь маркировку, включающую следующие данные:

- наименование или торговый знак производителя;
- типовое обозначение ВДТ или АВДТ, серийный номер;
- одно или несколько значений номинального напряжения U_n ВДТ и АВДТ;
- номинальный ток I_n для ВДТ; для АВДТ указывают номинальный ток I_n в амперах без указания единицы измерения с предшествующим обозначением типа мгновенного расцепителя (B, C, D);
- номинальная частота, если ВДТ разработан для частоты отличной от 50 Гц, а АВДТ предназначен для работы только на одной частоте;
- номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$ ВДТ или АВДТ или значения номинального отключающего дифференциального тока, если ВДТ или АВДТ имеют несколько таких значений;
- номинальная включающая и отключающая способность I_m ВДТ;
- номинальная коммутационная способность при коротком замыкании I_{cn} АВДТ в амперах;
- степень защиты корпуса, если она отличается от IP 20;
- рабочее положение;
- символ S , для селективных УЗО;
- указание зависимости функциональности от напряжения;
- схема подключения ВДТ или АВДТ;
- рабочая характеристика при наличии дифференциальных токов с составляющими постоянного тока (тип А , тип AC , тип B );
- контрольная температура калибровки АВДТ, если она отличается от 30°C;

Приемо-сдаточные испытания УЗО осуществляются путем контроля двух основных параметров данных устройств: времени отключения УЗО и дифференциального тока, при котором происходит срабатывание УЗО. В нижеприведенной таблице указаны стандартные значения времени отключения и времени неотключения УЗО при наличии дифференциального тока.

Таблица. 4

Тип	I_n	$I_{\Delta n}$	Стандартные значения времени отключения несрабатывания в секундах при дифференциальном токе			
			$I_{\Delta n}$	$2 \times I_{\Delta n}$	$5 \times I_{\Delta n}$	
Общий	Любое значение	Любое значение	0,3	0,15	0,04	Максимальное время отключения
			0,5	0,2	0,15	
S	Св. 25	Св. 0,03	0,13	0,06	0,05	Минимальное время отключения

Дифференциальный ток, вызывающий срабатывание УЗО, должен принимать значение в диапазоне от $0,5 \times I_{\Delta n}$ до $I_{\Delta n}$.

- Периодические испытания УЗО во время эксплуатации согласно п. 28.7 приложения 3 ПТЭЭП ограничиваются нажатием кнопки «тест» на корпусе УЗО, включенного в сеть, данная проверка должна быть осуществляться 1 раз в 3 месяца.
- ГОСТ Р МЭК 61557-6-2009 предъявляет к аппаратуре для измерения параметров УЗО следующие требования:
- при проведении испытания при 50% значения установленного отключающего дифференциального тока минимальное время испытания должно быть 0,2с, при этом УЗО срабатывать не должно, измерительная аппаратура должна обеспечивать представление информации о том, что отключающий дифференциальный ток защитного устройства меньше или равен установленному отключающему дифференциальному току;
- если измерительная аппаратура предназначена для УЗО с отключающим дифференциальным током, равным или менее 30мА, то она должна обеспечивать возможность проведения испытания на токе, в пять раз превышающем установленный отключающий дифференциальный ток, время испытания не должно превышать 40 мс;
- погрешность калиброванных испытательных токов, выдаваемых измерительной аппаратурой в рабочих условиях применения не должна выходить из диапазона от 0% до 10% значения установленного отключающего дифференциального тока;
- погрешность измерения отключающего дифференциального тока в рабочих условиях применения не должна превышать $\pm 10\%$ значения установленного отключающего дифференциального тока;
- измерительная аппаратура должна обеспечивать проведение испытаний с помощью синусоидального испытательного тока;
- измерительная аппаратура должна обеспечивать представление информации о том, что аварийное напряжение при установленном дифференциальном токе защитного устройства меньше или равно условному предельному значению напряжения прикосновения, данное испытание может проводиться с зондом или без него;
- погрешность при измерении аварийного напряжения в рабочих условиях применения не должна выходить из диапазона от 0% до 20% условного предельного значения напряжения прикосновения, принятого в качестве нормирующего значения;
- измерительная аппаратура должна обеспечивать возможность измерения времени отключения УЗО с погрешностью не более $\pm 10\%$ от максимального допустимого времени отключения при установленном отключающем дифференциальном токе или обеспечить представление информации о соответствии этого значения максимально допустимому значению;
- при испытании установленным отключающим дифференциальным током должны быть выполнены следующие условия: ток должен включаться в момент прохождения его через нуль, время испытаний должно быть ограничено максимально допустимым временем отключения для испытываемого УЗО;
- в процессе измерений необходимо предотвратить опасность появления в сети аварийных напряжений, превышающих 50В;
- измерительная аппаратура должна выдерживать без повреждений, создающих опасность для пользователя, подключение к распределительной сети с напряжением до 120% номинального напряжения распределительной сети, на которое рассчитана аппаратура;
- измерительная аппаратура должна выдерживать без повреждений, создающих опасность для пользователя, случайное подключение к распределительной сети напряжением, равным 173% номинального напряжения в течение 1 мин. Защитные устройства при этом могут срабатывать.

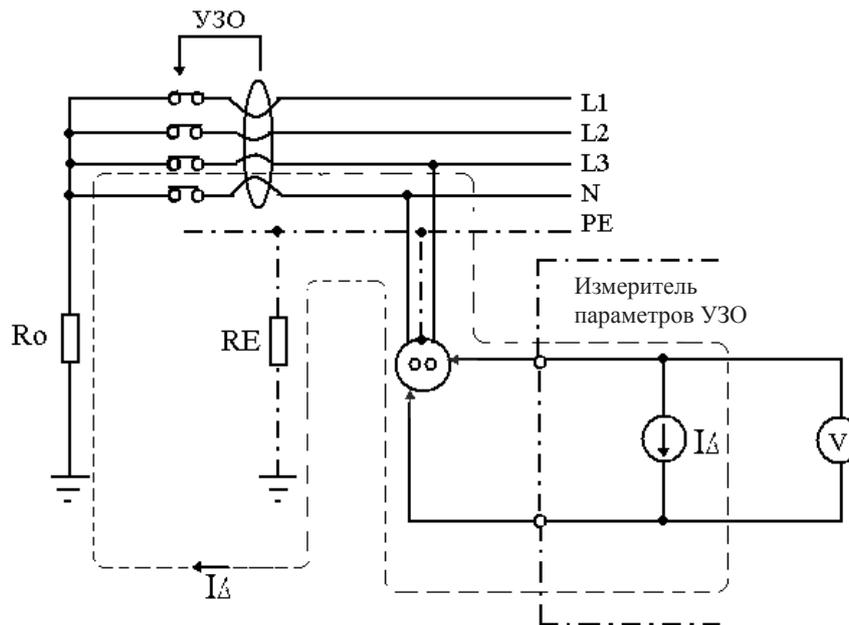


Рисунок 5

На рисунке 5 представлен принцип измерения параметров УЗО в системе ТТ. Испытательный прибор моделирует повреждение присоединенной нагрузки, приводящее к току повреждения от фазного проводника к защитному проводнику и затем к заземлению. Испытательный ток проходит по следующей петле: защитный проводник от испытательного прибора к электроду заземления, по грунту от электрода заземления к силовому трансформатору, вторичная обмотка силового трансформатора, фазный проводник от силового трансформатора к испытательному прибору. При измерении времени срабатывания измеритель параметров УЗО генерирует испытательные токи равные $0,5xI_{\Delta n}$, $I_{\Delta n}$, $2xI_{\Delta n}$, $5xI_{\Delta n}$ в течении определенного времени, момент. При измерении тока срабатывания измеритель параметров УЗО первоначально генерирует сигнал величиной $0,5xI_{\Delta n}$, а затем наращивает его до $1,1xI_{\Delta n}$ или до того значения, при котором сработает УЗО.

4.5 Измерение сопротивления заземлителей

Измерение сопротивления заземляющих устройств электростанций и подстанций производится после монтажа, переустройства и капитального ремонта, но не реже чем 1 раз в 12 лет для подстанций ВЛ распределительных сетей напряжением 35 кВ и ниже. Измерение проводится после присоединения естественных заземлителей. Измерение сопротивления заземляющих устройств резервуаров и заземляющих устройств для защиты от статического электричества производится в период проведения текущего ремонта этих устройств не реже одного раза в три года. Измерение сопротивления заземляющих устройств молниезащиты зданий, сооружений, подстанций и резервуаров (резервуарных парков) производится ежегодно перед началом грозового периода.

На воздушных линиях электропередачи при напряжении выше 1кВ измерения производятся:

- на опорах с разрядниками, разъединителями и другим электрооборудованием – после монтажа, переустройства, ремонтов, а также в эксплуатации не реже 1 раза в год;
- выборочно у 2% опор от общего числа опор с заземлителями в населенной местности, на участках ВЛ с наиболее агрессивными или плохо проводящими грунтами – после монтажа, переустройства, ремонтов, а также эксплуатации не реже 1 раза в год;
- на тросовых опорах ВЛ 110кВ и выше при обнаружении на них следов перекрытий или разрушений изоляторов электрической дугой.

На воздушных линиях электропередачи при напряжении ниже 1кВ измерения проводят:

- на опорах с заземлителями грозозащиты – после монтажа, переустройств, ремонтов, а также в эксплуатации ежегодно перед началом грозового периода;
- на опорах с повторными заземлениями нулевого провода – после монтажа, переустройства, ремонтов, а также в эксплуатации не реже 1 раза в год;
- выборочно у 2% опор от общего числа опор с заземлителями в населенной местности, на участках ВЛ с наиболее агрессивными или плохо проводящими грунтами – после монтажа, переустройства, ремонтов, а также в эксплуатации не реже 1 раза в год.

Таблица 5

Вид электроустановки	Характеристика электроустановки	Характеристика заземляющего устройства	Сопротивление, Ом
1. Электроустановки напряжением выше 1 кВ кроме ВЛ*	Электроустановки электрических сетей с глухозаземленной и эффективно заземленной нейтралью	Искусственный заземлитель с подсоединенными естественными заземлителями	0,5
	Электроустановки электрических сетей с изолированной нейтралью, при использовании заземляющего контура только для установки выше 1 кВ	Искусственный заземлитель с подсоединенными естественными заземлителями	$250/\rho^{**}$, но не более 10
	Подстанции 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	Обособленный заземлитель	80
2. Электроустановки напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью кроме ВЛ***	Электроустановка с глухозаземленными нейтралью генераторов и трансформаторов или выводами источников однофазного тока	Искусственный заземлитель с подсоединенными естественными заземлителями и учетом использования заземлителей повторных заземлений нулевого провода Вл до 1кВ при количестве отходящих линий не менее двух при напряжении трехфазного/однофазного источника 660В/380В 380В/220В 220В/127В	2 4 8
		Заземлитель, расположенный в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока или трехфазного/однофазного напряжения 660В/380В 380В/220В 220В/127В	15 30 60

Вид электроустановки	Характеристика электроустановки	Характеристика заземляющего устройства	Сопротивление, Ом
3. ВЛ на напряжение выше 1 кВ****	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, а также заземлители электрооборудования, установленного на опорах ВЛ 110кВ и выше.	Заземлитель опоры при удельном эквивалентном сопротивлении, Ом*м: до 100; от 100 до 500; от 500 до 1000; от 1000 до 5000; более 5000	10***** 15 20 30 6*10–3
	Электрооборудование, установленное на опорах ВЛ 3–35 кВ	Заземлитель опоры	250/1**, но не более 10
	Железобетонные и металлические опоры ВЛ 3–20 кВ в ненаселенной местности	Заземлитель опоры при удельном сопротивлении грунта ρ , Ом*м: до 100; более 100	30***** 0,3
	Трубчатые разрядники и защитные промежутки ВЛ 3–220 кВ	Заземлитель разрядника или защитного промежутка при удельном сопротивлении грунта ρ , Ом*м: Не более 1000; Более 1000	10 15
	Разрядники на подходах ВЛ к подстанции с вращающимися машинами	Заземлитель разрядника	5
4. ВЛ напряжением до 1 кВ	Опоры с повторными заземлителями нулевого рабочего провода	Общее сопротивление заземления всех повторных заземлителей при напряжении трёхфазного/однофазного источника: 660В/380В; 380В/220В; 220В/127В	5 10 20
		Заземлитель каждого из повторных заземлений при напряжении трёхфазного/однофазного источника: 660В/380В 380В/220В 220В/127В	15 30 60
5. Взрывоопасные зоны		Устройства защиты от статического электричества	100
6. Резервуарные парки, нефтеналивные эстакады		Общий заземляющий контур	4

* – Для электроустановок выше 1 кВ при удельном сопротивлении грунта более 500 Ом*м допускается увеличение сопротивления в $0,002\rho$ раза, но не более чем десятикратного.

** – Расчетный ток замыкания на землю, в качестве которого принимается:
в сетях без компенсации емкостного тока – ток замыкания на землю;
в сетях с компенсацией емкостного тока для заземляющих устройств, к которым присоединены дугогасящие реакторы, ток равный 125% номинального тока этих реакторов;

в сетях с компенсацией емкостного тока для заземляющих устройств, к которым не присоединены дугогасящие ректоры, ток замыкания на землю, проходящий в сети при отключении наиболее мощного среди дугогасящих реакторов или наиболее разветвленного участка сети.

- *** – Для установок и ВЛ напряжением до 1 кВ при удельном сопротивлении грунта ρ более 100 Ом*м допускается увеличение указанных выше норм в $0,01\rho$ раз, но не более десятикратного.
- **** – Сопротивление заземлителей опор ВЛ на подходах к подстанциям должно соответствовать требованиям ПУЭ.
- ***** – Для опор высотой более 40 м на участках ВЛ, защищенных тросами, сопротивление заземлителей должно быть в 2 раза меньше приведенных в таблице 5.

Испытания сопротивления заземляющих устройств производится в момент максимального пересыхания грунта. В зонах вечной мерзлоты измерения производят в момент максимального промерзания грунта.

Измерение металлосвязи оборудования с магистралью заземления производится в сухую погоду одновременно с измерением сопротивления заземляющих устройств.

ГОСТ Р МЭК 61557-5-2008 предъявляет ряд требований к аппаратуре, используемой для измерения сопротивления заземлителей:

- выходное напряжение между зажимами E и N должно быть напряжением переменного тока; частота и форма сигнала должны быть такими, чтобы электрические помехи, в частности от установок, работающих на частоте сети, не оказывали чрезмерного влияния на результаты измерений;
- если максимальная приведенная погрешность измерительной аппаратуры в рабочих условиях применения в пределах диапазона измерений в результате воздействия напряжений помех от распределительных сетей в виде напряжения переменного или постоянного токов превышает $\pm 30\%$ от измеренного значения это должно быть указано изготовителем в руководстве по эксплуатации на измерительную аппаратуру;
- максимальная приведенная погрешность измерительной аппаратуры в рабочих условиях применения в пределах диапазона измерений не должна превышать $\pm 30\%$ измеренного значения принятого в качестве нормирующего значения;
- погрешность измерительной аппаратуры в рабочих условиях применения нормируют при номинальных рабочих условиях по МЭК 61557-7, а также при следующих условиях:
 - приложении напряжения помех последовательного вида с частотами сети 400, 60, 50, 16 Гц или напряжения постоянного тока к зажимам E (ES) и S. Среднеквадратическое значение напряжения помех последовательного вида должно быть 3 В;
 - сопротивлению вспомогательного заземляющего электрода и зондов от 0 до 100 RA (RA – общее сопротивление заземления, то есть сопротивление между основным зажимом заземления и землей), но не более 50 кОм;
 - напряжении сети в диапазоне от 85% до 110% номинального значения и частоте сети в диапазоне от 99% до 101% номинального значения для измерительной аппаратуры с питанием от сети и/или измерительной аппаратуры с выходным напряжением непосредственно от распределительной сети;
- измерительная аппаратура должна обеспечивать возможность определять превышение максимальных допустимых значений сопротивлений зондов и вспомогательных заземляющих электродов;
- в процессе измерений не должны возникать никакие опасные напряжения прикосновения;
- измерительная аппаратура должна выдерживать без повреждений, приводящих к опасному для пользователя превышению допустимого значения напряжения прикосновения, подключение к источнику питания от распределительной сети напряжением, равным 120% номинального значения напряжения сети.

- На практике встречаются различные системы заземления, относительно которых применяются различные принципы измерения с их преимуществами и ограничениями. Метод с использованием двух измерительных электродов, при котором измерительный прибор генерирует синусоидальный испытательный.

Использование синусоидального измерительного сигнала имеет явное преимущество по сравнению с использованием прямоугольного сигнала. Особенно он применяется при измерении систем заземления, имеющих индуктивную компоненту в дополнение к активному сопротивлению. Это наиболее характерно там, где соединение с заземлением сделано при помощи металлических полос, обходящих вокруг объекта. Данный метод является предпочтительным.

Метод без применения измерительных электродов, при котором прибор использует внешнее напряжение. Этот метод обычно используется в ТТ системах, где сопротивления заземлителя намного выше, чем сопротивление других частей петли повреждения, в которой проводятся измерения, между фазным и защитным зажимами. Преимущество этого метода в том, что не требуется использование вспомогательных измерительных электродов.

Метод с применением измерительного электрода, при котором прибор использует внешнее напряжение. Преимущество этого метода в том, что даже в TN системах может быть получен достаточно точный результат, где сопротивления петли повреждения между фазными и защитными проводниками довольно низки.

Метод с применением двух измерительных электродов и одних токоизмерительных клещей, при котором измерительный прибор сам генерирует испытательный сигнал. При использовании этого метода нет необходимости отсоединять испытуемый заземлитель.

Метод без применения измерительных электродов, использующий двое измерительных клещей. В случаях, когда проводят измерения в сложной заземляющей системе (с многочисленными параллельными заземлителями) или когда есть вторичная система заземления с малым сопротивлением заземлителя, этот метод позволяет выполнить безштыревые измерения.

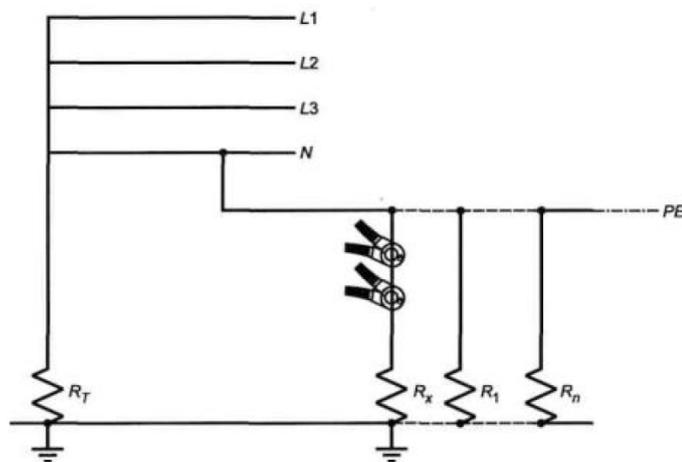


Рисунок 6

В частности ГОСТ Р 50571–16 рекомендует этот метод для измерения в системах TN, а также внутри ячеистых системах заземления ТТ. В этом случае одни клещи генерируют измерительное напряжение U на контуре, вторые клещи измеряют ток I внутри контура. Сопротивление контура рассчитывается по формуле $R=U/I$. На рисунке 6 приведена схема измерения заземляющего контура с помощью токоизмерительных клещей, в данном случае R_T – сопротивление заземления трансформатора, R_x – измеряемое сопротивление заземления, $R_1 \dots R_n$ – параллельные заземления, подключенные при помощи системы выравнивания потенциалов или PEN-проводника.

5 Применение прибора MI 3102H BT для измерения в электроустановках

5.1 Назначение

Многофункциональный измеритель параметров электроустановок MI 3102H BT – переносной измерительный прибор, предназначенный для проведения прямо-сдаточных испытаний в электроустановках до 1кВ. С помощью MI 3102H BT могут быть выполнены следующие испытания и измерения:

- измерение постоянного и переменного напряжения и частоты,
- проверка непрерывности защитного проводника (током 200 мА и 7мА),
- измерение сопротивления изоляции испытательным напряжением до 2,5кВ,
- диагностической проверке изоляции с расчетом коэффициентов DAR и PI,
- проверка параметров УЗО,
- измерение полного сопротивления контура, в том числе с функцией блокировки срабатывания УЗО,
- измерение полного сопротивления линии,
- проверка правильности чередования фаз,
- измерение сопротивления заземления, в том числе и безштыревым методом,
- измерение среднеквадратического значения тока,
- измерение освещенности.

5.2 Технические характеристики

5.2.1 Сопротивление изоляции

Сопротивление изоляции (номинальное испытательное напряжение: 50, 100 В и 250 В пост. тока)

Таблица 6

Диапазон измерения (МОм)	Разрешение (МОм)	Погрешность измерения
0,00 ... 19,99	0,01	$\pm (0,05 \times R_{\text{изм}} + 3 \text{ ед. мл. р.})$
20,0 ... 99,9	0,1	$\pm (0,1 \times R_{\text{изм}})$
100,0 ... 199,9	0,1	$\pm (0,1 \times R_{\text{изм}})$
$R_{\text{изм}}$ – измеренное значение сопротивления изоляции		

Сопротивление изоляции (номинальное испытательное напряжение: 500 В и 1000 В пост. тока)

Таблица 7

Диапазон измерения (МОм)	Разрешение (МОм)	Погрешность измерения
0,00 ... 19,99	0,01	$\pm (0,05 \times R_{\text{изм}} + 3 \text{ ед. мл. р.})$
20,0 ... 199,9	0,1	$\pm (0,05 \times R_{\text{изм}})$
200 ... 999	1	$\pm (0,1 \times R_{\text{изм}})$
$R_{\text{изм}}$ – измеренное значение сопротивления изоляции		

Сопротивление изоляции (номинальное испытательное напряжение: 2500 В пост. тока)

Таблица 8

Диапазон измерения (МОм)	Разрешение (МОм)	Погрешность измерения
0,00 ... 19,99	0,01	$\pm (0,05 \times R_{\text{изм}} + 3 \text{ ед. мл. р.})$
20,0 ... 199,9	0,1	$\pm (0,05 \times R_{\text{изм}})$
200 ... 999	1	$\pm (0,1 \times R_{\text{изм}})$
1000 ... 19990	10	$\pm (0,1 \times R_{\text{изм}})$
$R_{\text{изм}}$ – измеренное значение сопротивления изоляции		

Коэффициент диэлектрического поглощения (DAR)

Таблица 9

Диапазон измерения	Разрешение	Погрешность измерения
0,1 ... 9,99	0,01	$\pm (0,05 \times \text{DAR}_{\text{изм}} + 2 \text{ ед. мл. р.})$
10,0 ... 100,0	0,1	$\pm (0,05 \times \text{DAR}_{\text{изм}})$
$\text{DAR}_{\text{изм}}$ – измеренное значение DAR		

Индекс поляризации (PI)

Таблица 10

Диапазон измерения	Разрешение	Погрешность измерения
0,1 ... 9,99	0,01	$\pm (0,05 \times \text{PI}_{\text{изм}} + 2 \text{ ед. мл. р.})$
10,0 ... 100,0	0,1	$\pm (0,05 \times \text{PI}_{\text{изм}})$
$\text{PI}_{\text{изм}}$ – измеренное значение DAR		

Номинальное напряжение 100 В, 250 В, 500 В, 1000 В, 2500 В пост. тока

Напряжение холостого хода -0% / +20% от номинального напряжения

Измерительный ток мин. 1 мА при $R_N = UN \times 1 \text{ кОм/В}$

Ток короткого замыкания макс. 3 мА

5.2.2 Проверка непрерывности**Проверка непрерывности током 200 мА**

Таблица 11

Диапазон измерения (Ом)	Разрешение (Ом)	Погрешность измерения
0,00 ... 19,99	0,01	$\pm (0,03 \times R_{\text{изм}} + 3 \text{ ед. мл. р.})$
20,0 ... 199,9	0,1	$\pm (0,05 \times R_{\text{изм}})$
200 ... 1999	1	
$R_{\text{изм}}$ – измеренное значение сопротивления		

Напряжение холостого хода 6,5 В ... 9 В постоянного тока

Измерительный ток мин. 200 мА при сопротивлении нагрузки 2 Ом

Компенсация измерительных проводов до 5 Ом

Количество возможных измерений с новым пакетом батарей до 5500

Автоматическая смена полярности измерительного напряжения.

Проверка непрерывности током 7 мА

Таблица 12

Диапазон измерения (Ом)	Разрешение (Ом)	Погрешность измерения
0,0 ... 99,9	0,1	± (0,05×R _{изм} + 3 ед. мл. р.)
100 ... 1999	1	
R _{изм} – измеренное значение сопротивления		

Напряжение холостого хода6,5 В ... 9 В постоянного тока

Ток короткого замыканиямакс. 8,5 мА

Компенсация измерительных проводовдо 5 Ом

5.2.3 Проверка параметров УЗО

Общие данные

Номинальный дифференциальный ток 10 мА, 30 мА, 100 мА, 300 мА, 500 мА, 1000 мА.

Погрешность номинального дифференциального тока -0/+0,1·I_Δ; I_Δ = I_{ΔN}, 2×I_{ΔN}, 5×I_{ΔN}-0,1·I_Δ / +0; I_Δ = 1/2×I_{ΔN}

Форма испытательного тока синусоидальная (АС), импульсная (А)

Тип УЗО стандартные (G, без задержки), селективные (S, с временной задержкой)

Полярность начального испытательного тока 00 или 1800

Диапазон напряжения.100 В ... 264 В (45 Гц ... 65 Гц)

Напряжение прикосновения

Таблица 13

Диапазон измерения (В)	Разрешение (В)	Погрешность измерения
0,0 ... 19,9	0,1	от 0 до (0,15×U _{с_изм} + 10 ед. мл. р.)
20,0 ... 99,9	0,1	от 0 до 0,15×U _{с_изм}
U _{с_изм} – измеренное значение напряжения прикосновения		

Максимальный измерительный ток0,5×I_{ΔN}.

Предел напряжения прикосновения25 В, 50 В

Сопротивления контура в функции напряжения прикосновения рассчитывается по формуле.

$$R_L = \frac{U_c}{I_{\Delta N}}$$

Время срабатывания

Стандартные УЗО (без временной задержки)

Таблица 14

Диапазон измерения (мс)	Разрешение (мс)	Погрешность измерения
0,0 ... 40,0	0,1	±1 мс
0,0 ... 2000	0,1	±3 мс

Измерительный ток1/2×I_{ΔN}, I_{ΔN}, 2×I_{ΔN}, 5×I_{ΔN}

При токе I_{ΔN}=1000 мА (для УЗО типа АС) или I_{ΔN} ≥ 300 мА (УЗО типа А) множитель тока 5 не доступен.

При токе I_{ΔN}=1000 мА (УЗО типа А) множитель тока 2 не доступен.

Ток срабатывания ($I_{\Delta N}$ 10мА)

Таблица 15

Диапазон измерения I_{Δ}	Разрешение I_{Δ}	Погрешность измерения
0,2× $I_{\Delta N}$... 1,1× $I_{\Delta N}$ (тип АС)	0,05× $I_{\Delta N}$	±0,1× $I_{\Delta N}$
0,2× $I_{\Delta N}$... 2,2× $I_{\Delta N}$ (тип А)	0,05× $I_{\Delta N}$	±0,1× $I_{\Delta N}$
$I_{\Delta N}$ – номинальный дифференциальный ток		

Ток срабатывания ($I_{\Delta N} \geq 30$ мА)

Таблица 16

Диапазон измерения I_{Δ}	Разрешение I_{Δ}	Погрешность измерения
0,2× $I_{\Delta N}$... 1,1× $I_{\Delta N}$ (тип АС)	0,05× $I_{\Delta N}$	±0,1× $I_{\Delta N}$
0,2× $I_{\Delta N}$... 1,5× $I_{\Delta N}$ (тип А)	0,05× $I_{\Delta N}$	±0,1× $I_{\Delta N}$
$I_{\Delta N}$ – номинальный дифференциальный ток		

5.2.4 Полное сопротивление контура и предполагаемый ток короткого замыкания

Измерение полного сопротивления контура без блокировки срабатывания УЗО.

Таблица 17

Диапазон измерения (Ом)	Разрешение (Ом)	Погрешность измерения
0,00 ... 9,99	0,01	± (0,05× $Z_{\text{LOOP,изм}}$ +5 ед. мл. р.)
10,0 ... 99,9	0,1	
100 ... 999	1	± (0,1× $Z_{\text{LOOP,изм}}$)
1000...9990	10	
$Z_{\text{LOOP,изм}}$ – измеренное значение полного сопротивления контура		

Расчет предполагаемого тока короткого замыкания (без блокировки УЗО)

Таблица 18

Диапазон измерения (А)	Разрешение (А)	Погрешность измерения
0,00 ... 9,99	0,01	Смотрите погрешность измерения сопротивления контура
10,0 ... 99,9	0,1	
100 ... 999	1	
1,00 ... 9,99 кА	10	
10,0 ... 23 кА	100	

Измерительный ток (при 230 В)6,5 А

Диапазон номинального напряжения.....100 В ... 264 В (45 Гц ... 65 Гц)

Измерение полного сопротивления контура с блокировкой срабатывания УЗО Z_s (узо)

Таблица 19

Диапазон измерения (Ом)	Разрешение (Ом)	Погрешность измерения *)
0,00 ... 9,99	0,01	± (0,05× $Z_{\text{LOOP,изм}}$ +10 ед. мл. р.)
10,0 ... 99,9	0,1	
100 ... 999	1	± (0,1× $Z_{\text{LOOP,изм}}$)
1000...9990	10	
$Z_{\text{LOOP,изм}}$ – измеренное значение полного сопротивления контура		

Расчет предполагаемого тока короткого замыкания (с блокировкой УЗО)

Таблица 20

Диапазон измерения (А)	Разрешение (А)	Погрешность измерения
0,00 ... 9,99	0,01	Смотрите погрешность измерения сопротивления контура
10,0 ... 99,9	0,1	
100 ... 999	1	
1,00 ... 9,99 кА	10	
10,0 ... 23,0 кА	100	

Срабатывания УЗО не происходит.

5.2.5 Полное сопротивление линии и предполагаемый ток короткого замыкания

Сопротивление линии

Таблица 21

Диапазон измерения (Ом)	Разрешение (Ом)	Погрешность измерения
0,00 ... 9,99	0,01	± (0,05x Z LINE изм + 5 ед. мл. р.)
10,0 ... 99,9	0,1	
100 ... 999	1	
1000...9990	10	
Z LINE изм – измеренное значение полного сопротивления линии		

Расчет предполагаемого тока короткого замыкания

Таблица 22

Диапазон измерения (А)	Разрешение (А)	Погрешность измерения
0,00 ... 0,99	0,01	Смотрите погрешность измерения сопротивления линии
1,0 ... 99,9	0,1	
100 ... 999	1	
1,00 ... 99,9 кА	10	
100 ... 199 кА	100	

Измерительный ток (при 230 В)6,5 А

Диапазон номинального напряжения....100 В ... 440 В (45 Гц ... 65 Гц)

5.2.6 Сопротивление заземления

Измерение сопротивления заземления по 3-х проводной схеме

Таблица 23

Диапазон измерения (Ом)	Разрешение (Ом)	Погрешность измерения
0,00 ... 19,99	0,01	± (0,02x R _{Еизм} + 5 ед. мл. р.)
20,0 ... 199,9	0,1	
200 ... 9999	1	
RE изм – измеренное значение сопротивления заземления		

Макс. сопротивление вспомогательного токового зонда RC 100×RE или 50 кОм (меньшее значение)

Макс. сопротивление потенциального зонда RP 100×RE или 50 кОм (меньшее значение)
 Дополнительная погрешность, вызванная сопротивлением зондов при R_{Cmax} или RP_{max}.
 $\pm (10\% \times R_{\text{изм.}} + 10 \text{ ед. мл. р.})$
 Дополнительная погрешность
 при напряжении шума 3В (50 Гц) $\pm (5\% \text{ от измер.} + 10 \text{ емр})$
 Напряжение холостого хода < 45 В перем. тока
 Ток короткого замыкания < 30 мА
 Частота измерительного напряжения 125 Гц
 Форма измерительного напряжения синусоидальная
 Предел отображаемого напряжения шума 1 В (< 50 Ом, наихудший случай)
 Автоматическое измерение сопротивления вспомогательного токового и потенциального зондов.
 Автоматическое измерение напряжения шума.

Измерение сопротивления заземления 2-х клещевым методом

Таблица 24

Диапазон измерения (Ом)	Разрешение (Ом)	Погрешность измерения
0,00 ... 19,99	0,01	$\pm (0,1 \times R_{\text{изм.}} + 10 \text{ ед. мл. р.})$
20,0 ... 30,0	0,1	$\pm 0,2 \times R_{\text{изм.}}$
30,1 ... 39,9	0,1	$\pm 0,3 \times R_{\text{изм.}}$
R _{E изм} – измеренное значение сопротивления заземления		

Расстояние между измерительными клещами не менее 30 см.

Дополнительная погрешность при шуме 3А/50 Гц в 1 Ом $\pm 0,2 \times R_{\text{изм.}}$

Частота испытательного напряжения 125 Гц

5.2.7 Истинное среднеквадратическое значение силы тока

Среднеквадратическое значение (ИСКЗ) силы тока или ИСКЗ силы тока утечки

Таблица 25

Диапазон измерения	Разрешение	Погрешность измерения
0,0 ... 99,9 мА	0,1 мА	$\pm (0,05 \times I_{\text{изм.}} + 3 \text{ ед. мл. р.})$
100 ... 999 мА	1 мА	$\pm (0,05 \times I_{\text{изм.}})$
1,00 ... 19,99 А	0,01 А	
I _{изм} – измеренное значение силы тока		

Внутреннее сопротивление 100 Ом

Максимальный непрерывный входной ток 30 мА

Способ измерения токовые клещи, соотношение 1000:1

Номинальная частота 45 Гц ... 65 Гц

5.2.8 Удельное сопротивление грунта

Таблица 26

Диапазон измерения (Ωм)	Разрешение (Ωм)	Погрешность
0,0 ... 99,9	0,1	Равна погрешности измерения RE
100 ... 999	1	
1000 ... 999 000	10	
10,0 ... 99,9 кОм	0,1 кОм	
100 ... 9999 кОм	1 кОм	

5.2.9 Освещенность

Освещенность (люксметр типа В)

Таблица 27

Диапазон измерения (лк)	Разрешение (лк)	Погрешность измерения
0,01 ... 19,99	0,01	$\pm (0,05 \times L_{\text{изм}} + 2 \text{ ед. мл. р.})$
20,0 ... 199,9	0,1	$\pm (0,05 \times L_{\text{изм}})$
200 ... 1999	1	
2,00 ... 19,99 клк	10	
$L_{\text{изм}}$ – измеренное значение освещенности		

Принцип измерения кремниевый фотодиод с V (λ) -фильтром

Погрешность спектральной характеристики < 3,8% в соответствии с кривой CIE (Международная комиссия по освещению)

Погрешность косинуса < 2,5% до угла $\pm 85^\circ$

Суммарная погрешность в соответствии со стандартом DIN 5032 для класса В

Освещенность (люксметр типа С)

Таблица 28

Диапазон измерения (лк)	Разрешение (лк)	Погрешность измерения
0,01 ... 19,99	0,01	$\pm (0,1 \times L_{\text{изм}} + 3 \text{ ед. мл. р.})$
20,0 ... 199,9	0,1	$\pm (0,1 \times L_{\text{изм}})$
200 ... 1999	1	
2,00 ... 19,99 клк	10	
$L_{\text{изм}}$ – измеренное значение освещенности		

Принцип измерения кремниевый фотодиод

Погрешность косинуса < 2,5% до угла $\pm 85^\circ$

Суммарная погрешность в соответствии со стандартом DIN 5032 для класса С

5.2.10 Чередование фаз

Диапазон номинального сетевого напряжения 100 В ... 440 В перем. тока

Диапазон номинальной частоты 45 Гц ... 65 Гц

Отображаемый результат 1.2.3 или 2.1.3

5.2.11 Напряжение и частота

Таблица 29

Диапазон измерения (В)	Разрешение (В)	Погрешность измерения
0 ... 550	1	$\pm (0,02 \times U_{\text{изм}} + 2 \text{ ед. мл. р.})$
$U_{\text{изм}}$ – измеренное значение напряжения		

Диапазон номинальной частоты 0 Гц, 14 ... 500 Гц

Таблица 30

Диапазон измерения (Гц)	Разрешение (Гц)	Погрешность измерения
0,00...9,99	0,01	± (0, 2% $f_{изм}$ + 1 ед. мл. р.)
10,0...499,9	0,1	
$f_{изм}$ – измеренное значение частоты		

Диапазон номинального напряжения 10 В ... 500 В

5.2.12 Общие характеристики

Напряжение питания: 9 В постоянного тока

(6 шт. 1,5 В щелочных или перезаряжаемых Ni-Cd, Ni-MH батарей, размер AA)

Адаптер питания: вход 100–240В, 50–60Гц; выход 12–15 В, 1,2А, 14,4Вт

Ток заряда батарей: < 250 мА (регулируется)

Время работы: типично 20 час.

Категория перенапряжения: CAT III / 600 В; CAT IV / 300 В

Класс защиты от поражения электротоком: двойная изоляция

Степень загрязнения: 2

Степень защиты корпуса: IP 40

Дисплей: ЖК-дисплей с разрешением 128×64 пикселей с подсветкой

Габаритные размеры: 23 см × 10,3 см × 11,5 см

Масса (без батарей): 1,31 кг

Нормальные условия

Диапазон температур: 10 °С ... 30 °С

Относительная влажность: 40% ... 70%

Рабочие условия

Диапазон температур: 0 °С ... +40 °С

Максимальная относительная влажность: 95% (0 °С ... 40 °С)

Условия хранения

Диапазон температур: –10 °С ... +70 °С

Максимальная относительная влажность: 90% (–10 °С ... +40 °С); 80% (40 °С ... 60 °С)

Погрешность измерения в рабочих условиях может максимально составить: погрешность в нормальных условиях (приведенная в руководстве) + 1% от измеренного значения + 1 емр, если не указано иное.

5.3 Проведение измерений с помощью прибора MI 3102H BT

5.3.1 Работа с прибором

5.3.1.1 Органы управления прибора

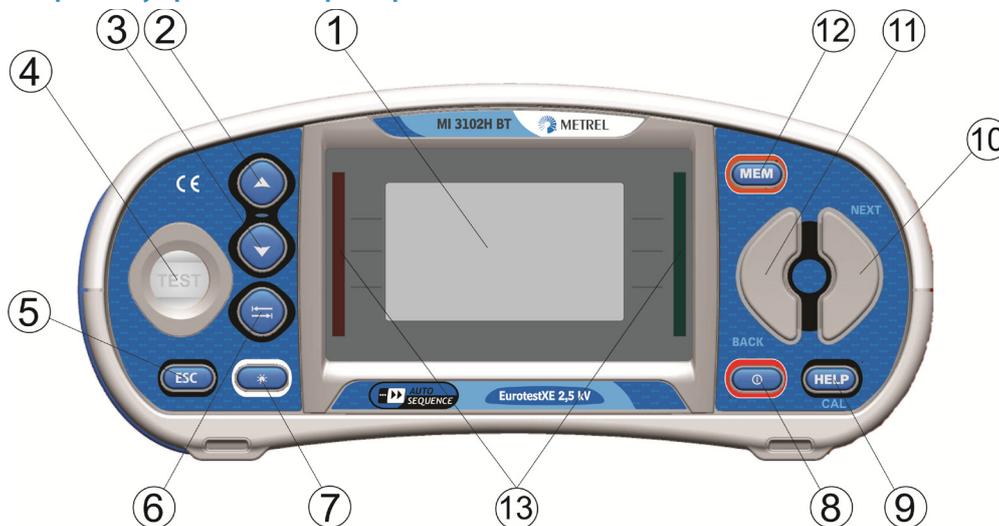


Рисунок 7

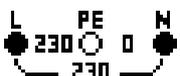
Условные обозначения:

1	ЖК-дисплей	Матричный экран 128 x 64 точки, с подсветкой.	
2	ВВЕРХ	Осуществляет изменение выбранного параметра.	
3	ВНИЗ		
4	ПРОВЕРКА (TEST)	ПРОВЕРКА (TEST)	Иницирует начало процесса измерений. Также осуществляет касание контакта защитного заземления PE.
5	ВЫХОД (ESC)	Переход на один уровень назад.	
6	ТАБУЛЯЦИЯ	Осуществляет выбор параметров в выбранной функции.	
7	Фоновая подсветка, контрастность	Изменения уровня подсветки и контрастности.	
8	ВКЛ / ВЫКЛ	Включение или выключение питания прибора. Прибор автоматически выключается через 15 минут после последнего нажатия на любую из клавиш.	
9	ПОМОЩЬ / КАЛИБРОВКА (HELP / CAL)	Доступ к меню помощи.	
		Осуществление калибровки испытательных выводов для функций проверки непрерывности.	
		Осуществляет запуск измерений Z_{REF} в подфункции измерения падения напряжения.	
10	Переключатель функций – ВПРАВО	Выбор функции тестирования.	
11	Переключатель функций – ВЛЕВО		
12	ПАМЯТЬ (MEM)	Осуществляет сохранение данных в память/ извлечение данных из памяти прибора. Осуществляет сохранение настроек для клещей.	
13	Зеленые СИД Красные СИД	Отображают результаты проверок ВЫПОЛНЕНО УСПЕШНО/ НЕ ВЫПОЛНЕНО (PASS / FAIL).	

5.3.1.2 Значение символов и сообщений на экране прибора

Монитор напряжений на клеммах

Монитор напряжений отображает текущие значения напряжений на тестовых выводах и информацию об активных тестовых выводах в режиме измерений для установок переменного тока.

	Текущие напряжения отображаются вместе с индикацией испытательных клемм. Все три испытательные клеммы используются для выбранного измерения.
	Текущие напряжения отображаются вместе с индикацией испытательных клемм. Тестовые выводы L и N (фаза и нейтраль) используются для выбранного измерения.
	Испытательные клеммы L и PE (фазы и защитного заземления) активны; клемма N (нейтраль) также должна быть подсоединена для обеспечения корректного входного напряжения.
	Полярность испытательного напряжения, приложенного к выходным клеммам, L и N (фазы и нейтраль).
	Экранное окно с клеммами для измерения сопротивления изоляции 2.5кВ.

Индикатор заряда батареи

Индикатор показывает уровень заряда батареи и наличие подключенного внешнего зарядного устройства.

	Индикатор емкости (заряда) батареи.
	Батарея разряжена. Уровень заряда слишком низкий, чтобы гарантировать корректный результат. Замените или перезарядите элементы питания.
	Осуществляется заряд батареи (при подключенном сетевом адаптере).

Сообщения

В поле сообщений отображаются предупреждения и сообщения.

	Выполняется измерение, принимайте во внимание отображаемые предупреждения.
	Условия на входных клеммах позволяют начать измерение; принимайте во внимание отображаемые предупреждения и сообщения.
	Условия на входных клеммах (выводах) не позволяют начать измерение; принимайте во внимание отображаемые предупреждения и сообщения.
	УЗО сработало в процессе измерений (при функциях с УЗО).
	Выбрано портативное УЗО (ПУЗО).
	Имеет место перегрев прибора. Измерения запрещены, пока температура не снизится до допустимого предела.

	Результат (ы) могут быть сохранены.
	В процессе измерений обнаружены сильные помехи от электротехнического оборудования. Результаты могут быть недостоверными.
	L и N (фаза и нейтраль) поменялись местами.
	Внимание! Высокое напряжение подано на испытательные клеммы.
	Внимание! Опасное напряжение на клемме защитного заземления PE! Немедленно прекратите все действия и устраните причину неисправности / неправильного подключения перед продолжением любых измерений!
	Сопротивление испытательных выводов при измерениях непрерывности цепи не скомпенсировано.
	Сопротивление испытательных выводов при измерениях непрерывности цепи скомпенсировано.
	Высокое сопротивление испытательных щупов относительно земли. Результаты могут быть недостоверными.
	Слишком малый ток для заявленной точности. Результаты могут быть недостоверными. Проверьте в настройках токовых щупов (Current Clamp), может ли быть увеличена чувствительность токовых щупов.
	Измеренный сигнал вне пределов диапазона (резкий). Результаты недостоверны.
	Предохранитель F1 поврежден.

Результаты

	Результат измерений находится в допустимых предварительно заданных пределах (PASS).
	Результат измерений находится вне допустимых предварительно заданных пределов (FAIL).
	Измерение отменено. Изучите отображаемые предупреждения и сообщения.

Звуковые предупреждения

Непрерывный звуковой сигнал	Внимание! Обнаружено опасное напряжение на клемме защитного заземления PE.
-----------------------------	---

5.3.1.3 Меню помощи

СПРАВКА (HELP)	Открывает окна справочной информации.
-----------------------	---------------------------------------

Меню помощи имеются для всех функций. Меню помощи содержит схемы, иллюстрирующие порядок правильного подключения прибора к электроустановкам. После выбора измерений, которые Вы хотите выполнить, нажмите на кнопку СПРАВКА (HELP), чтобы просмотреть соответствующее меню справки (см. рисунок 7).

Кнопки в меню справки:

ВВЕРХ / ВНИЗ	Выбор следующего / предыдущего окна справочной информации.
ВЫХОД (ESC) / СПРАВКА (HELP) / Переключатель функций	Выход из меню справки.



Рисунок 8

5.3.1.4 Выбор функций

Для выбора функций испытаний/ измерений в каждом режиме испытаний следует использовать кнопки переключатель функций (FUNCTION SELECTOR).

Кнопки:

Переключатель функций (Function selector)	Выбор функций испытаний / измерений.
ВВЕРХ / ВНИЗ	Выбор подфункции в выбранной функции измерений. Выбор экранного окна для просмотра (если результаты разделены на большее количество экранных окон).
ТАБУЛЯЦИЯ	Выбор исследуемого параметра, который надо установить или изменить.
ПРОВЕРКА (TEST)	Запускает выбранную функцию испытаний / измерения.
ПАМЯТЬ (MEM)	Сохраняет результаты измерений / вызывает сохраненные результаты.
ВЫХОД (ESC)	Возврат в главное меню.

Кнопки области тестовых параметров:

ВВЕРХ / ВНИЗ	Изменяет выбранный параметр.
ТАБУЛЯЦИЯ	Выбирает следующий измеряемый параметр.
Переключатель функций (Function selector)	Переключение между главными функциями.
ПАМЯТЬ (MEM)	Сохраняет результаты измерений / вызывает сохраненные результаты.

Общее правило выбора параметров для оценки измерений / результатов испытаний:

Параметр	ВЫКЛ	Отсутствуют предельные величины, индикация: _ _ _.
	ВКЛ	Значение (я) – результаты будут отмечены как PASS (ВЫПОЛНЕНО УСПЕШНО) или FAIL (НЕ ВЫПОЛНЕНО), в соответствии с выбранным пределом.

5.3.1.5 Главное меню прибора

Режим испытаний может быть выбран в главном меню прибора. Различные опции прибора могут быть выбраны в меню НАСТРОЙКИ.

<УСТАНОВКА> испытание установки (системы) низкого напряжения переменного тока

<АВТОИСПЫТАНИЕ> сконфигурированные по требованиям заказчика автоматические последовательности

<ДРУГИЕ> прочие испытания / измерения

<НАСТРОЙКИ> Настройки прибора



Рисунок 9

Кнопки:

ВВЕРХ / ВНИЗ	Выбор соответствующей опции.
ПРОВЕРКА (TEST)	Ввод выбранной опции.

Настройки

Различные опции прибора могут быть выбраны в меню **SETTINGS** (НАСТРОЙКИ).

Имеющиеся опции:

- Вызов и удаление сохраненных результатов,
- Выбор языка,
- Установка даты и времени,
- Выбор рекомендованных стандартов для тестирования УЗО,
- Ввод коэффициента тока КЗ (Isc),
- Поддержка командера (commander),
- Установка заводских настроек, инициализация модуля Bluetooth,
- Настройки для токовых клещей,
- Настройка единиц длины для удельного сопротивления грунта ρ.

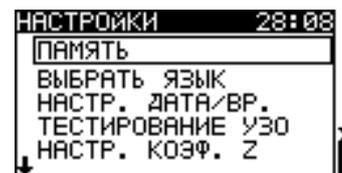


Рисунок 10

Кнопки:

ВВЕРХ / ВНИЗ	Выбор соответствующей опции.
ПРОВЕРКА (TEST)	Ввод выбранной опции.
ВЫХОД (ESC) / Переключатель функций	Возврат в главное меню.

Память

В этом меню сохраненные данные могут быть вызваны или удалены. За дополнительной информацией обратитесь к главе 7Обработка данных

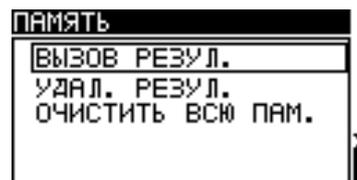


Рисунок 11

Кнопки:

ВВЕРХ / ВНИЗ	Выбор опции.
ПРОВЕРКА (TEST)	Ввод выбранной опции.
ВЫХОД (ESC)	Возврат в меню настроек (settings).
Переключатель функций (Function selector)	Возврат в главное меню без сохранения изменений.

Язык

В этом меню может быть установлен язык вывода.



Рисунок 12

Кнопки:

ВВЕРХ / ВНИЗ	Выбор языка.
ПРОВЕРКА (TEST)	Подтверждение выбранного языка и выход в меню настроек (settings).
ВЫХОД (ESC)	Возврат в меню настроек (settings).
Переключатель функций (Function selector)	Возврат в главное меню без сохранения изменений.

Дата и время

В этом меню может быть установлена дата и время.



Рисунок 13

Кнопки:

ТАБУЛЯЦИЯ	Выбор поля для внесения изменений.
ВВЕРХ / ВНИЗ	Внесение изменений в выбранное поле.
ПРОВЕРКА (TEST)	Подтверждает новую дату/ время и осуществляет выход.
ВЫХОД (ESC)	Возврат в меню настроек (settings).
Переключатель функций (Function selector)	Возврат в главное меню без сохранения изменений.

**Примечание:**

Если батареи извлекаются более чем на 1 минуту, установленные время и дата будут потеряны.

Тестирование УЗО

В данном меню может быть выбран используемый стандарт тестирования (испытаний) УЗО.

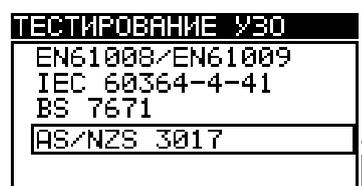


Рисунок 14

Кнопки:

ВВЕРХ / ВНИЗ	Выбор стандарта.
ПРОВЕРКА (TEST)	Подтверждение выбранного стандарта.
ВЫХОД (ESC)	Возврат в меню настроек (settings).
Переключатель функций (Function selector)	Возврат в главное меню без сохранения изменений.

Максимальное время срабатывания УЗО различается в зависимости от типа (стандарта).

Время отключения, определяемое отдельными стандартами, приведено ниже.

Времена отключения в соответствии с EN 61008 / EN 61009:

	$\frac{1}{2} \times I_{\Delta N}^*$)	$I_{\Delta N}$	$2 \times I_{\Delta N}$	$5 \times I_{\Delta N}$
Стандартные УЗО (без задержки)	$t_{\Delta} > 300$ мс	$t_{\Delta} < 300$ мс	$t_{\Delta} < 150$ мс	$t_{\Delta} < 40$ мс
Селективные УЗО (с временной задержкой)	$t_{\Delta} > 500$ мс	$130 \text{ мс} < t_{\Delta} < 500$ мс	$60 \text{ мс} < t_{\Delta} < 200$ мс	$50 \text{ мс} < t_{\Delta} < 150$ мс

Времена отключения в соответствии с EN 60364–4–41:

	$\frac{1}{2} \times I_{\Delta N}^*$)	$I_{\Delta N}$	$2 \times I_{\Delta N}$	$5 \times I_{\Delta N}$
Стандартные УЗО (без задержки)	$t_{\Delta} > 999$ мс	$t_{\Delta} < 999$ мс	$t_{\Delta} < 150$ мс	$t_{\Delta} < 40$ мс
Селективные УЗО (с временной задержкой)	$t_{\Delta} > 999$ мс	$130 \text{ мс} < t_{\Delta} < 999$ мс	$60 \text{ мс} < t_{\Delta} < 200$ мс	$50 \text{ мс} < t_{\Delta} < 150$ мс

Времена отключения в соответствии с BS 7671:

	$\frac{1}{2} \times I_{\Delta N}^*$)	$I_{\Delta N}$	$2 \times I_{\Delta N}$	$5 \times I_{\Delta N}$
Стандартные УЗО (без задержки)	$t_{\Delta} > 1999$ мс	$t_{\Delta} < 300$ мс	$t_{\Delta} < 150$ мс	$t_{\Delta} < 40$ мс
Селективные УЗО (с временной задержкой)	$t_{\Delta} > 1999$ мс	$130 \text{ мс} < t_{\Delta} < 500$ мс	$60 \text{ мс} < t_{\Delta} < 200$ мс	$50 \text{ мс} < t_{\Delta} < 150$ мс

Времена отключения в соответствии с AS/NZS 3017):**

		$\frac{1}{2} \times I_{\Delta N}^*$)	$I_{\Delta N}$	$2 \times I_{\Delta N}$	$5 \times I_{\Delta N}$	Примечание
Тип УЗО	$I_{\Delta N}$ [mA]	t_{Δ}	t_{Δ}	t_{Δ}	t_{Δ}	
I	≤ 10	> 999 мс	40 мс	40 мс	40 мс	Максимальное время отключения
II	$> 10 \leq 30$		300 мс	150 мс	40 мс	
III	> 30		300 мс	150 мс	40 мс	
IV	> 30	> 999 мс	500 мс	200 мс	150 мс	Минимальное время бездействия
			130 мс	60 мс	50 мс	

*) Минимальный период испытаний для тока $\frac{1}{2} \times I_{\Delta N}$, УЗО не должно отключаться (срабатывать).

**) Испытательный ток и погрешность измерений соответствуют требованиям AS/NZS 3017.

Максимальные времена (длительности) испытаний в зависимости от выбранного тока испытаний для стандартных УЗО (без задержки).

Стандарт	$\frac{1}{2}I_{\Delta N}$	$I_{\Delta N}$	$2I_{\Delta N}$	$5I_{\Delta N}$
EN 61008 / EN 61009	300 мс	300 мс	150 мс	40 мс
EN 60364-4-41	1000 мс	1000 мс	150 мс	40 мс
BS 7671	2000 мс	300 мс	150 мс	40 мс
AS/NZS 3017 (I, II, III)	1000 мс	1000 мс	150 мс	40 мс

Максимальное время (длительность) испытаний в зависимости от выбранного испытательного тока для селективных УЗО (с временной задержкой).

Стандарт	$\frac{1}{2}I_{\Delta N}$	$I_{\Delta N}$	$2I_{\Delta N}$	$5I_{\Delta N}$
EN 61008 / EN 61009	500 мс	500 мс	200 мс	150 мс
EN 60364-4-41	1000 мс	1000 мс	200 мс	150 мс
BS 7671	2000 мс	500 мс	200 мс	150 мс
AS/NZS 3017 (IV)	1000 мс	1000 мс	200 мс	150 мс

Коэффициент тока КЗ (I_{sc})

В данном меню может быть настроен коэффициент тока короткого замыкания (I_{sc}) для вычисления тока КЗ линии Z лин. и контура Z конт.

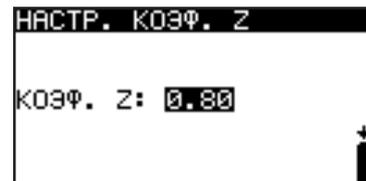


Рисунок 15

Кнопки:

ВВЕРХ / ВНИЗ	Установка значения тока КЗ I_{sc} .
ПРОВЕРКА (TEST)	Подтверждение значения тока КЗ I_{sc} .
ВЫХОД (ESC)	Возврат в меню настроек (settings).
Переключатель функций (Function selector)	Возврат в главное меню без сохранения изменений.

Ток короткого замыкания I_{sc} в системе питания важен при выборе или проверке защитных размыкающих устройств (предохранителей, устройств защиты от избыточного тока, УЗО).

Коэффициент тока КЗ I_{sc} по умолчанию (k_{sc}) равен 1.00. Это значение необходимо устанавливать в соответствии с местными нормативными документами.

Диапазон регулировки коэффициента тока КЗ I_{sc} составляет 0.20 ÷ 3.00.

Поддержка командера (щупа с наконечником типа «commander»)

В данном меню может включаться или отключаться поддержка дистанционных щупов типа «commander».



Рисунок 16

Кнопки:

ВВЕРХ / ВНИЗ	Выбор опции поддержки дистанционных щупов типа «commander».
ПРОВЕРКА (TEST)	Подтверждение выбранной опции.
ВЫХОД (ESC)	Возврат в меню настроек (settings).
Переключатель функций (Function selector)	Возврат в главное меню без сохранения изменений.



Примечание:

Опция отключения предназначена для отключения дистанционных кнопок управления щупами типа «commander». В условиях сильных электромагнитных помех функционирование дистанционного щупа типа «commander» может быть нестабильным.

Начальные настройки

В данном меню настройки прибора, параметры измерений и предельные величины могут быть переустановлены в начальные (заводские) значения. При установке начальных настроек инициализируется внутренний модуль Bluetooth.

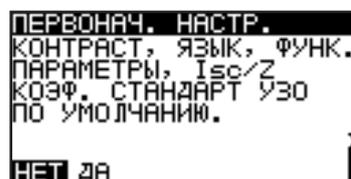


Рисунок 17

Кнопки:

ВВЕРХ / ВНИЗ	Осуществляет выбор опции [ДА, НЕТ].
ПРОВЕРКА (TEST)	Восстанавливает настройки по умолчанию (если выбрано ДА).
ESC	Возврат в меню настроек (settings).
Переключатель функций	Возврат в главное меню без сохранения изменений.

Предупреждение:

- При использовании этой опции персональные настройки будут потеряны!
- Если батареи извлекаются более чем на 1 минуту, настройки заказчика теряются.

Заводские настройки по умолчанию приведены ниже:

Настройки прибора	Значение по умолчанию
Язык	Английский
Контрастность	Как определено и сохранено при настройке
Единицы измерения длины	м
Коэффициент тока КЗ (I _{sc})	1.00
Стандарты УЗО	EN 61008 / EN 61009
Коммандер	A 1314, A 1401
Встроенный Bluetooth	Инициализация встроенного модуля bluetooth
Настройки клещей клещи	A1391, 40A
Режим тестирования (испытаний):	
Функция	Параметры / предельное значение
Подфункция	

Настройки прибора	Значение по умолчанию
УСТАНОВКА (СИСТЕМА):	
ЗАЗЕМЛЕНИЕ RE, 2 клещей	Предел отсутствует
Удельное сопротивление грунта ρ	2.0 м
R ИЗ.	Предел отсутствует Номинальное напряжение испытаний: 500 В
Малое сопротивление	
R 200 мА	Предел отсутствует
НЕПРЕРЫВНОСТЬ	Предел отсутствует
R _{pe}	Предел отсутствует
ЛИНИЯ Z лин. (импеданс линии)	Тип предохранителя: не выбран
ПАДЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ	ΔU : 4.0% Z_{REF} : 0.00 Ω
ИМПЕДАНС Z конт.	Тип предохранителя: не выбран
Zs УЗО	Тип предохранителя: не выбран
УЗО	УЗО t Номинальный дифференциальный ток: $I_{\Delta N}$ =30 мА Тип УЗО: АС, без задержки Начальная полярность испытательного тока:  (0°) Предельное контактное напряжение: 50 В Множитель тока: $\times 1$
АВТОМАТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ	
АВТО TT	ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ: не выбран Z_{REF} : -- ΔU : 4.0% УЗО: 10 мА U _c : 50 В
АВТО TN (узо)	ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ: не выбран Z_{REF} : -- ΔU : 4.0%
АВТО TN	R _{pe} : Предел отсутствует ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ: не выбран Z_{REF} : -- ΔU : 4.0% R _{pe} : Предел отсутствует
ПРОЧИЕ:	
ГАРМОНИКИ	U h:1
ДАТЧИК	Предел отсутствует
ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА	500 В



Примечание:

Первичные установки (сброс настроек прибора) также можно вернуть путем нажатия клавиши TAB при включенном приборе.

Настройки клещей

В меню настройки клещей (Clamp settings menu) может быть настроен (сконфигурирован) измерительный вход С1.



Рисунок 18

Параметры, подлежащие настройке:

Модель	Модель токо _{изм} ерительных клещей [A1018, A1019, A1391].
Диапазон	Диапазон измерения токо _{изм} ерительных клещей [20 A], [40 A, 300 A].

Выбор измеряемых параметров

Кнопки:

ВВЕРХ / ВНИЗ	Выбор соответствующей опции.
ПРОВЕРКА (TEST)	Позволяет изменять данные для выбранного параметра.
ПАМЯТЬ (MEM)	Сохраняет настройки.
ВЫХОД (ESC)	Возврат в меню настроек клещей.
Переключатель функций (Function selector)	Возврат в главное меню без сохранения изменений.

Изменение данных для выбранного параметра

Кнопки:

ВВЕРХ / ВНИЗ	Установка параметров.
ПРОВЕРКА (TEST)	Подтверждает установленные данные.
ПАМЯТЬ (MEM)	Сохраняет настройки.
ВЫХОД (ESC)	Позволяет отменить изменение данных для выбранного параметра.
Переключатель функций (Function selector)	Возврат в главное меню без сохранения изменений.



Примечание:

Должен учитываться диапазон измерений прибора. Диапазон измерений токо_{изм}ерительных клещей может быть больше диапазона прибора.

Единицы измерения длины

В данном меню могут быть выбраны единицы измерения длины для измерения удельного сопротивления грунта.

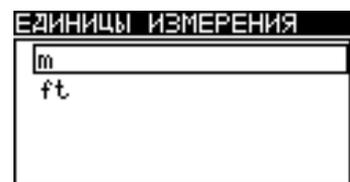


Рисунок 19

Кнопки:

ВВЕРХ / ВНИЗ	Осуществляет выбор единиц измерения длины.
ПРОВЕРКА (TEST)	Подтверждение выбранной опции.
ВЫХОД (ESC)	Возврат в меню настроек (settings).
Переключатель функций (Function selector)	Возврат в главное меню без сохранения изменений.

5.3.2 Измерения

5.3.2.1 Измерение сопротивления изоляции

Измерение сопротивления изоляции выполняется для обеспечения безопасности и защиты от удара электрическим током через изоляцию. Типовые измерения:

- сопротивление изоляции между проводами установки,
- сопротивление изоляции непроводящих комнат (стены и полы),
- сопротивление изоляции кабелей, проложенных в грунте, и
- сопротивление антистатических полов.

Инструкции по функциональным возможностям кнопок приведены выше.



Рисунок 20

Параметры испытаний для измерений сопротивления изоляции

Уиз.	Номинальное напряжение испытаний [50 В, 100 В, 250 В, 500 В, 1000 В, 2500 В] Классификация результатов измерения сопротивлений изоляции при сохранении [L1/PE, L2/PE, L3/PE, L1/N, L2/N, L3/N, N/PE, L1/L2, L1/L3, L2/L3]
Предел	Минимальное сопротивление изоляции [ВЫКЛ, 0,01 МΩ ÷ 200 МΩ]

Испытательные цепи для определения сопротивления изоляции

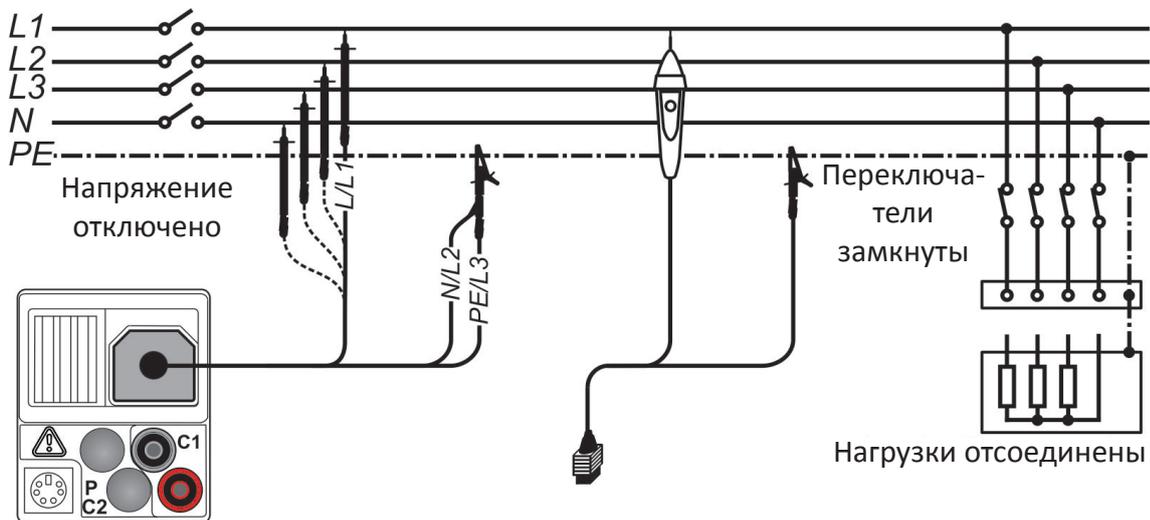


Рисунок 21

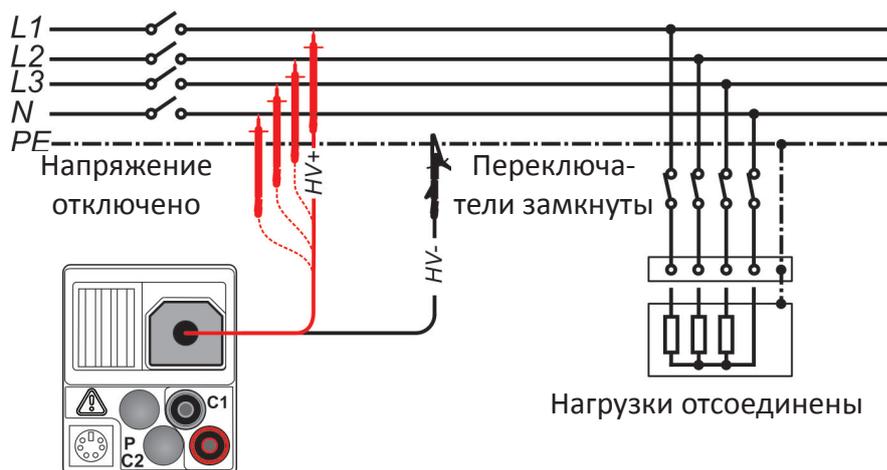


Рисунок 22

Процедура измерения сопротивления изоляции

- Выберите функцию **R из.** при помощи кнопок переключателя функций. Классификация результатов измерения сопротивления изоляции будет осуществляться одновременно с сохранением.
- Испытания сопротивления изоляции осуществляются одинаково независимо от выбранной подфункции. Тем не менее, важно выбрать соответствующую подфункцию, чтобы классифицировать правильно результаты измерений для учета в проверочной документации (отчетах об испытаниях).
- Установите требуемое **испытательное напряжение**.
- Активируйте и установите **предельные** значения (необязательно).
- Отсоедините** тестируемую установку от напряжения питания (и выполните разрядку для изоляции).
- Подсоедините** испытательный кабель к прибору и затем к исследуемому компоненту (см. Рисунок 21: Подключение 3-х проводного тестового кабеля и щупа с наконечником «Tip commander» ($UN \leq 1 \text{ кВ}$) и Рисунок 22: Подключение 2.5 кВ тестового кабеля) ($UN = 2.5 \text{ кВ}$)
Различные испытательные кабели должны использоваться при номинальном напряжении испытаний $UN \leq 1000 \text{ В}$ и $UN = 2500 \text{ В}$. Также используются различные испытательные клеммы. Стандартный трехжильный испытательный провод, испытательный кабель типа «SCHUKO» или штепсельный кабель/ щуп с наконечником типа «tip commander» могут использоваться для проверки изоляции с номинальными напряжениями испытаний $\leq 1000 \text{ В}$. Для проверки изоляции напряжением 2500 В должны использоваться два испытательных вывода (провода) на 2500 В.
- Нажмите на кнопку **ПРОВЕРКА (TEST)**, чтобы выполнить измерения (щелкните дважды, чтобы начать непрерывные измерения и позднее нажмите один раз, чтобы остановить измерения).
- После окончания измерений подождите, пока исследуемый объект полностью разрядится.
- Сохраните** результат нажатием кнопки **MEM** (опция).



Рисунок 23

Отображенные результаты:

R.....сопротивление изоляции

Um.....напряжение испытаний (действительная величина)

5.3.2.2 Диагностическая проверка, расчет коэффициентов DAR и PI

Анализ изменений измеряемого сопротивления изоляции с течением времени и расчет **DAR** (коэффициента абсорбции диэлектрика) и **PI** (индекса поляризации) являются очень полезными эксплуатационными испытаниями изоляционных материалов.

Диагностические испытания представляют собой длительные испытания по оценке качества изоляционного материала в процессе испытаний. Результаты данного испытания позволяют принять решение о профилактической замене изоляционного материала.

DAR представляет собой отношение величин сопротивлений изоляции, измеренных через 15 секунд и через 1 минуту. Испытательное напряжение постоянного тока постоянно подается в течение всей длительности измерений.

$$DAR = \frac{R_{iso}(1 \text{ min})}{R_{iso}(15 \text{ s})}$$

PI представляет собой соотношение величин сопротивлений изоляции, измеренных через 1 минуту и через 10 минут. Испытательное напряжение постоянного тока постоянно подается в течение всей длительности измерений.

$$PI = \frac{R_{iso}(10 \text{ min})}{R_{iso}(1 \text{ min})}$$

Инструкции по функциональным возможностям кнопок приведены выше



Рисунок 24

Тестовый параметр для диагностических испытаний

Уиз	Номинальное напряжение испытаний [500 В, 1000 В, 2500 В]
-----	--

Процедура диагностических испытаний

- Выберите функцию **ДИАГНОСТИКА** из меню **Другие (Others)**.
 - Установите номинальное напряжение испытаний.
 - Подсоедините** испытательный кабель к прибору и затем к исследуемому компоненту (см. Рисунок 21: Подключение 3-х проводного тестового кабеля и щупа с наконечником «Tip commander» ($UN \leq 1 \text{ кВ}$) и Рисунок 22: Подключение 2.5 кВ тестового кабеля) ($UN = 2.5 \text{ кВ}$)
- Различные испытательные кабели должны использоваться при номинальном напряжении испытаний $UN \leq 1000 \text{ В}$ и $UN = 2500 \text{ В}$. Также используются различные испытательные клеммы.
- Стандартный трехжильный испытательный провод, испытательный кабель типа «SCHUKO» или штепсельный кабель/ щуп с наконечником типа «tip commander» могут использоваться для диагностических испытаний с номинальными напряжениями испытаний $\leq 1000 \text{ В}$. Для диагностических испытаний с напряжением 2500 В должны использоваться два испытательных вывода (провода) на 2500 В.
- Чтобы начать измерения нажмите кнопку **ПРОВЕРКА (TEST)**. Внутренний таймер начнет отсчет. После того как внутренний таймер отсчитает 1 мин, на дисплее будут отображены R60 и DAR фактор, и подан короткий звуковой сигнал.
 - После того как внутренний таймер отсчитает 10 мин, на дисплее будет отображен PI фактор и снова будет подан короткий звуковой сигнал.
 - Снова нажмите на кнопку **ПРОВЕРКА (TEST)**, чтобы остановить измерения.
 - Сохраните результат нажатием кнопки **МЕМ (опция)**.



Рисунок 25

Отображаемые результаты:

- R..... сопротивление изоляции
- U..... напряжение испытаний (действительная величина)
- R60..... сопротивление через 60 секунд
- DAR..... коэффициент абсорбции диэлектрика
- PI..... индекс поляризации



Примечания:

- Диагностические испытания могут проводиться только при номинальных напряжениях испытаний 500 В, 1000 В и 2500 В.
- Если любые величины сопротивлений изоляции (Rиз (15с) или Rиз (1мин)) выходят за допустимые пределы, DAR-фактор не рассчитывается. Поле с результатом останется пустым: DAR: ___!
- Если любые величины сопротивлений изоляции (Rиз (1мин) или Rиз (10мин)) выходят за допустимые пределы, PI-фактор (коэффициент) не рассчитывается. Поле с результатом останется пустым: PI: ___!

5.3.2.3 Проверка непрерывности заземляющих проводников

Измерение сопротивления выполняется для проверки защиты от поражения электрическим током при замыканиях на землю и через эквипотенциальные соединения. Имеются две подфункции:

- R 200 мА – Измерение сопротивления провода защитного заземления в соответствии с EN 61557-4 (200 мА) и
- НЕПРЕРЫВНОСТЬ – Длительные (непрерывные) измерения сопротивления с помощью пониженного испытательного тока 7 мА.

Инструкции по функциональным возможностям кнопок приведены выше.

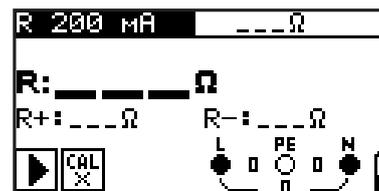


Рисунок 26

Параметры испытаний для измерений сопротивления

Испытание	Подфункция измерения сопротивления [R 200 мА, НЕПРЕРЫВНОСТЬ]
Предел	Максимальное сопротивление [Выкл, 0.1 Ω ÷ 20.0 Ω]

Дополнительный параметр испытаний для подфункции НЕПРЕРЫВНОСТЬ

	Зуммер (Buzzer) Вкл (подается звуковой сигнал, если величина сопротивления ниже установленной величины) или Выкл
--	--

Измерения сопротивления R 200 мА

Измерение сопротивления выполняется с автоматическим изменением полярности испытательного напряжения.

Испытательная цепь для измерений R 200 мА

MPEC.... Главный уравниватель потенциалов
PCC... Провод защитного заземления

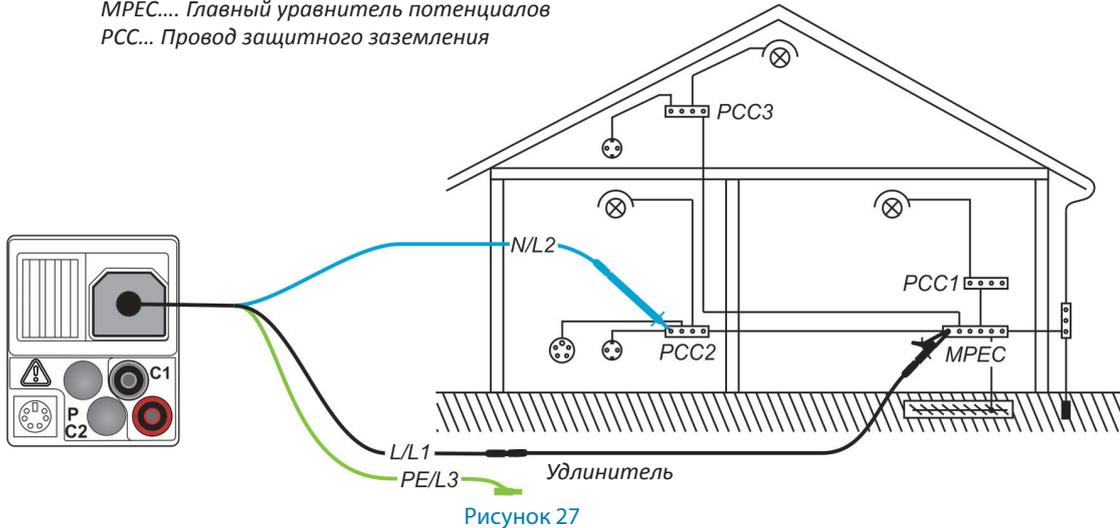


Рисунок 27

Процедура измерений R 200 мА

- Выберите функцию непрерывность с помощью кнопок переключателя функций.
- Установите подфункцию в R 200мА.
- Активируйте и установите пределы (если необходимо).
- Подключите** испытательный кабель к прибору.
- Компенсируйте** сопротивление испытательных
- Отсоедините** тестируемую установку от сети питания и снимите остаточный заряд.
- Подключите** испытательные выводы к соответствующей проводке защитного заземления PE (см. рисунок 27).
- Для проведения измерений нажмите на кнопку **ПРОВЕРКА (TEST)**.
- После завершения измерений **сохраните** результат нажатием на кнопку **MEM** (при необходимости).



Рисунок 28

Отображаемый результат:

- R** Сопротивление R 200 мА
- R+** Результат при положительной полярности
- R-** Результат при отрицательной полярности испытаний

Непрерывные измерения сопротивления пониженным током

Как правило, эта функция используется как стандартный Ом-метр с низким испытательным током. Измерение выполняется постоянно без изменения полярности. Функция также может быть применена для испытания непрерывности индуктивных компонентов.

Испытательная цепь для непрерывного измерения сопротивления

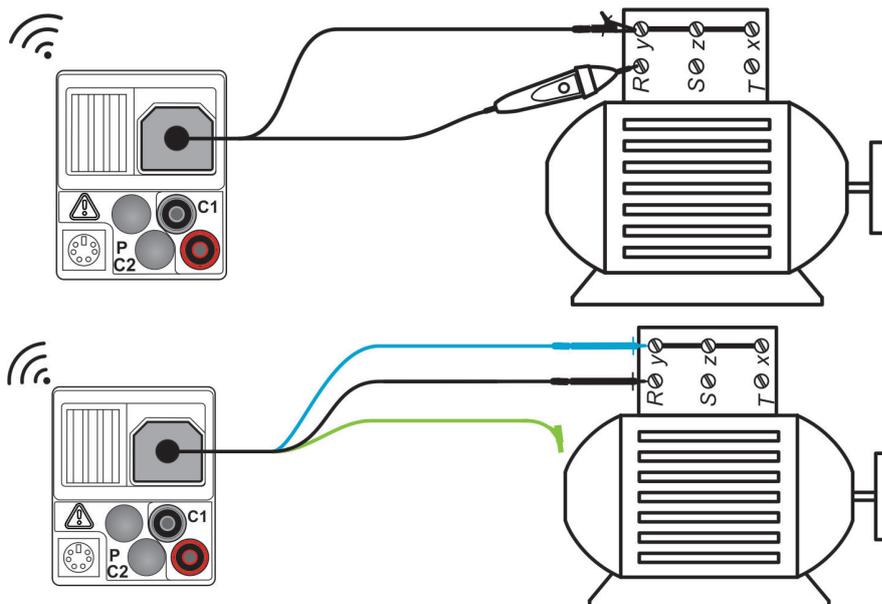


Рисунок 29

Процедура непрерывного измерения сопротивления

- Выберите функцию Непрерывности с помощью кнопок переключателя функций.
- Выберите подфункцию **НЕПРЕРЫВ**.
- Активируйте и установите предел (если необходимо).
- Подключите** испытательный кабель к прибору.
- Компенсируйте** сопротивление испытательных проводов
- Отсоедините** тестируемую установку от сети питания и снимите остаточный заряд с объекта.
- Подсоедините испытательные выводы к исследуемому объекту (см. Рисунок 29)
- Нажмите на кнопку **ПРОВЕРКА (TEST)**, чтобы начать непрерывные измерения.
- Нажмите на кнопку **ПРОВЕРКА (TEST)**, чтобы остановить измерения.
- После завершения измерений сохраните результат нажатием на кнопку **МЕМ** (при необходимости).



Рисунок 30

Отображаемый результат:

R..... сопротивление

Компенсация сопротивления испытательных проводов

В данной главе описывается порядок компенсации сопротивления испытательных проводов для обеих функций проверки непрерывности R 200 мА и НЕПРЕРЫВНОСТЬ. Компенсация требуется для устранения влияния сопротивления испытательных проводов и внутренних сопротивлений прибора на измеряемое сопротивление. Поэтому, компенсация сопротивления проводов является очень важной функцией для получения корректного результата.



данный значок отображается на дисплее, если компенсация была выполнена успешно.

Цепи (схемы) для компенсации сопротивления испытательных проводов



Рисунок 31

Процедура компенсации сопротивления испытательных проводов

- Выберите функцию **R 200 мА** или **НЕПРЕРЫВНОСТЬ**.
- Подключите** испытательный кабель к прибору и закоротите вместе испытательные провода (см. Рисунок 31: *Закороченные испытательные выводы*).
- Для проведения измерений сопротивления нажмите на кнопку **ПРОВЕРКА (TEST)**.
- Нажмите на кнопку **КАЛИБРОВКА (CAL)**, чтобы компенсировать сопротивление проводов.



Рисунок 32



Рисунок 33



Примечание:

Предельная величина для компенсации сопротивления проводки (выводов) составляет 5 Ω. Если сопротивление выше указанной величины, величина компенсации устанавливается обратно в значение по умолчанию.



значок отображается, если калибровочная величина не сохранена.

5.3.2.4 Проверка параметров УЗО

Для проверки УЗО в установках требуется проведение различных тестов и измерений. Измерения основаны на стандарте EN 61557–6.

Могут проводиться следующие измерения и тесты (подфункции):

- контактное напряжение,
- время отключения (срабатывания),
- ток отключения (срабатывания) и
- автоматическая проверка УЗО.

Инструкции по функциональным возможностям кнопок приведены в главе выше.

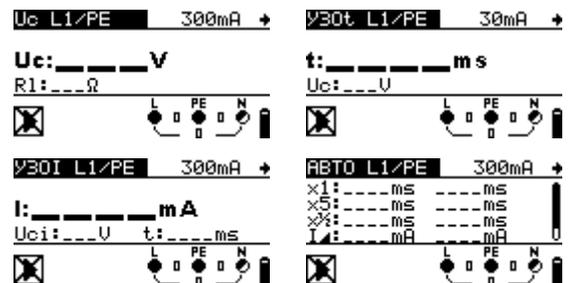


Рисунок 34

Параметры тестирования и проведения измерений для УЗО

ПРОВЕРКА (TEST)	Тестирование УЗО [U_c , УЗО t , УЗО I, АВТО] Классификация результатов при сохранении [L1/PE, L2/PE, L3/PE]
$I_{\Delta N}$	Номинальная чувствительность УЗО по току утечки $I_{\Delta N}$ [10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA, 500 mA, 1000 mA].
Тип	Тип УЗО [AC, A, F]. Начальная полярность [~ , ~ , ~ , ~] Выбор типа УЗО [селективное <input checked="" type="checkbox"/> , общее без задержки <input type="checkbox"/> , PRCD (портативное УЗО), PRCD-K (портативное УЗО-K)]
УМНОЖ. (MUL)	Коэффициент умножения измерительного тока [$1/2$, 1, 2, 5 $I_{\Delta N}$].
Ulim	Предел стандартного напряжения прикосновения [25 В, 50 В].



Примечания:

- Ulim можно выбрать только в подфункции U_c .
- УЗО с задержкой обладают характеристиками отложенного отклика. При проверке контактного напряжения или других тестах УЗО с задержкой, возврат в исходное состояние занимает определенное время. Таким образом, перед выполнением теста на отключение, по умолчанию имеет место временная задержка в 30 секунд.

Подключения при проверке УЗО

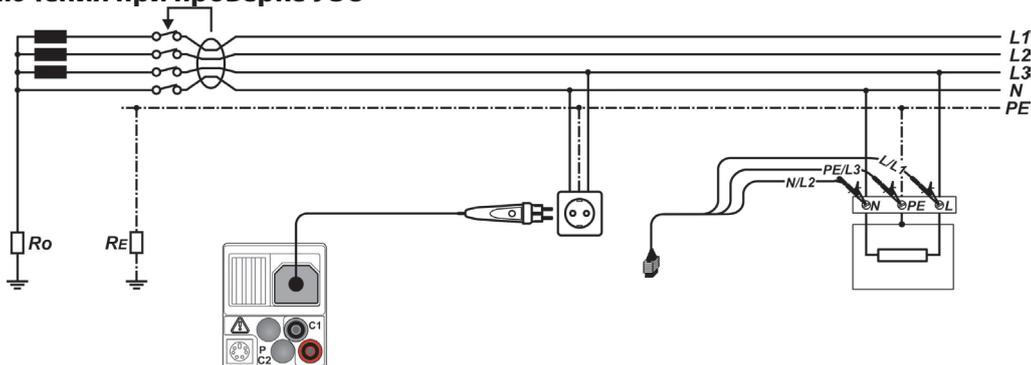


Рисунок 35

Контактное напряжение (УЗО U_c)

Ток, текущий по кабелю PE, вызывает падение напряжения на сопротивлении заземления, то есть, разность потенциалов между эквипотенциальной связующей цепью PE и «землей». Эта разность потенциалов называется контактным напряжением и существует во всех открытых токопроводящих частях, подключенных к шине защитного заземления PE. Она должно быть всегда меньше, чем стандартное предельное безопасное напряжение.

Контактное напряжение измеряется испытательным током, меньшим, чем $1/2 I_{\Delta N}$, во избежание срабатывания УЗО; затем ток приводится к номинальному значению – $I_{\Delta N}$.

Процедура измерения контактного напряжения

- Выберите функцию **УЗО** при помощи кнопок переключателя функций.
- Выберите подфункцию **Uc**. Классификация результатов измерения U_c УЗО будет осуществляться одновременно с сохранением.
Испытания по определению U_c УЗО осуществляются одинаково независимо от выбранной подфункции. Тем не менее, важно выбрать соответствующую подфункцию, чтобы классифицировать правильно результаты измерений для учета в проверочной документации (отчетах об испытаниях).

- Установите тестовые **параметры** (при необходимости).
- Подключите** испытательный кабель к прибору.
- Подключите** испытательную проводку (выводы) к исследуемому компоненту (см. Рисунок 35).
- Для проведения измерений нажмите на кнопку **ПРОВЕРКА (TEST)**.
- Сохраните** результат нажатием кнопки **MEM** (опция).

Сопротивление контура является показательным и вычисляется исходя из полученного значения U_c (без дополнительных коэффициентов), в соответствии с формулой:

$$R_L = \frac{U_c}{I_{\Delta N}}$$

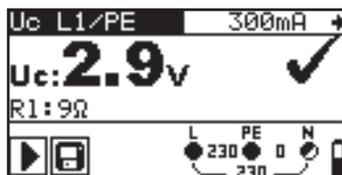


Рисунок 36

Отображаемые результаты:

Uc..... контактное напряжение

Rl..... сопротивление короткозамкнутого контура

Время отключения УЗО (УЗО t)

Измерение времени отключения определяет чувствительность УЗО при разных значениях тока утечки.

Процедура измерения времени отключения

- Выберите функцию **УЗО** при помощи кнопок переключателя функций.
- Выберите подфункцию **УЗОt**. Классификация результатов измерения УЗОt будет осуществляться одновременно с сохранением.
- Испытания по определению УЗОt осуществляются одинаково независимо от выбранной подфункции. Тем не менее, важно выбрать соответствующую подфункцию, чтобы классифицировать правильно результаты измерений для учета в проверочной документации (отчетах об испытаниях).
- Установите тестовые **параметры** (при необходимости).
- Подключите** испытательный кабель к прибору.
- Подключите** испытательные провода (выводы) к исследуемому компоненту (см. Рисунок 35: Подключение штексельного щупа «plug commander» и 3-х проводного тестового кабеля).
- Для проведения измерений нажмите на кнопку **ПРОВЕРКА (TEST)**.
- Сохраните** результат нажатием кнопки **MEM** (опция).



Рисунок 37

Отображаемые результаты:

t время отключения (срабатывания)

Uc контактное напряжение при номинальном токе $I_{\Delta N}$

Ток отключения УЗО (УЗО I)

Постоянное увеличение тока утечки необходимо для тестирования пороговой чувствительности отключения УЗО. Прибор увеличивает измерительный ток малыми шагами в пределах выбранного диапазона:

Таблица 31

Тип УЗО	Диапазон крутизны характеристики		Форма волны	Примечания
	Начальная величина	Конечная величина		
АС	$0.2 \times I_{\Delta N}$	$1.1 \times I_{\Delta N}$	Синусоидальная	Все модели
A, F ($I_{\Delta N} \geq 30 \text{ mA}$)	$0.2 \times I_{\Delta N}$	$1.5 \times I_{\Delta N}$	Импульсная	
A, F ($I_{\Delta N} = 10 \text{ mA}$)	$0.2 \times I_{\Delta N}$	$2.2 \times I_{\Delta N}$		

Максимальный измерительный ток равен I_{Δ} (ток отключения) или конечное значение, в случае, когда УЗО не включено (не отключилось).

Процедура измерения тока отключения

- Выберите функцию **УЗО** при помощи кнопок переключателя функций.
- Выберите подфункцию **УЗО I**. Классификация результатов измерения УЗО I будет осуществляться одновременно с сохранением. Испытания по определению тока I УЗО осуществляются одинаково независимо от выбранной подфункции. Тем не менее, важно выбрать соответствующую подфункцию, чтобы классифицировать правильно результаты измерений для учета в проверочной документации (отчетах об испытаниях).
- Установите тестовые **параметры** (при необходимости).
- Подключите** испытательный кабель к прибору.
- Подключите** измерительную проводку (выводы) к тестируемому элементу (см. Рисунок 35: Подключение штепсельного щупа «plug commander» и 3-х проводного тестового кабеля).
- Для проведения измерений нажмите на кнопку **ПРОВЕРКА (TEST)**.
- Сохраните** результат нажатием кнопки **MEM** (опция).

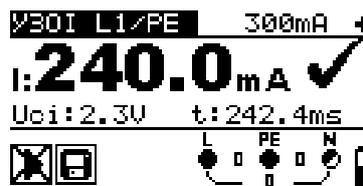


Рисунок 38

Отображаемые результаты:

I..... ток отключения

Uci..... контактное напряжение при токе отключения I, или конечное значение, если срабатывание УЗО не произошло

t..... время отключения (срабатывания)

Автоматическая проверка УЗО

Функция автоматического, или полного теста УЗО предназначена для выполнения полной проверки УЗО (время отключения при различных токах утечки, ток отключения и контактное напряжение) за один цикл автоматических тестов, проводимых прибором.

Дополнительная кнопка:

СПРАВКА/ ДИСПЛЕЙ (HELP / DISPLAY)	Переключение между верхней и нижней частью области результатов.
--	---

Процедура автоматических испытаний (теста) УЗО

Таблица 32

Этапы (шаги) автоматической проверки УЗО	Примечания
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Выберите функцию УЗО при помощи кнопок переключателя функций. <input type="checkbox"/> Выберите подфункцию АВТО. Классификация результатов измерения I_c УЗО будет осуществляться одновременно с сохранением. <input type="checkbox"/> Автоматическая проверка АУТО осуществляются одинаково независимо от выбранной подфункции. Тем не менее, важно выбрать соответствующую подфункцию, чтобы классифицировать правильно результаты измерений для учета в проверочной документации (отчетах об испытаниях). <input type="checkbox"/> Установите тестовые параметры (при необходимости). <input type="checkbox"/> Подключите испытательный кабель к прибору. <input type="checkbox"/> Подключите измерительную проводку (выводы) к тестируемому элементу (см. Рисунок 35: Подключение штепсельного шнура «plug commander» и 3-х проводного тестового кабеля). <input type="checkbox"/> Для проведения испытаний нажмите на кнопку ПРОВЕРКА (TEST). 	Начало испытаний
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Испытание с $I_{\Delta N}$, 0° (шаг 1) 	УЗО должно сработать
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Повторно активируйте УЗО 	
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Испытание с $I_{\Delta N}$, 180° (шаг 2) 	УЗО должно сработать
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Повторно активируйте УЗО 	
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Испытание с $5 \times I_{\Delta N}$, 0° (шаг 3) 	УЗО должно сработать
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Повторно активируйте УЗО 	
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Испытание с $5 \times I_{\Delta N}$, 180° (шаг 4) 	УЗО должно сработать
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Повторно активируйте УЗО 	
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Испытание с $\frac{1}{2} \times I_{\Delta N}$, 0° (шаг 5) 	УЗО не должно сработать
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Испытание с $\frac{1}{2} \times I_{\Delta N}$, 180° (шаг 6) 	УЗО не должно сработать
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Проверка тока отключения, 0° (шаг 7) 	УЗО должно сработать
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Повторно активируйте УЗО 	
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Проверка тока отключения, 180° (шаг 8) 	УЗО должно сработать
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Повторно активируйте УЗО 	
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Сохраните результат нажатием кнопки MEM (опция) 	Окончание испытаний

Примеры результатов:

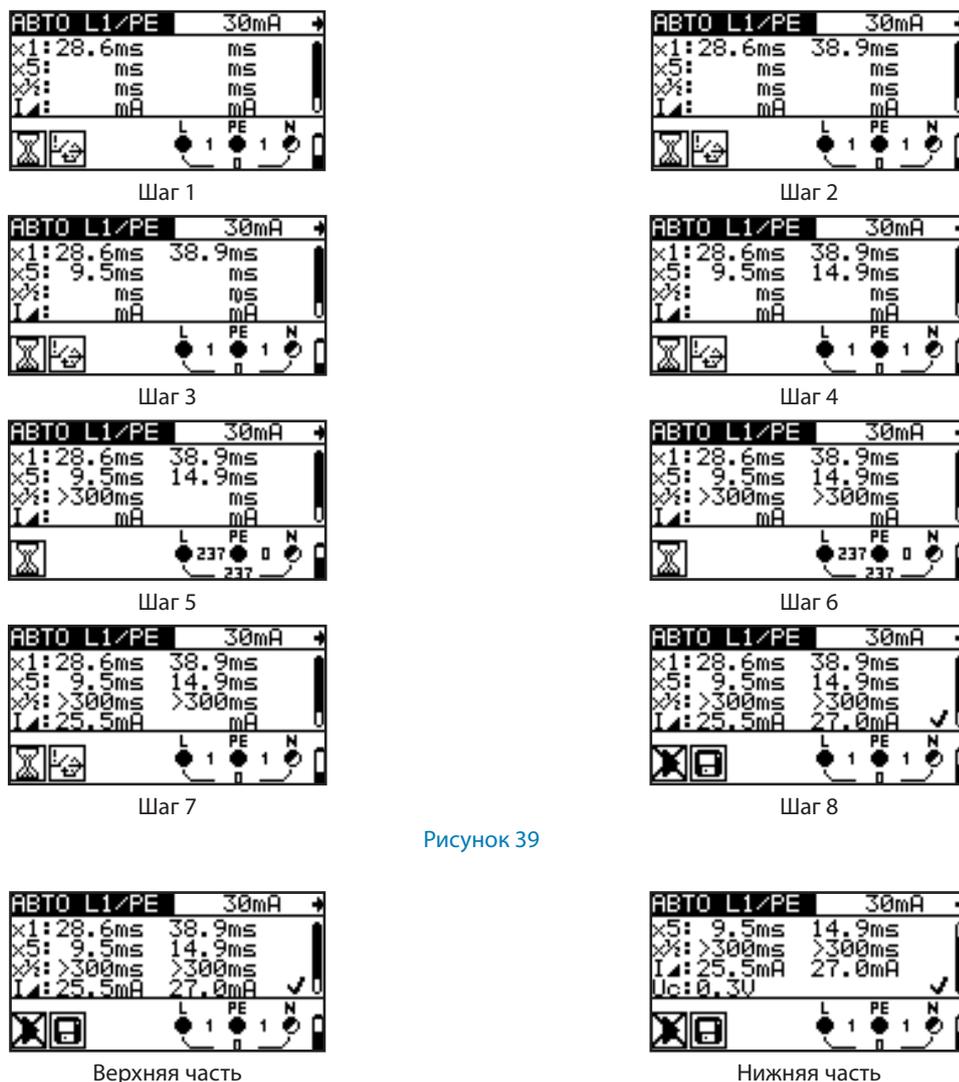


Рисунок 39

Рисунок 40

Отображаемые результаты:

- x1..... Шаг 1, время отключения ($I_{\Delta}=I_{\Delta N}, 0^{\circ}$)
- x1..... Шаг 2, время отключения ($I_{\Delta}=I_{\Delta N}, 180^{\circ}$)
- x5..... Шаг 3, время отключения ($I_{\Delta}=5 \times I_{\Delta N}, 0^{\circ}$)
- x5..... Шаг 4, время отключения ($I_{\Delta}=5 \times I_{\Delta N}, 180^{\circ}$)
- x½..... Шаг 5, время отключения ($I_{\Delta}=\frac{1}{2} \times I_{\Delta N}, 0^{\circ}$)
- x½..... Шаг 6, время отключения ($I_{\Delta}=\frac{1}{2} \times I_{\Delta N}, 180^{\circ}$)
- I..... Шаг 7, ток отключения (0°)
- I..... Шаг 8, ток отключения (180°)
- Uc..... Контактное напряжение при номинальном токе $I_{\Delta N}$



Примечания:

- ❑ Выполнение автоматического тестирования немедленно прекращается при обнаружении любого некорректного условия, например, избыточного контактного напряжения U_c или при выходе времени отключения за установленные пределы.
- ❑ Автоматическое тестирование заканчивается без тестов «x5» в случае тестирования УЗО типа А и F с номинальными токами утечки $I_{\Delta N} = 300 \text{ мА}, 500 \text{ мА}$ и 1000 мА . В этом случае результаты автоматического тестирования считаются нормальными, если остальные результаты соответствуют норме, а индикация для x5 опускается.
- ❑ Тесты на чувствительность (I_{Δ} , шаги 7 и 8) опускаются для УЗО селективного типа.

5.3.2.5 Полное сопротивление контура и предполагаемый ток короткого замыкания

Короткозамкнутым является контур, включающий в себя источник питания, фазную проводку и провод защитного заземления PE к источнику питания. Прибор измеряет импеданс контура и вычисляет ток КЗ. Измерения проводятся в соответствии с требованиями стандарта EN 61557-3.

Инструкции по функциональным возможностям кнопок приведены выше.

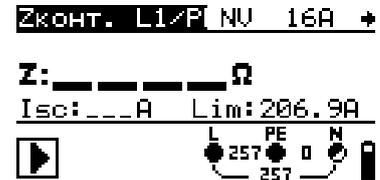


Рисунок 41

Тестовые параметры для измерения импеданса короткозамкнутого контура

Испытание	Выбор подфункции импеданса короткозамкнутого контура [Zконт., Zs] Классификация результатов при сохранении [L1/PE, L2/PE, L3/PE]
Тип предохранителя	Выбор типа предохранителя [—, NV, gG, B, C, K, D]
Предохранитель I	Номинальный ток выбранного предохранителя
Предохранитель T	Максимальное время срабатывания выбранного предохранителя
Lim	Минимальный ток КЗ для выбранного предохранителя

См. приложение А с рекомендованными параметрами предохранителей.

Цепи для измерения полного сопротивления (импеданса) короткозамкнутого контура

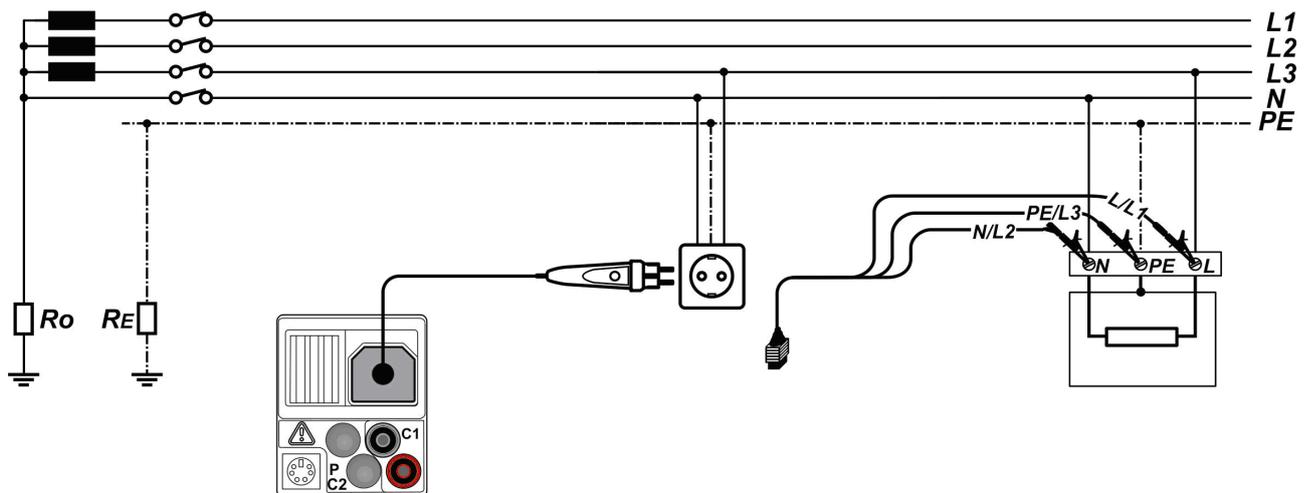


Рисунок 42

Процедура измерения полного сопротивления (импеданса) короткозамкнутого контура

- Выберите подфункцию **Zконт.** или **Zs** с помощью кнопок переключателя функций и кнопок \blacktriangle / \blacktriangledown . Классификация результатов измерения Z конт. (Zs) будет осуществляться одновременно с сохранением.
- Испытания по определению Z конт. (Zs) осуществляются одинаково независимо от выбранной подфункции. Тем не менее, важно выбрать соответствующую подфункцию, чтобы классифицировать правильно результаты измерений для учета в проверочной документации (отчетах об испытаниях).
- Выберите **параметры** тестирования (при необходимости).
- Подключите** испытательный кабель к прибору.
- Подключите** измерительную проводку к тестируемому элементу (см. Рисунок 42 Подключение штексельного шнура «plug commander» и 3-х проводного тестового кабеля).
- Для проведения измерений нажмите на кнопку **ПРОВЕРКА (TEST)**.
- Сохраните** результат нажатием кнопки **MEM** (опция).



Рисунок 43

Отображаемые результаты:

Z Полное сопротивление (импеданс) короткозамкнутого контура

Isc Ожидаемый ток короткого замыкания

Lim Нижний предел величины ожидаемого тока короткого замыкания

Ожидаемый ток КЗ ISC вычисляется на основании измеренного импеданса по формуле:

$$I_{sc} = \frac{U_n \times k_{sc}}{Z}$$

Где:

Un Номинальное напряжение UL-PE (см. таблицу ниже),

ksc Корректирующий коэффициент для Isc

Таблица 33

Un	Диапазон входного напряжения (L-PE)
110 В	(93 В ≤ UL-PE ≤ 134 В)
230 В	(185 В ≤ UL-PE ≤ 266 В)



Примечания:

- Сильные колебания напряжения питания могут влиять на результаты измерений (в поле сообщений появится знак наличия шумов). В этом случае рекомендуется повторить несколько измерений для проверки стабильности показаний.
- Это измерение вызовет срабатывание УЗО в защищенных УЗО электроустановках (цепях), если выбран тест Z конт.
- Выберите измерения Zs для предотвращения срабатывания УЗО в защищенных УЗО электроустановках.

5.3.2.6 Полное сопротивление линии и предполагаемый ток короткого замыкания

Импеданс линии измеряется в цепи, включающей в себя источник напряжения питания и фазную проводку. Измерения импеданса линии проводятся в соответствии с требованиями стандарта EN 61557-3.

Подфункция падения напряжения предназначена для проверки того, что напряжение в установке остается выше приемлемых уровней, если в цепи протекает предельный ток. Предельный ток определяется как номинальный ток предохранителя цепи. Предельные величины указаны в стандарте IEC 60364-5-52.

Подфункции:

- Z лин. – измеренный импеданс линии в соответствии с EN 61557-3 и
- ΔU – измеренное падение напряжения.

Инструкции по функциональным возможностям кнопок приведены выше.



Рисунок 44

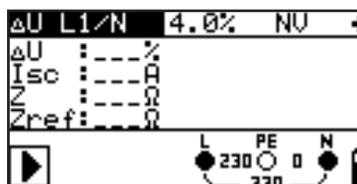


Рисунок 45

Тестовые параметры для измерения импеданса линии

Испытание	Выбор подфункции импеданса линии [Z _{лин.}] или падения напряжения [ΔU] Классификация результатов при сохранении [L1/N, L2/N, L3/N, L1/L2, L1/L3, L2/L3]
Тип предохранителя	Выбор типа предохранителя [—, NV, gG, B, C, K, D]
Предохранитель I	Номинальный ток выбранного предохранителя
Предохранитель T	Максимальное время срабатывания выбранного предохранителя
Lim	Минимальный ток КЗ для выбранного предохранителя

См. приложение А с рекомендованными параметрами предохранителей.

Дополнительные тестовые параметры для измерений падения напряжения

ΔUMAX	Максимальное падение напряжения [3.0% ÷ 9.0%]
-------	---

Импеданс линии и ожидаемый ток КЗ

Цепи для измерения импеданса линии

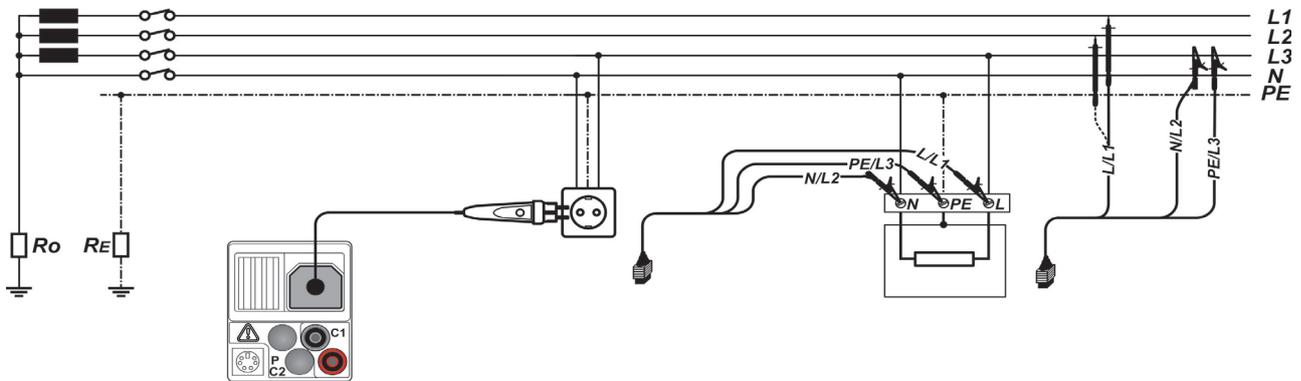


Рисунок 46

Процедура измерения полного сопротивления (импеданса) линии

- Выберите подфункцию **Z_{лин.}**. Классификация результатов измерения Z_{лин.} будет осуществляться одновременно с сохранением.
- Испытания по определению Z_{лин.} осуществляются одинаково независимо от выбранной подфункции. Тем не менее, важно выбрать соответствующую подфункцию, чтобы классифицировать правильно результаты измерений для учета в проверочной документации (отчетах об испытаниях).
- Выберите **параметры** тестирования (при необходимости).
- Подключите** испытательный кабель к прибору.
- Подключите** измерительную проводку (выводы) к тестируемому элементу (см. Рисунок 46: Измерение импеданса линии фаза-нейтраль или фаза-фаза – подключение штепсельного щупа «plug commander» и 3-х проводного тестового кабеля).
- Для проведения измерений нажмите на кнопку **ПРОВЕРКА (TEST)**.
- Сохраните** результат нажатием кнопки **MEM** (опция).



Рисунок 47

Отображаемые результаты:

- Z** Импеданс линии
- I_{sc}** Ожидаемый ток КЗ
- Lim** Нижний предел величины ожидаемого тока короткого замыкания

Ожидаемый ток КЗ вычисляется следующим образом:

$$I_{sc} = \frac{U_n \times k_{sc}}{Z}$$

Где:

- U_n** Номинальное напряжение L-N или L1-L2 (см. таблицу ниже),
- k_{sc}** Корректирующий коэффициент для I_{sc} (см. Главу 4.4.5 Коэффициент тока КЗ (I_{sc})).

Таблица 34

U _n	Диапазон входных напряжений (L-N или L1-L2)
110 В	(93 В ≤ U _{L-N} < 134 В)
230 В	(185 В ≤ U _{L-N} ≤ 266 В)
400 В	(321 В < U _{L-L} ≤ 485 В)



Примечание:

- ☐ Сильные колебания напряжения питания могут влиять на результаты измерений (в поле сообщений появится знак наличия шумов). В этом случае рекомендуется повторить несколько измерений для проверки стабильности показаний.

Падение напряжения

Падение напряжения рассчитывается исходя из разности импеданса линии в точках подключения (розетках) и импеданса линии в контрольной точке (обычно импеданс на распределительном щите).

Цепи для измерения падения напряжения

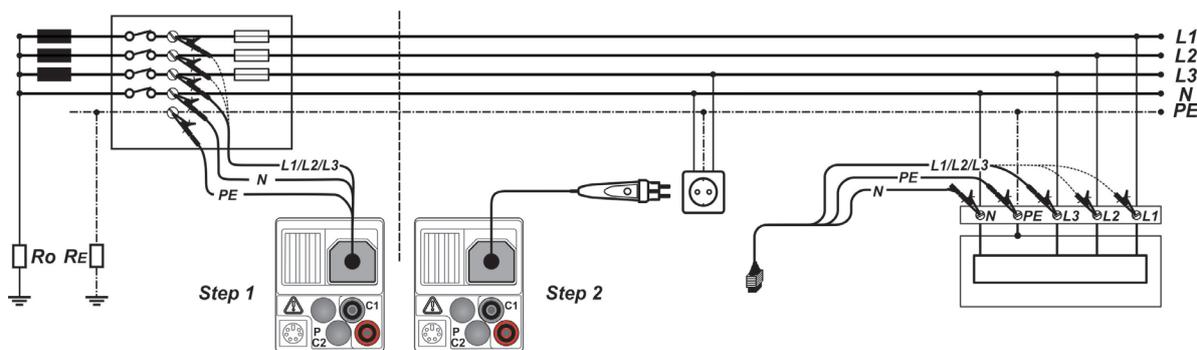


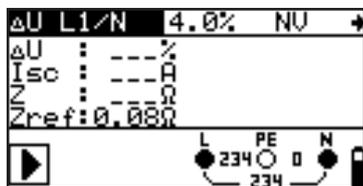
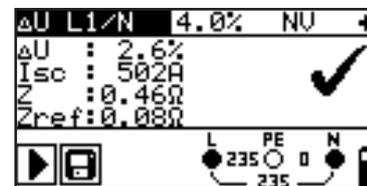
Рисунок 48

Процедура измерения падения напряжения**Шаг 1:** Измерение импеданса Z_{ref} в исходной точке

- Выберите подфункцию **ΔU** с помощью кнопок переключателя функций и кнопок $\blacktriangle/\blacktriangledown$. Классификация результатов измерения ΔU будет осуществляться одновременно с сохранением.
- Испытания по определению ΔU осуществляются одинаково независимо от выбранной подфункции. Тем не менее, важно выбрать соответствующую подфункцию, чтобы классифицировать правильно результаты измерений для учета в проверочной документации (отчетах об испытаниях).
- Выберите **параметры** тестирования (при необходимости).
- Подключите** испытательный кабель к прибору.
- Подключите** измерительную проводку к исходной точке тестируемой электрической установки (см. Рисунок 48 Измерение падения напряжения линии фаза-нейтраль или фаза-фаза – подключение штепсельного щупа «plug commander» и 3-х проводного тестового кабеля).
- Для проведения измерений нажмите на кнопку **КАЛИБРОВКА (CAL)**.

Шаг 2: Измерение падения напряжения

- Выберите подфункцию **ΔU** с помощью кнопок переключателя функций и кнопок $\blacktriangle/\blacktriangledown$. Классификация результатов измерения ΔU будет осуществляться одновременно с сохранением.
- Испытания по определению ΔU осуществляются одинаково независимо от выбранной подфункции. Тем не менее, важно выбрать соответствующую подфункцию, чтобы классифицировать правильно результаты измерений для учета в проверочной документации (отчетах об испытаниях).
- Выберите **параметры** испытаний (Должен быть выбран тип предохранителя).
- Подключите** испытательный кабель или штепсельный щуп «plug commander» к прибору.
- Подключите** измерительную проводку (выводы) к тестируемым точкам (см. Рисунок 48: Измерение падения напряжения линии фаза-нейтраль или фаза-фаза – подключение штепсельного щупа «plug commander» и 3-х проводного тестового кабеля).
- Для проведения измерений нажмите на кнопку **ПРОВЕРКА (TEST)**.
- Сохраните** результат нажатием кнопки **MEM** (опция).

Шаг 1 – Z_{REF} 

Шаг 2 – Падение напряжения

Рисунок 49

Отображаемые результаты:

ΔU Падение напряжения

Isc Ожидаемый ток КЗ

Z Полное сопротивление (импеданс) линии в точке измерений

Z_{REF} Полное сопротивление (импеданс) в контрольной точке

Падение напряжения рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta U[\%] = \frac{(Z - Z_{REF}) \cdot I_N}{U_N} \cdot 100$$

Где:

- ΔU**..... расчетное падение напряжения
- Z** импеданс в точке испытаний (измерений)
- Z_{REF}**..... импеданс в контрольной точке
- IN** номинальный ток выбранного предохранителя
- UN** номинальное напряжение (см. приведенную ниже табличку)

Таблица 35

Un	Диапазон входных напряжений (L-N или L1-L2)
110 В	(93 В ≤ UL-N < 134 В)
230 В	(185 В ≤ UL-N ≤ 266 В)
400 В	(321 В < UL-L ≤ 485 В)



Примечания:

- Если импеданс в контрольной точке не установлен, Z_{REF} полагается равным 0.00 Ω.
- Величина Z_{REF} сбрасывается (устанавливается в 0.00 Ω) при нажатии на кнопку КАЛИБРОВКА (CAL) при неподключенном к источнику напряжения приборе.
- ISC рассчитывается, как описано в главе 5.7.1 Импеданс линии и ожидаемый ток КЗ.
- Если измеренное напряжение выходит за пределы приведенного выше в таблице диапазона, результирующая величина ΔU не будет рассчитываться.
- Сильные колебания напряжения питания могут влиять на результаты измерений (в поле сообщений появится знак наличия шумов). В этом случае рекомендуется повторить несколько измерений для проверки стабильности показаний.

5.3.2.7 Измерение сопротивления заземления

Сопротивления заземления является одним из самых важных параметров для обеспечения защиты от поражения электрическим током. Схема главной шины заземления, системы молниезащиты, локальные цепи заземления, удельное сопротивление грунта и т.д. могут быть проверены с помощью испытаний (теста) сопротивления заземления. Измерения производятся в соответствии со стандартом EN 61557–5.

Основная функция Сопротивление заземления (Earth resistance) разделена на три подфункции:

- Трехпроводной тест (проверка) сопротивления заземления RE для стандартных измерений сопротивления заземления с помощью двух стержней заземления.
- Бесконтактный тест (проверка) сопротивления заземления с помощью двух 2-х токоизмерительных клещей (также рекомендуется IEC 60364–6 для городских площадей) для измерения сопротивления заземления для отдельных стержней заземления.
- Удельное сопротивление грунта.

Инструкции по функциональным возможностям кнопок приведены выше

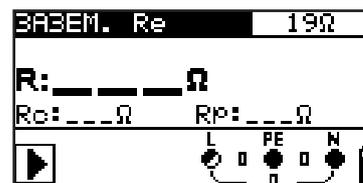


Рисунок 50

Параметры испытаний для измерения сопротивления заземления

Испытание	Конфигурация испытаний [ЗАЗЕМ. RE, двое клещей, ρ]
Предел	Максимальное сопротивление [ВЫКЛ, 1 Ω ÷ 5 kΩ]
Расстояние	Только в подфункции ρ: Расстояние между клещами [0.1 м ÷ 30.0 м] или [1 фут ÷ 100 футов]

Измерения сопротивления заземления, общая процедура измерений

- Выберите функцию ЗАЗЕМ. с помощью кнопок переключателя функций.
- Выберите подфункцию ЗАЗЕМ. RE / ЗАЗЕМ. 2 КЛЕЩЕЙ.
- Активируйте и установите предельные значения (необязательно).
- Подключите** испытательные провода (выводы) к прибору.
- Подсоедините** исследуемый компонент (см. Рисунок 51: Сопротивление заземления, измерение сопротивления главной шины заземления здания, Рисунок 52: Сопротивление заземления, измерение сопротивления системы молниезащиты и Рисунок 54: Бесконтактное измерение сопротивления заземления).
- Для проведения измерений нажмите на кнопку **ПРОВЕРКА (TEST)**.
- Сохраните** результат нажатием кнопки **MEM** (опция).

Измерение стандартного сопротивления заземления

Подключения для измерения сопротивления заземления

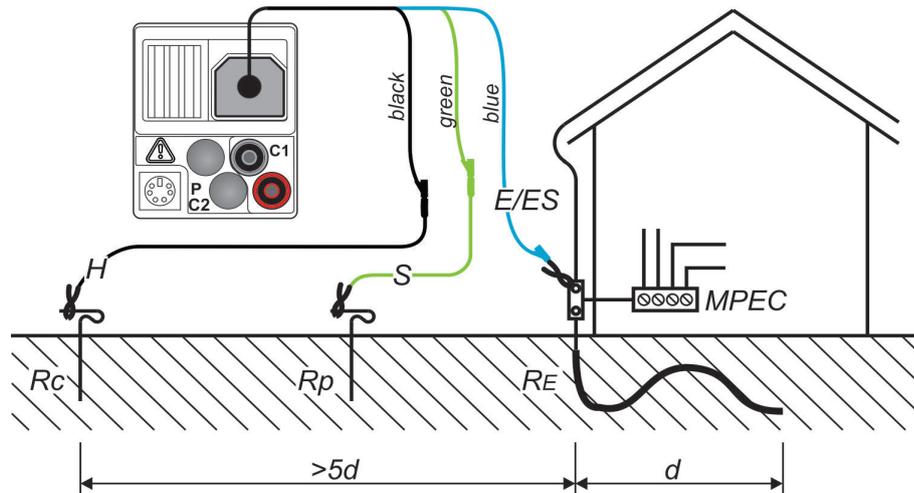


Рисунок 51

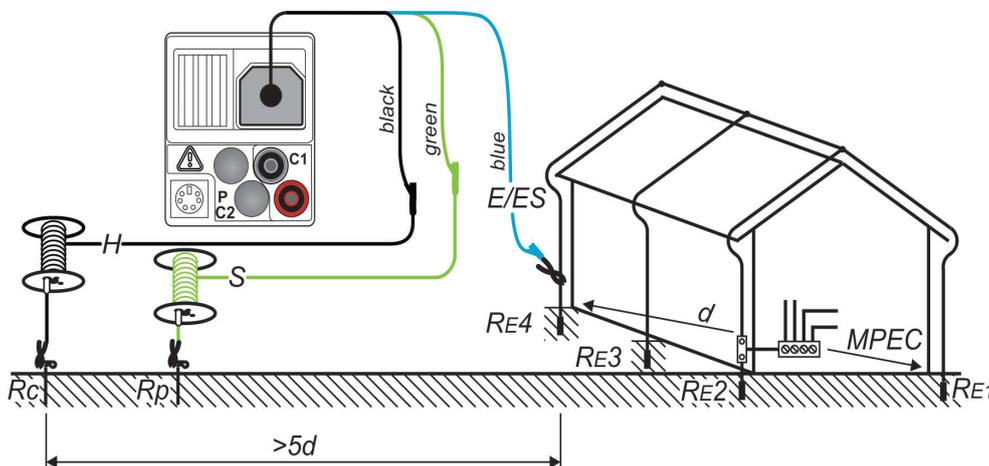


Рисунок 52



Рисунок 53

Отображаемые результаты для измерения сопротивления заземления:

- R..... Сопротивление заземления
- Rp Сопротивление щупа S (потенциального)
- Rc..... Сопротивление щупа H (токоизмерительного)



Примечания:

- Высокое сопротивление щупов S и H может влиять на результаты измерений. В этом случае отображаются предупреждения "Rp" и "Rc". Сообщение ВЫПОЛНЕНО УСПЕШНО/ НЕ ПРОЙДЕНО в данном случае не выводится;
- Высокие токи и напряжения в заземлении могут влиять на результаты измерений. В этом случае тестер отображает предупреждение.
- Щупы должны размещаться на достаточном расстоянии от измеряемого (исследуемого) объекта.

Бесконтактное измерение сопротивления заземления (с помощью двух токоизмерительных клещей)

Данные измерения позволяют обеспечить простую проверку отдельных стержней заземления в большой системе заземления. Метод особенно подходит для измерений в городских районах, где обычно отсутствует возможность использовать испытательные щупы.

Подключение для бесконтактного измерения сопротивления заземления

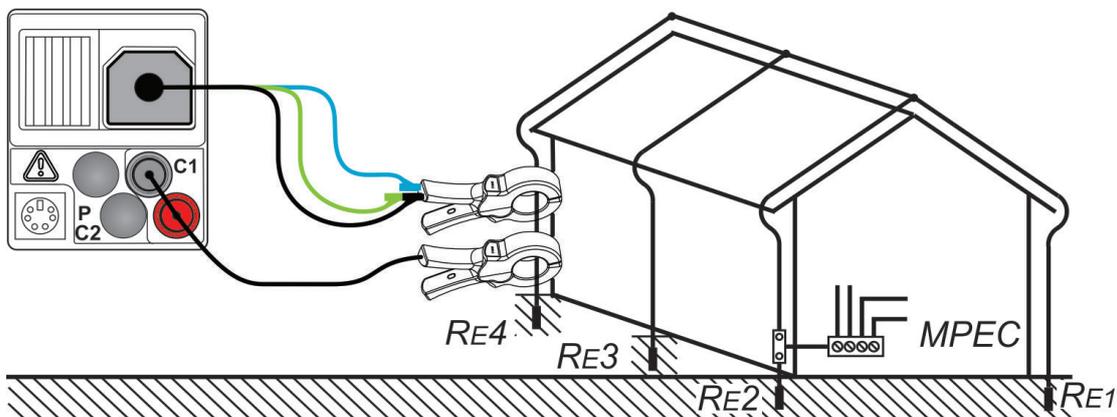


Рисунок 54



Рисунок 55

Отображаемые результаты для бесконтактного измерения сопротивления заземления:

- R..... Сопротивление заземления

**Примечания:**

- Для измерений заземления с помощью двух клещей должны использоваться клещи А 1018 и А 1019. Клещи А 1391 не поддерживаются.
- Расстояние между клещами должно составлять минимум 30 см.
- Высокие токи и напряжения в заземлении могут влиять на результаты измерений. В этом случае тестер отображает предупреждение «шумы».
- Результаты измерений будут очень точными для сопротивлений ниже 10 Ω . При более высоких величинах (нескольких десятков Ω) испытательный ток снизится до нескольких мА. Необходимо принимать в расчет погрешность измерений для малых токов и устойчивость к шумовым токам! В этом случае тестер отображает предупреждение «малый ток».

5.3.2.8 Измерение удельного сопротивления грунта

Удельное сопротивление грунта измеряется для определения характеристик грунта. Результаты используются для определения правильного размера систем заземления (размеров, глубины залегания, количества и положения заземляющих стержней).

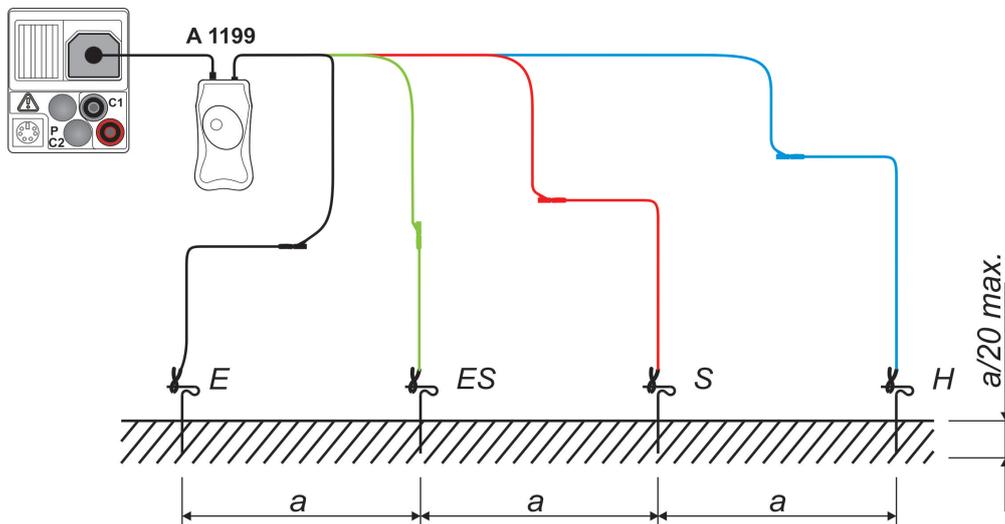
Цепь для измерения удельного сопротивления грунта

Рисунок 56

Процедура измерения удельного сопротивления грунта:

- Выберите функцию **ЗАЗЕМ.** с помощью кнопок переключателя функций.
- Выберите подфункцию **ЗАЗЕМ. ρ** .
- Выберите расстояние (a) между испытательными щупами.
- Подключите адаптер А 1199 ρ к прибору.
- Подключите измерительную проводку (выводы) к щупам заземления (см. Рисунок 56: Измерение удельного сопротивления грунта).
- Для проведения измерений нажмите на кнопку ПРОВЕРКА (TEST).
- Сохраните результат нажатием кнопки MEM (опция).



Рисунок 57

Отображаемые результаты для измерения сопротивления заземления:

- ρ Удельное сопротивление грунта
- Rc** Сопротивление Н, Е щупа (токоизмерительного)
- Rp** Сопротивление S, ES щупа (потенциального)



Примечания:

- Высокое сопротивление щупов S, H, ES, E может влиять на результаты измерений. В этом случае отображаются предупреждения "Rp" и "Rc".
- Высокие шумовые токи и напряжения в заземлении могут влиять на результаты измерений. В этом случае тестер отображает предупреждение «шумы».

5.3.2.9 Измерение истинного среднеквадратического значения тока

Данная функция предназначена для измерения токов нагрузки и токов утечки с помощью токоизмерительных клещей. Имеется один измерительный вход.

Инструкции по функциональным возможностям кнопок приведены выше.



Рисунок 58

Схема подключения для измерений тока

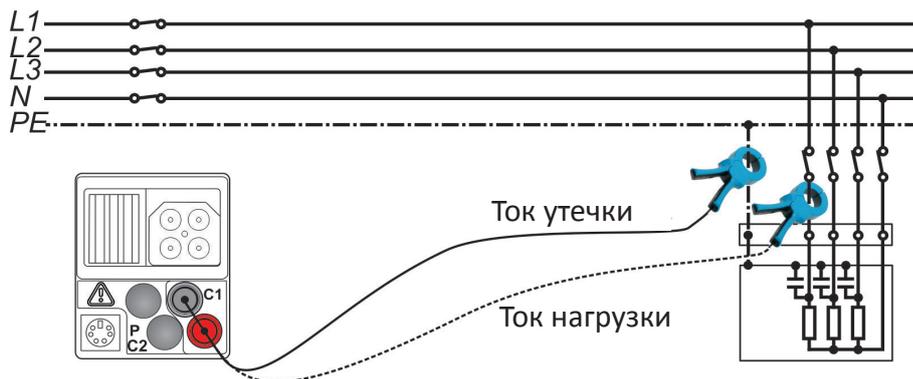


Рисунок 59

Процедура измерения тока

- Выберите функцию **ТОК** из меню **ДРУГИЕ** (Others).
- Подключите токовые клещи к прибору.
- Подключите токовые клещи к тестируемому элементу (см. Рисунок 59: Измерения тока утечки и тока нагрузки.)
- Чтобы начать непрерывные измерения нажмите на кнопку ПРОВЕРКА (TEST).
- Снова нажмите на кнопку ПРОВЕРКА (TEST), чтобы остановить измерения.
- Сохраните результат нажатием кнопки **MEM** (опция).

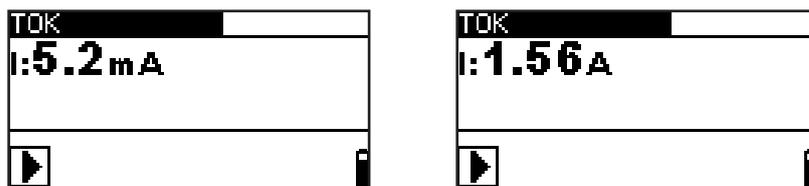


Рисунок 60

Отображаемые результаты измерения тока:

- I** TRMS тока

5.3.2.10 Измерение напряжения и частоты, контроль порядка чередования фаз

Данные измерений напряжения и частоты всегда отображаются на мониторе напряжения на зажимах. В меню **TRMS НАПРЯЖЕНИЕ** можно сохранять измеренное напряжение, частоту и информацию о выявленном трехфазном соединении. Измерения основаны на стандарте EN 61557-7.

Инструкции по функциональным возможностям кнопок приведены в главе 4.2.



Рисунок 61

Параметры испытаний для измерения напряжения

Установка параметров не требуется.

Подключения при измерении напряжения

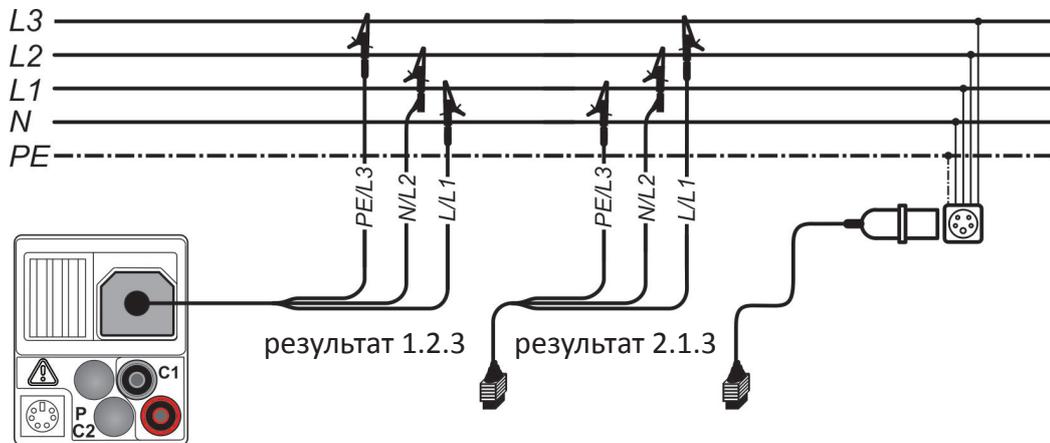


Рисунок 62

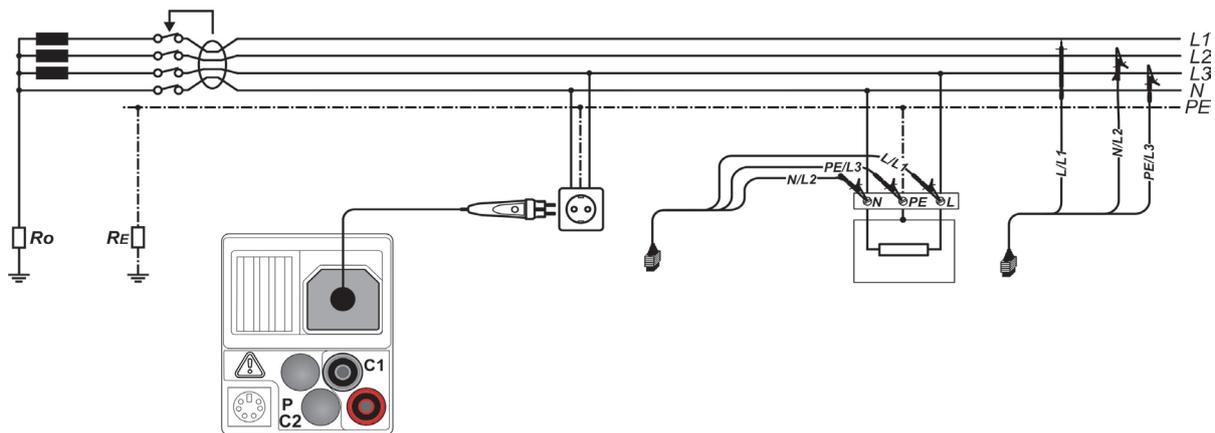


Рисунок 63

Процедура измерения напряжения

- Выберите функцию **TRMS НАПР.** при помощи кнопок переключателя функций.
- Подключите** испытательный кабель к прибору.
- Подключите** испытательные выводы (провода) к исследуемому элементу (см. Рисунок 62: Подключение 3-х проводного тестового кабеля и дополнительного адаптера к трехфазной цепи и Рисунок 63: Подключение штепсельного щупа и 3-х проводного тестового кабеля к однофазной цепи)
- Сохраните** результат измерения напряжения нажатием клавиши **MEM** (опция).

Измерение начинается немедленно после выбора функции **TRMS НАПР.**

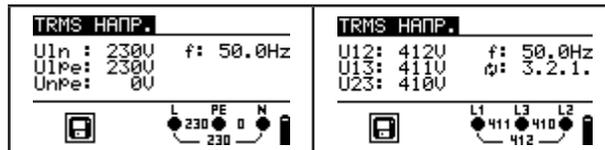


Рисунок 64

Отображаемые результаты для однофазной цепи:

- Uln**..... Напряжение между фазой и нейтралью.
- Uipe**..... Напряжение между фазой и защитным заземлением
- Unpe** Напряжение между нейтралью и защитным заземлением
- f** частота

Отображаемые результаты для трехфазной цепи:

- U12** Напряжение между фазами L1 и L2
- U13** Напряжение между фазами L1 и L3
- U23** Напряжение между фазами L2 и L3
- 1.2.3** Правильное подключение – последовательность вращения по часовой стрелке
- 3.2.1** Неправильное подключение – последовательность вращения против часовой стрелки
- f** частота

6 Требование безопасности при проведении работ

Перед началом работ необходимо выполнить организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ, в соответствии с ПОТ РМ-016–2001.

Организационные мероприятия:

- Оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации
- Допуск к работе;
- Надзор во время работы;
- Оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

Испытания электрооборудования, в том числе и вне электроустановок, проводимые с использованием передвижной испытательной установки, должны выполняться по наряду (работы с мегомметром в электроустановках до 1000В и во вторичных цепях – по распоряжению).

Допуск к испытаниям электрооборудования в действующих электроустановках осуществляет оперативный персонал в соответствии с разделом 2.7 ПОТ РМ-016–2001, а вне электроустановок – ответственный руководитель работ или, если он не назначен, производитель работ.

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия, обеспечивающие безопасность проведения работ:

- Произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
- На приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;
- Проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- Наложено заземление (включены заземляющие ножи и установлены переносные заземления);
- Вывешены плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

При проведении измерений запрещается приближаться к токоведущим частям на расстояния менее указанных в таблице 36.

Таблица 36.

Напряжение, кВ		Расстояние от людей и применяемых ими инструментов и приспособлений, от временных ограждений, м	Расстояние от механизмов и грузоподъемных машин в рабочем и транспортном положении, от стропов, грузозахватных приспособлений и грузов, м
До 1	На ВЛ	0,6	1,0
	В остальных электроустановках	Не нормируется (без прикосновения)	1,0
1–35		0,6	1,0
60 постоянного тока, 110 переменного тока		1,0	1,5

Напряжение, кВ	Расстояние от людей и применяемых ими инструментов и приспособлений, от временных ограждений, м	Расстояние от механизмов и грузоподъемных машин в рабочем и транспортном положении, от стропов, грузозахватных приспособлений и грузов, м
150	1,5	2,0
220	2,0	2,5
330	2,5	3,5
400 постоянного тока, 500 переменного тока	3,5	4,5
750	5,0	6,0
800 постоянного напряжения	3,5	4,5
1150	8,0	10,0

7 Требования к персоналу

Глава 5 ПОТ РМ-016–2001 предписывает допускать к проведению испытаний электрооборудования персонал, прошедший специальную подготовку и проверку знаний и требований. Разрешение на допуск к испытаниям электрооборудования выдает комиссия, в состав которой входят специалисты по испытаниям оборудования, имеющие группу по электробезопасности V (в электроустановках напряжением выше 1000В) и группу IV (в электроустановках напряжением до 1000В).

Право на проведение испытаний подтверждается записью в строке “Свидетельство на право проведения специальных работ” удостоверения о проверке знаний норм и правил работы в электроустановках

Испытания электрооборудования проводит бригада, в которой производитель работ должен иметь группу IV, член бригады – группу III, а член бригады, которому поручается охрана, – группу II.

В состав бригады, проводящей испытание оборудования, можно включать работников из числа ремонтного персонала, не имеющих допуска к специальным работам по испытаниям, для выполнения подготовительных работ и надзора за оборудованием.

8 Обработка результатов измерений

8.1 Контроль погрешности результатов измерений

Средства измерений, используемые для проведения испытаний в электроустановках подлежат поверке в органах Госстандарта РФ с периодичностью, указанной в описании их типа. Приборы должны иметь действующие свидетельства о поверке, выполнение измерений прибором, имеющим свидетельство, срок действия которого закончился, запрещено.

8.2 Требования к протоколу измерений

Согласно ГОСТ Р 50571–16 к протоколу измерений предъявляют следующие требования.

Протокол испытаний должен содержать достоверные, объективные и точные результаты испытаний, данные об условиях испытаний и погрешности измерений, заключение о соответствии испытываемой электроустановки требованиям нормативных документов и проектной документации и представлять точно, четко и недвусмысленно результаты испытаний и другую, относящуюся к ним информацию.

- Протокол испытаний должен содержать следующие основные сведения:
- наименование и адрес испытательной лаборатории;
- регистрационный номер, дату выдачи и срок действия аттестата аккредитации, наименование аккредитующей организации, выдавшей аттестат или свидетельство о регистрации в органах государственного энергетического надзора;
- номер и дату регистрации протокола испытаний, нумерацию каждой страницы протокола, а также общее число страниц;
- полное наименование электроустановки и ее частей;
- код ОКП;
- наименование и адрес организации-заявителя или фамилию, имя, отчество заказчика и его адрес;
- дату получения заявки на испытания;
- наименование и адрес монтажной организации;
- сведения о проектной документации, в соответствии с которой смонтирована электроустановка;
- сведения об актах скрытых работ;
- дату проведения испытаний;
- место проведения испытаний;
- климатические условия проведения испытаний;
- цель испытания (приемо-сдаточные, для целей сертификации, сличительные, контрольные);
- программу испытаний;
- нормативный документ, на соответствие требований которого проведены испытания;
- перечень применяемого оборудования и средств измерений с указанием наименования и типа испытательного оборудования и средств измерений, диапазона и точности измерений, данных о номере метрологического аттестата или свидетельства и дате последней и очередной аттестации и поверки;
- значение показателей и допусков;

- фактические значения показателей испытаний электроустановок с указанием погрешности измерений;
- вывод о соответствии нормативному документу по каждому показателю;
- информацию о дополнительном протоколе испытаний, выполненных на условии субподряда;
- заключение о соответствии (или несоответствии) испытанной электроустановки или ее элементов требованиям комплекса стандартов ГОСТ Р 50571 или других нормативных документов;
- подписи и должности лиц, ответственных за проведение испытаний и оформление протокола испытаний, включая руководителя испытательной лаборатории;
- печать испытательной лаборатории;
- указание на титульном листе о недопустимости частичной или полной перепечатки или копировании без разрешения заказчика или испытательной лаборатории;
- указание на титульном листе, что протокол испытаний распространяется только на испытанную электроустановку.

Исправления и дополнения в тексте протокола испытания после его окончательного оформления не допускаются. При необходимости их оформляют в виде отдельного документа «Дополнение к протоколу испытаний» (номер, дата) в соответствии с приведенными выше требованиями к протоколу. На конкретные виды испытаний могут оформляться отдельные протоколы, входящие в состав общего протокола испытаний электроустановки.

В протоколе испытаний не допускается помещать рекомендации и советы по устранению недостатков или совершенствованию испытаний электроустановок.

Копии протоколов испытаний подлежат хранению в испытательной организации не менее шести лет.

MI 3102H BT

