

FLUKE®

1625
Тестер
сопротивления заземления

Руководство по эксплуатации

Январь 2006 г.

© 2006 Корпорация Fluke, Все права сохранены. Напечатано в Нидерландах

Все наименования продукции и торговые марки являются собственностью соответствующих компаний.

ОГРАНИЧЕННАЯ ГАРАНТИЯ И ОГРАНИЧЕНИЕ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

На каждый продукт Fluke распространяется гарантия отсутствия дефектов материалов и изготовления при нормальных условиях эксплуатации и обслуживания. Гарантийный период составляет два года и отсчитывается от даты отгрузки. На запчасти, ремонт и обслуживание распространяется гарантия длительностью 90 дней. Данная гарантия распространяется только на начального покупателя или конечного заказчика авторизованного торгового партнера Fluke, она не распространяется на предохранители, одноразовые батареи, а так же на любой продукт, который по мнению Fluke неправильно использовался, подвергался изменениям, небрежному обращению, был загрязнен или поврежден случайно либо в результате ненормальных условий эксплуатации или обращения. Fluke гарантирует, что программное обеспечение будет работать в целом в соответствии с его функциональными характеристиками в течение 90 дней, а так же, что оно было правильным образом записано на носитель, не имеющий дефектов. Fluke не гарантирует, что программное обеспечение не содержит ошибок или будет работать без сбоев.

Авторизованные торговые партнеры Fluke должны распространять данную гарантию на новую не бывшую в употреблении продукцию только для конечных потребителей, однако не имеют права распространять большие или отличающиеся гарантийные условия от имени Fluke. Гарантийная поддержка доступна только если продукт был приобретен у авторизованного торгового партнера Fluke или покупатель оплатил действительную международную стоимость. Fluke оставляет за собой право выставить покупателю счет на расходы по ввозу частей для ремонта/замены, если продукт, приобретенный в одной стране, был отправлен для ремонта в другую страну.

Гарантийные обязательства Fluke ограничиваются, на выбор компании Fluke, возмещением стоимости приобретения, бесплатным ремонтом или заменой дефектной продукции, которая была возвращена в авторизованный сервисный центр Fluke в течение гарантийного периода.

Чтобы получить гарантийное обслуживание, свяжитесь с ближайшим авторизованным сервисным центром Fluke для получения информации для подтверждения возврата, затем отправьте продукт в данный сервисный центр с описанием проблемы и оплатой пересылки и страховки (FOB место назначения). Fluke предполагает, что во время перевозки отсутствует опасность повреждения.

После гарантийного ремонта, продукт будет возвращен покупателю, с оплатой транспортных расходов (FOB место назначения). Если Fluke выяснит, что отказ произошел в результате небрежного или неправильного обращения, загрязнения, внесения изменений, несчастного случая или ненормальных условий эксплуатации или обращения, включая отказы вызванные превышением напряжения вызванным использованием продукта вне пределов указанных для прибора, либо в результате нормального износа или истирания механических компонентов, Fluke предоставит оценку стоимости ремонта и запросит подтверждение перед выполнением работ. После выполнения ремонта, продукт будет возвращен покупателю с оплатой транспортных расходов, а затем покупателю будет выставлен счет за ремонт и транспортные расходы (FOB место отгрузки).

ДАННАЯ ГАРАНТИЯ ЯВЛЯЕТСЯ ЕДИНСТВЕННОЙ И ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ И ЗАМЕЩАЕТ ЛЮБЫЕ ДРУГИЕ ГАРАНТИИ, ВЫРАЖЕННЫЕ ЯВНО ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫЕ, ВКЛЮЧАЯ, НО НЕ ОГРАНИЧИВАЯСЬ ЛЮБОЙ ПОДРАЗУМЕВАЕМОЙ ГАРАНТИИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ КАКИХ-ЛИБО СПЕЦИАЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ. FLUKE НЕ БУДЕТ НЕСТИ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ЛЮБЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ, КОСВЕННЫЕ, СЛУЧАЙНЫЕ ИЛИ ВОЗНИКШИЕ ВПОСЛЕДСТВИИ УЩЕРБ ИЛИ ПОТЕРИ, ВКЛЮЧАЯ ПОТЕРЮ ДАННЫХ, ВЫЗВАННЫЕ ЛЮБОЙ ПРИЧИНОЙ ИЛИ ПРЕДПОЛОЖЕНИЯМИ.

Поскольку некоторые страны или штаты не допускают ограничения условий подразумеваемой гарантии или исключения или ограничения случайного или возникшего в результате ущерба, гарантии и исключения данной гарантии могут не относиться ко всем покупателям. В случае, если любое из положений данной Гарантии будет признано неправильным или неимеющим силу судом или другим уполномоченным для принятия подобных решений органом, такие решения не будут нарушать действительность любых других положений.

Fluke Corporation
P.O. Box 9090
Everett, WA 98206-9090
U.S.A.

Fluke Europe B.V.
P.O. Box 1186
5602 BD Eindhoven
The Netherlands

Содержание

Заглавие	Страница
Введение	1
Модели и принадлежности.....	3
Указания по технике безопасности.....	4
Квалифицированный персонал	5
Настройка	5
Распаковка	5
Проверка комплекта поставки	5
Общие сведения	6
Дополнительные принадлежности	6
Сборка.....	7
Описание функций	7
Измерение напряжения помех (U_{ST})	8
Измерение частоты помех (F_{ST}).....	8
Измерение сопротивления заземления (R_E)	9
Выборочное измерение сопротивления заземления (R_E).....	9
Измерение сопротивления (R_{-}).....	9
Измерение малых сопротивлений (R_{\rightarrow}).....	9
Проверка правильности подключения для измерения	9
Зуммер	9
LO-BAT	10
Технические характеристики.....	10
Измерение напряжение помех DC + AC (U_{ST})	13
Измерение частоты помех (F_{ST}).....	13
Сопротивление заземления (R_E)	13
Выборочное измерение сопротивления заземления (R_E)	17
Измерение сопротивления (R_{-}).....	18
Измерение сопротивления (R_{\rightarrow})	19
Компенсация сопротивления проводов (R_K).....	20
Описание рабочих элементов.....	21
Описание элементов дисплея	23
Процедура измерений	24
Измерение сопротивления отдельных электродов заземления в многоэлементных системах заземления с использованием выборочного	

метода измерения при помощи измерительных клещей	36
3-х-полюсный метод измерения при помощи более длинных соединительных проводов заземляющих электродов	38
Измерение удельного сопротивления почвы	45
Измерение сопротивлений	48
Изменение всех настроек данных с помощью личного кода	51
Сохранение кода	53
Удаление кода	54
Описание дисплеев.....	55
Обслуживание	60
Замена батарей	61
Повторная калибровка	62
Обслуживание.....	62
Хранение	62

Таблицы

Таблица	Название	Страница
Таблица 1.	Модели и принадлежности.....	3
Таблица 2.	Электрические характеристики для измерений.....	14
Таблица 3.	Описание дисплеев.....	55

1621

Руководство по эксплуатации

Рисунки

Рисунок	Название	Страница
Рисунок 1.	Тестер заземления Fluke 1625.....	2
Рисунок 2.	Описание функций.....	8
Рисунок 3.	Дисплей.....	10
Рисунок 4.	Рабочие элементы.....	21
Рисунок 5.	Элементы дисплея.....	23
Рисунок 6.	Рабочие режимы.....	27
Рисунок 7.	Измерение напряжения и частоты помех.....	32
Рисунок 8.	Измерение сопротивления заземления – методика.....	33
Рисунок 9.	3-х/4-х полюсный метод измерения сопротивления заземления – Процесс.....	34
Рисунок 10.	Сопротивление заземления – Максимально допустимое значение.....	35
Рисунок 11.	Измерение сопротивления отдельных электродов заземления в многоэлементных системах заземления.....	36
Рисунок 12.	3-х/4-х-полюсный метод измерения сопротивления отдельных электродов заземления.....	37
Рисунок 13.	Измерение сопротивления заземления без отключения воздушного провода заземления.....	40
Рисунок 14.	Корректировка погрешностей трансформатора клещевого типа.....	43
Рисунок 15.	Компенсация сопротивления соединительного провода заземляющего электрода.....	44
Рисунок 16.	Измерение удельного сопротивления почвы.....	45
Рисунок 17.	Измерение сопротивления (R_{\sim}).....	48
Рисунок 18.	Измерение сопротивления (R_{∞}).....	49
Рисунок 19.	Оценка измеренного значения.....	50
Рисунок 20.	Компенсация сопротивления измерительных проводов.....	51

Тестер сопротивления заземления

Введение

В целях безопасности на местах, связанных с производством, распределением и потреблением электрической энергии, должны соблюдаться определенные меры безопасности. Во многих случаях к таким мерам безопасности относится регулярное соблюдение национальных и международных правил. Заземление, или подключение оголенных проводящих частей к земле в случае неисправности, является основной мерой безопасности. Существуют требования по заземлению трансформаторов, опор высоковольтных линий электропередач, железнодорожных путей, резервуаров, ванн, фундаментов и систем молниезащиты.

Эффективность систем заземления должна проверяться с использованием таких приборов для проверки заземления, как Fluke 1625, который проверяет качество подключения к заземлению. Тестер 1625 представляет собой идеальное решение, обеспечивающее использование современных технологий в компактном прочном корпусе. Помимо выполнения стандартных измерений сопротивления заземления с использованием 3-х и 4-точечной схемы подключения, современные технологии позволяют точно измерять сопротивление отдельных электродов заземления в отдельных и объединенных системах без отключения параллельных электродов. Одной из особенностей данного тестера является возможность быстро и точно измерять сопротивление заземления опор линий электропередач. Тестер 1625 также включает в себя функцию автоматической подстройки частоты (АПЧ), которая позволяет свести к минимуму помехи. Перед измерением прибор определяет существующие помехи и выбирает частоту измерения, которая позволит сделать их влияние минимальным. 1625 позволяет выполнять автоматические измерения под управлением микропроцессора, включая проверку соединения измерительного электрода, что гарантирует правильность измерений. Для обеспечения правильных и стабильных результатов тестер измеряет сопротивления всех электродов заземления. Кроме того, измеряется и отображается сопротивление измерительного электрода и вспомогательного электрода.

Примечания

- В настоящем руководстве используются термины «земля» и «заземление». Они взаимозаменяемы.
- Для измерения сопротивления заземления бесштыревым методом необходимо купить EI-1625. (EI-1625 идет в комплекте с 1625).
- Описание комплектации и технические характеристики приводятся в Приложении А.
- Селективные измерения описаны в основном разделе настоящего руководства.

На рисунке 1 показан тестер заземления Fluke 1625:

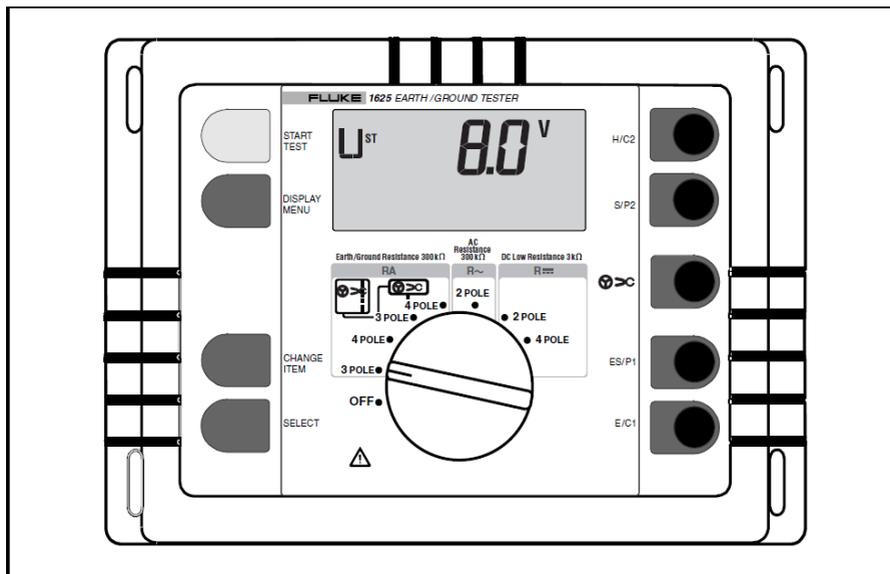


Рисунок 1. Тестер заземления Fluke 1625

Модели и принадлежности

В таблице 1 перечислены модели и принадлежности.

Таблица 1. Модели и принадлежности

Описание	Позиция/Код изделия
Тестер сопротивления заземления – Базовая комплектация (руководство, 2 провода и 2 зажима)	Fluke-1625
Тестер заземления – Полная комплектация (руководство, 2 провода и 2 зажима, ES162P4, EI-1623)	Fluke-1625 Kit
Комплект с запасными частями (2 провода, 2 зажима)	Fluke-162x-7001
Набор электродов для измерения с помощью трех электродов (три электрода, один кабельный барабан на 25 м, один кабельный барабан на 50 м)	ES-162P3
Набор штырей для измерения с помощью четырех электродов (четыре электрода, два кабельных барабана по 25 м, один кабельный барабан на 50 м)	ES-162P4
Набор клещей для выборочного/безэлектродного измерения 1625. (включает в себя EI-162X и EI-162AC и 2-3-проводный кабельный адаптер)	EI-1625
Трансформатор тока клещевого типа (измеряющий) с набором экранированных кабелей	EI-162X
Экранированный кабель (используется с клещами EI-162X)	2539195
Трансформатор тока клещевого типа (генерирующий)	EI-162AC
12,7 дюймовый (320 мм) трансформатор с расщепленным сердечником	EI-162BN
2-3-проводный кабельный адаптер для тестера 1625 для трансформатора тока EI-162AC	2577171
Заземляющий электрод	2539121
Кабельный барабан с проводом на 25 м	2539100
Кабельный барабан с проводом на 50 м	2539117
Руководство по эксплуатации тестера 1625	2560348

Указания по технике безопасности

Внимание

Данный измерительный прибор должен использоваться только квалифицированным специалистом и только согласно заявленным техническим характеристикам в соответствии с правилами и указаниями по технике безопасности, приведенными ниже. Кроме этого, использование данного оборудования требует соблюдения соответствующих норм техники безопасности при выполнении измерений. Такие же меры предосторожности распространяются на использование принадлежностей.

Предупреждение

При работе электрического оборудования на некоторых частях этого оборудования неизбежно будет присутствовать опасное напряжение. Несоблюдение мер предосторожности может привести к серьезным физическим или материальным повреждениям.

Для безотказной работы прибора необходимо обеспечить соответствующие условия хранения и транспортировки, правильную настройку и установку, а так же аккуратное обращение во время работы и обслуживания.

Если у вас возникли сомнения в безопасности работы прибора, прибор необходимо сразу выключить и защитить от случайного включения. Сомнения в безопасности работы прибора должны вызывать следующие ситуации:

- прибор имеет видимые повреждения,
- несмотря на нормальную работу батарей, при работе происходят сбои,
- прибор на некоторое время подвергался воздействию неблагоприятных условий (например, хранение в недопустимых климатических условиях без адаптации к ним и т.д.),
- во время транспортировки прибор подвергался сильному механическому воздействию (например, падал с какой-то высоты, но при этом не имеет видимых повреждений), или
- на дисплее отображаются сообщения «E1 ... E5».

Квалифицированный персонал

К работе с прибором допускаются лица, знакомые с настройкой, установкой, запуском и работой данного прибора, а так же обладающие достаточной квалификацией, необходимой для выполнения следующих действий:

- обучение, инструктаж и/или санкционирование выполнения следующих действий в целях и оборудовании согласно правилам техники безопасности: включение и выключение питания, отключение проводов, заземление, маркировка;
- обучение или проведение инструктажей по правилам техники безопасности при обращении и обслуживании с использованием необходимого оборудования для обеспечения безопасности.
- обучение оказанию первой помощи пострадавшему.

Настройка

Распаковка

Проверьте упаковку на предмет повреждений во время транспортировки. Сохраните упаковочный материал для последующей транспортировки и проверьте комплект поставки.

Проверка комплекта поставки

После распаковки сразу проверьте комплектацию принадлежностей. Перечень принадлежностей приводится на странице 2.

Предупреждение

Несмотря на то, что прибор прост в эксплуатации, в целях безопасности и для оптимизации работы тестера внимательно прочитайте эти рабочие инструкции.

Функции измерения активируются полностью, только когда прибор подключен.

Общие сведения

Микропроцессорный универсальный измеритель сопротивления заземления с полностью автоматизированной функцией выбора частоты измерения, а также автоматической проверки сопротивления зонда и вспомогательных электродов заземления и измерения напряжений помех согласно стандарту DIN IEC61557-5/EN61557-5.

- Измерение напряжения помех (U_{ST})
- Измерение частоты помехи (F_{ST})
- Измерение сопротивления зонда (R_S)
- Измерение сопротивления вспомогательного заземляющего электрода (R_H)
- Измерение сопротивления заземления с помощью трех или четырех электродов, (R_E) с или без использования внешнего трансформатора тока в виде кещей для выборочного измерения отдельных контуров заземления в многоэлементных системах заземления 
- Измерение сопротивления с помощью двух электродов с использованием напряжения переменного тока (R_{\sim})
- Измерение сопротивления с помощью двух- или четырех электродов с использованием напряжения постоянного тока, ($R_{\text{---}}$)

Благодаря разнообразным возможностям измерения и полностью автоматизированному управлению последовательностью измерения (включая автоматическую подстройку частоты), данный прибор позволяет использовать самые последние технологии измерения сопротивления заземления. С помощью выбора входных пределов с визуальным и звуковым подтверждением/сообщением об ошибке, и благодаря программируемым и специальным пользовательским функциям, например, включение или выключение напряжения измерения 20 В (для сельскохозяйственных систем), полного сопротивления заземления R^* (частота измерения 55 Гц) и т.д., любой из данных приборов можно запрограммировать для как для использования в качестве простого измерителя, так и в качестве дорогого полностью автоматизированного измерительного устройства.

Дополнительные принадлежности

Для дополнительного заказа имеется внешний трансформатор тока с коэффициентом трансформации от 80 до 1200:1 для измерения отдельного контура в многоэлементных системах заземления. Эта опция позволяет выполнять измерения на высоковольтных опорах, не отключая воздушные линии или шины заземления в нижней части опор, а также в системах молниезащиты без выделения отдельных проводников молниезащиты.

Сборка

Прибор состоит из двух частей:

1. Основная часть, которая состоит из измерительной электроники.
2. Защитный кожух.

Функции выбираются при помощи центрального поворотного переключателя. Четыре резиновые кнопки, которые запускают процесс измерения, позволяют измерять дополнительные значения и выбирать специальные функции, расположены в левой части передней панели. Такая конструкция обеспечивает быстрое и удобное управление прибором одной рукой.

Измеренные значения отображаются на жидкокристаллическом дисплее с правильным положением десятичной точки и отображением единиц измерения. Различные дополнительные специальные символы показывают режим измерения, рабочее состояние и сообщения об ошибках.

В качестве вспомогательного источника питания используются шесть батарей по 1,5 В (IEC R6 или LR6 или AA типа).

Данное устройство разработано и произведено в соответствии с системой качества DIN ISO 9001.

Описание функций

На следующей схеме показано описание функций тестера заземления 1625.

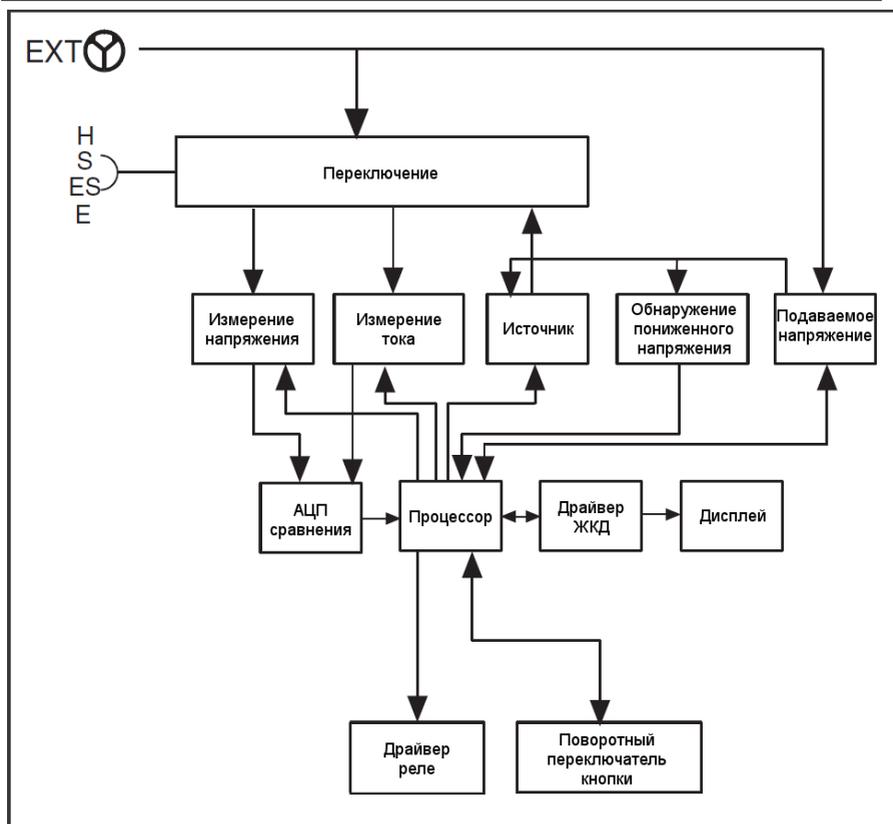


Рисунок 2. Описание функций

Измерение напряжения помех (U_{ST})

Двухполупериодное выпрямление для постоянного и переменного тока (постоянный ток без знака операции, синусоидальный сигнал переменного тока калибруется для среднеквадратичных значений). Если напряжение помех выше предельного значения, измерения не производятся.

Измерение частоты помех (F_{ST})

Для напряжения помехи >1 В ее частота определяется из длительности периода.

Измерение сопротивления заземления (R_E)

Сопротивление заземления определяется путем трех- или четырехпроводного измерения тока и напряжения. Измерительное напряжение представляет собой прямоугольные импульсы переменного тока с напряжением 48/20 В и частотой 94, 105, 111 или 128 Гц. Частота может выбираться вручную или автоматически (АПЧ).

Выборочное измерение сопротивления заземления (R_E)

Измерение отдельного заземляющего электрода в многоэлементной (параллельной) системе заземления. При помощи внешнего трансформатора тока измеряется ток, проходящий через отдельный заземляющий электрод.

Измерение сопротивления (R~)

Сопротивление определяется путем двухпроводного измерения тока и напряжения. Измерительное напряжение представляет собой прямоугольные импульсы переменного тока с напряжением 20 В и частотой 94, 105, 111 или 128 Гц. Частоту можно выбирать вручную или автоматически (АПЧ).

Измерение малых сопротивлений (R⁻⁻⁻)

Сопротивление определяется путем измерения постоянного тока и напряжения. Возможно использование двух-, а также четырехпроводных измерений. Ток короткого замыкания составляет > 200 мА.

Измеряется и сохраняется значение сопротивления при протекании тока в обоих направлениях.

Проверка правильности подключения для измерения

Процессор проверяет, правильно ли подключен измерительный провод: согласно выбранной функции, через изолированные двухкомпонентные контакты внутри каждого 4-мм входного разъема (типа «банан»), совместно с цепями обнаружения. При неправильном соединении или отсутствии соединения подается оптический и звуковой сигнал.

Зуммер

Встроенный зуммер имеет две функции:

1. Сигнализация о превышении установленных предельных значений.
2. Сигнализация об опасных условиях работы или неправильном обращении.

Управление осуществляется с помощью микропроцессора.

LO-BAT

Контроль состояния заряда батарей выполняется с помощью цепи компаратора. Определяемое микропроцессором падение заряда батарей ниже 10% от номинального значения обозначается на дисплее символом LO-BAT.

Технические характеристики

- Общие: Микропроцессорный полностью автоматизированный прибор измерения сопротивления заземления с дополнительными функциями
- Функции измерения: напряжение и частота помех, сопротивление заземления 3- и 4-полюсным методом с / без использования трансформатора тока клещевого типа, сопротивление двухпроводным методом с использованием переменного тока, 2-х и 4-проводным методом с использованием постоянного тока
- Дисплей (рис. 3): 4-разрядный (макс. отображаемое число 2999) – 7-сегментный жидкокристаллический дисплей, высота разряда 18 мм, с дополнительными символами и активной подсветкой.

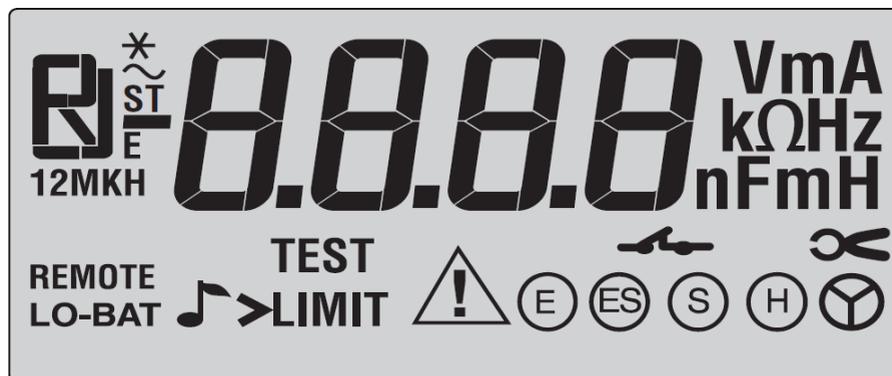


Рисунок 3. Дисплей

Работа:	Центральный поворотный переключатель и функциональные кнопки
Диапазон рабочих температур:	-10 °С...+50 °С
Диапазон рабочих температур:	0 °С...+35 °С
Номинальный диапазон:	18 °С...+28 °С
Диапазон температур хранения:	-30 °С...+60 °С

Примечание

Для удовлетворения требований Европейских стандартов существует схема из четырех диапазонов температур; прибор можно использовать по всему диапазону рабочих температур, используя температурный коэффициент для вычисления погрешности при температуре окружающей среды.

Температурный коэффициент:	±0,1% от диапазона / Кельвин
Рабочие значения погрешности:	см. диапазон рабочих температур и RH < 20 RE, RS < 100 RE

Как показано в таблице 1, с измеренным значением в качестве нормирующего максимальное рабочее значение погрешности в процентном отношении в пределах диапазона измерения не превышает ±30%.

Рабочие значения погрешности применяются при номинальных условиях эксплуатации, заявленных в IEC1557-1 и в следующих случаях:

- подача последовательности напряжений помех с системными частотами 400 Гц, 60 Гц, 50 Гц, 16 2/3 Гц либо с напряжением постоянного тока соответственно параллельно разъемам E (ES) и S. Среднеквадратичное значение последовательности напряжения помех должно составлять 3 В;
- сопротивление вспомогательного заземляющего электрода и зондов: 0...100 x RA, но ≤ 50 кОм;
- напряжение системы составляет от 85% до 110% от номинального напряжение и от 99% до 101% от номинальной частоты системы для измерительного оборудования, подключенного к сети электропитания и/или измерительного оборудования, получающего напряжение напрямую из распределительной системы.

Пределы погрешности:	см. Номинальный диапазон
Климатический класс:	C1 (IEC 654-1), -5 °С...+45 °С, 5%...95% RH
Тип защиты:	IP 56 для корпуса, IP 40 для крышки батарейного отсека согласно стандарту EN 60529

Макс. напряжение:	Δ разъем  к разъему  $U_{СКВ} = 0 \text{ В}$ Разъемы «E, ES, S, H» в любом сочетании друг с другом, макс. $U_{СКВ} = 250 \text{ В}$ (имеет отношение к неправильному использованию)
ЭМС (излучение, восприимчивость):	IEC 61326-1:1997 Класс А
Стандарт качества:	разработано и произведено в соответствии со стандартом DIN ISO 9001
Влияние внешних полей:	отвечает стандарту DIN 43780 (8/76)
Дополнит. источник питания:	6 щелочно-марганцевых батарей 1,5 В (IEC LR6 или AA типа)
Срок службы батарей:	с IEC LR6/ AA-типа: обычно 3000 измерений ($RE + RH \leq 1 \text{ кОм}$) с IEC LR6/ AA-типа: обычно 6000 измерений ($RE + RH > 10 \text{ кОм}$)
Размеры:	240 мм (Ш) x 220 мм (Г) x 90 мм (В)
Масса:	$\leq 1,1 \text{ кг}$ без принадлежностей $\leq 5,5 \text{ кг}$, включая принадлежности и батареи в переносном кейсе
Материал корпуса:	NORYL, противоударный и нецарапающийся термопласт

Тестер сопротивления заземления
Измерение напряжение помех DC + AC (UST)

Измерение напряжение помех DC + AC (U_{ST})

Метод измерения: двухполупериодное выпрямление

Диапазон измерения	Диапазон дисплея	Разрешение	Диапазон частот	Пределы погрешности
1...50 В	0,0...50 В	0,1 В	пост./перем. ток 45...400 Гц синусоида	± (5% от показания + 5 ед.мл.разр.)

Последовательность измерения: прил. 4 измерения/с

Внутреннее сопротивление: прил. 1,5 МОм

Макс. перегрузка: $U_{СКВ} = 250 В$

Измерение частоты помех (F_{ST})

Метод измерения: Измерение периода колебаний напряжения помехи

Диапазон измерения	Диапазон дисплея	Разрешение	Диапазон	Пределы погрешности
16,0...400 Гц	16,0...299,9...999 Гц	0,1...1 Гц	1 В...50 В	± (1% показаний + 2 ед.мл.разр.)

Сопротивление заземления (R_E)

Метод измерения: измерение тока и напряжения с помощью зонда в соответствии со стандартом IEC61557-5

Напряжение холостого хода: 20 / 48 В AC

Ток короткого замыкания: 250 мА AC

Частота измерения: 94, 105, 111, 128 Гц, выбирается вручную или автоматически (АПЧ), 55 Гц в функции R*

Подавление помех: 120 дБ (16 2/3, 50, 60, 400 Гц)

Макс. перегрузка: $U_{СКВ} = 250 В$

Таблица 2. Электрические характеристики для измерений

Основная погрешность или Величина влияния	Нормальные условия или Заявленный рабочий диапазон	Обозначение	Требования или Проверка согласно Соответствующим частям стандарта IEC 1557	Тип проверки
Основная проверка	Нормальные условия	A	Часть 5, 6.1	R
Положение	Нормальное $\pm 90^\circ$	E1	Часть 1, 4.2	R
Напряжение питания	На пределах, заявленных производителем	E2	Часть 1, 4.2, 4.3	R
Температура	0 °C и 35 °C	E3	Часть 1, 4.2	T
Последовательное напряжение помех	См. 4.2 и 4.3	E4	Часть 5, 4.2, 4.3	T
Сопротивление зондов и вспомогательных заземляющих электродов	0...100 x R _A , но ≤ 50 кОм	E5	Часть 5, 4.3	T
Системная частота	99%–101% от номинальной частоты	E7	Часть 5, 4.3	T
Системное напряжение	85%–110% от номинального напряжения	E8	Часть 5, 4.3	T
Эксплуатационная погрешность	$B = \pm(A + 1,15\sqrt{E_1^2 E_2^2 E_3^2 E_4^2 E_5^2 E_6^2 E_7^2 E_8^2})$		Часть 5, 4.3	R

Тестер сопротивления заземления Сопротивление заземления (R_E)

A = основная погрешность E _n = отклонения R = контрольное испытание T = типовое испытание	$B[\%] = \pm \frac{B}{\text{опорное значение}} \times 100\%$
---	--

Диапазон измерения	Диапазон дисплея	Разрешение	Основная погрешность	Макс. погрешность из-за неправильной эксплуатации
0,020 Ом ... 300 кОм	0,001 Ом...2,999 Ом	0,001 Ом	±(2% от измер. величины + 2 ед.мл.разр.)	±(5% от измер. величины + 5 ед.мл.разр.)
	3,00 Ом...29,99 Ом	0,01 Ом		
	30,0 Ом...299,9 Ом	0,1 Ом		
	0,300 кОм...2,999 кОм	1 Ом		
	3,00 кОм...29,99 кОм	10 Ом		
	30,0 кОм...299,9 кОм	100 Ом		

Время измерения: обычно 8 с с фиксированной частотой макс. 30 с с АПЧ и полным циклом всех частот измерения

Дополнительная погрешность из-за сопротивления зонда и вспомогательного заземляющего электрода:

$$\frac{R_H (R_S + 2000 \text{ Ом})}{R_E} \times 1,25 \times 10^{-6}\% + 5 \text{ ед. мл. разр.}$$

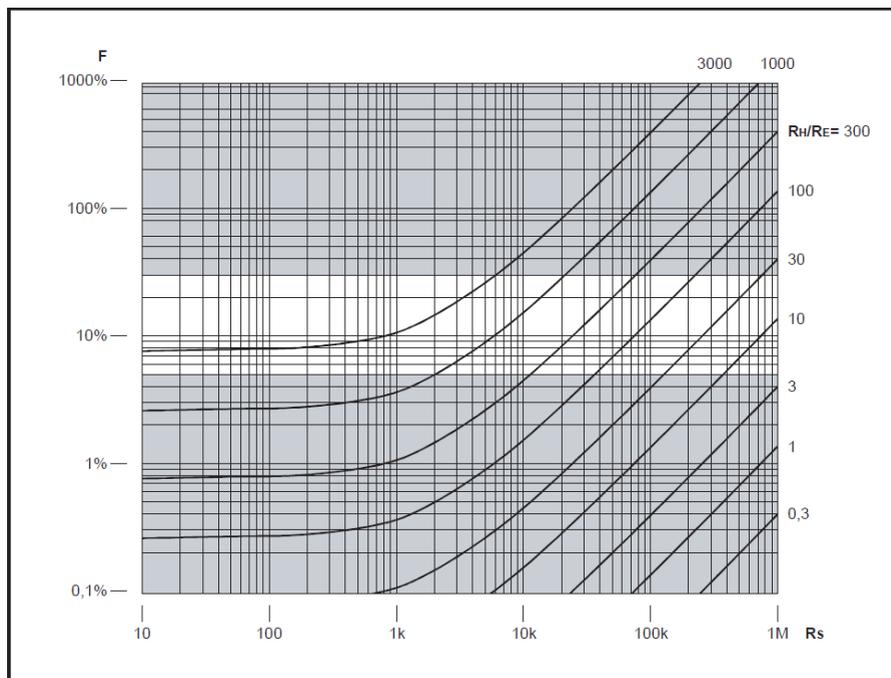
Погрешность измерения R_H и R_S: обычно 10% от R_E + R_S + R_H

Макс. сопротивление зонда: ≤ 1 МОм

Макс. сопротивление вспомогательного заземляющего электрода: ≤ 1 МОм

Автоматическая проверка, не выходит ли погрешность за пределы, требуемые по стандарту IEC61557-5.

Если после измерения сопротивления зонда, вспомогательного заземляющего электрода и сопротивления заземления из-за влияющих условий (см. диаграмму) погрешность измерения ожидается больше 30%, на дисплее появится предупреждающий символ  и сообщение о том, что R_S или R_H слишком высокое.



Автоматическое переключение разрешения измерения в зависимости от сопротивления вспомогательного заземляющего электрода R_H :

R_H при $U_{изм.} = 48 \text{ В}$	R_H при $U_{изм.} = 20 \text{ В}$	Разрешение
< 300 Ом	< 250 Ом	1 мОм
< 6 кОм	< 2,5 кОм	10 мОм
< 60 кОм	< 25 кОм	100 мОм
< 600 кОм	< 250 кОм	1 Ом

Выборочное измерение сопротивления заземления (R_E)

Метод измерения: Измерение тока и напряжения с помощью зонда (измерительного электрода) согласно стандарту EN61557-5 и измерение тока в отдельном контуре при помощи дополнительного трансформатора тока (защищено патентом).

Напряжение

холостого хода: 20 / 48 В переменное

Ток короткого замыкания: 250 мА переменное

Частота измерения: 94, 105, 111, 128 Гц, выбирается вручную или автоматически (АПЧ), 55 Гц (R*)

Подавление шума: 120 дБ (16 2/3, 50, 60, 400 Гц)

Макс. перегрузка: макс. U_{СКВ} = 250 В (измерение не начнется)

Диапазон измерения	Диапазон дисплея	Разрешение	Основная погрешность	Макс. погрешность из-за неправильной эксплуатации
0,020 Ом ... 300 кОм	0,001 Ом...2,999 Ом	0,001 Ом	±(7% от мВ + 2 EMP)	±(10% от мВ + 5 EMP)
	3,00 Ом...29,99 Ом	0,01 Ом		
	30,0 Ом...299,9 Ом	0,1 Ом		
	0,300 кОм...2,999 кОм	1 Ом		
	3,00 кОм...29,99 кОм	10 Ом		

* С использованием рекомендуемых токоизмерительных клещей / трансформаторов тока.

Дополнительная погрешность за счет сопротивления зонда и вспомогательного заземляющего электрода:

$$\frac{R_H (R_S + 2000 \text{ Ом})}{R_{\text{Есумм.}}} \times 1,25 \times 10^{-6}\% + 5 \text{ ед. мл. разр.}$$

Погрешность измер. R_H и R_S: обычно 10% от R_{Есумм.} + R_S + R_H

Время измерения: обычно 8 с с фиксированной частотой макс. 30 с с АПЧ и полным циклом всех частот измерения

Минимальный ток в отдельном измеряемом контуре:	0,5 мА	с трансформатором (1000:1)
	0,1 мА	с трансформатором (200:1)
Макс. ток помехи проходящий через трансформатор:	3 А	с трансформатором (1000:1)

Измерение сопротивления (R_{\sim})

Метод измерения:	измерение тока и напряжения
Напряжение измерения:	20 В перем., прямоугольный импульс
Ток короткого замыкания:	> 250 мА перем.
Частота измерения:	94, 105, 111, 128 Гц, выбирается вручную или автоматически (АПЧ)

Диапазон измерения	Диапазон дисплея	Разрешение	Основная погрешность	Макс. погрешность из-за неправильной эксплуатации
0,020 Ом ... 300 кОм	0,001 Ом...2,999 Ом	0,001 Ом	±(2% от измер.вел.+ 2 ед.мл.разр.)	±(5% от измер.вел.+ 5 ед.мл.разр.)
	3,00 Ом...29,99 Ом	0,01 Ом		
	30,0 Ом...299,9 Ом	0,1 Ом		
	0,300 кОм...2,999 кОм	1 Ом		
	3,00 кОм...29,99 кОм	10 Ом		
	30,0 кОм...299,9 кОм	100 Ом		

Время измерения:	обычно 6 с
Макс. напряжение помехи:	24 В, при более высоком напряжении измерение запускаться не будет
Макс. перегрузка:	$U_{СКВ}$ макс. = 250 В

Тестер сопротивления заземления

Измерение сопротивления (R ())

Измерение сопротивления (R ())

Метод измерения:	измерение тока – напряжения по стандарту IEC61557-4
Напряжение холостого хода:	20 В DC
Ток короткого замыкания:	200 мА DC
Образование измеряемого значения:	с использованием четырехпроводного измерения по H, S, ES может расширяться без дополнительной погрешности. Сопротивления >1 Ом в проводе E может вызывать дополнительную погрешность 5 мОм/Ом.

Диапазон измерения	Диапазон дисплея	Разрешение	Основная погрешность	Макс. погрешность из-за неправильной эксплуатации
0,020 Ом ... 3 кОм	0,001 Ом...2,999 Ом	0,001 Ом	±(2% от ИВ + 2 ЕМР)	±(5% от ИВ + 5 ЕМР)
	3,00 Ом...29,99 Ом	0,01 Ом		
	30,0 Ом...299,9 Ом	0,1 Ом		
	300 Ом...2999 Ом	1 Ом		

Частота измерения:	прибл. 2 изм./с
Время измерения:	обычно 4 с, включая обратную полярность (2- или 4-проводная схема)
Макс. напряжение помехи:	≤ 3 В перем. или пост., при более высоком напряжении измерение запускаться не будет
Макс. индуктивность:	2 Гн
Макс. перегрузка:	U _{СКВ} = 250 В

Компенсация сопротивления проводов (R_K)

<p>Формирование измеряемого значения:</p>	<p>Режим компенсации сопротивления проводов (R_K) можно включать в функциях измерения R_E 3pole, R_E 4pole ➤C, R_{\sim}, и $R_{\text{---}}$ 2pole</p> <p>$R_{\text{отображаемое}} = R_{\text{измеренное}} - R_{\text{компенсированное}}^*$</p> <p>* Значение поля уставки $R_K = 0,000$ Ом, изменяется в диапазоне 0,000...29,99 Ом посредством регулировки измерения.</p>
---	--

Описание рабочих элементов

На рисунке 4 показаны рабочие элементы, описанные ниже.

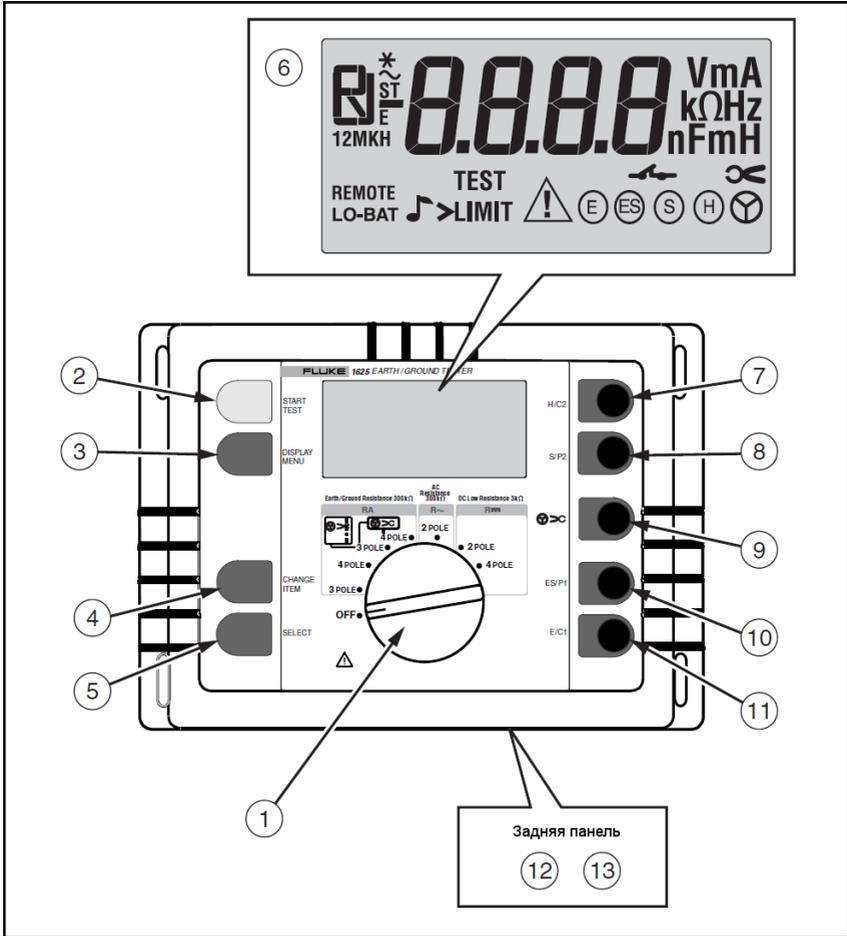


Рисунок 4. Рабочие элементы

- 1) Центральный поворотный переключатель для выбора функции измерения или включения/выключения прибора.
- 2) Кнопка START TEST для запуска выбранной функции измерения.
- 3) Кнопка DISPLAY MENU для отображения соответствующих вспомогательных значений.

- ④ Кнопка CHANGE ITEM для изменения значений поля установки.
- ⑤ Кнопка SELECT для выбора изменяемого разряда.
- ⑥ Жидкокристаллический дисплей, высота разряда 18 мм, автоматическая установка десятичного разделителя, а также активная подсветка.
- ⑦ Соединительный разъем  (вспомогательный электрод заземления) (диам. 4 мм) также используется с безопасным измерительным проводом
- ⑧ Соединительный разъем  (зонд) (диам. 4 мм) также используется с безопасным измерительным проводом.
- ⑨ Соединительный разъем для подключения внешнего трансформатора тока клещевого типа (опция).

 **Внимание**

На разъемы     подавать напряжение нельзя.

- ⑩ Соединительный разъем  (измерительный электрод) (диам. 4 мм) также используется с безопасным измерительным проводом. Измерение сопротивления заземления 4-проводным методом падения потенциала.
- ⑪ Соединительный разъем  (заземляющий электрод) (диам. 4 мм) также используется с безопасным измерительным проводом.

 **Внимание**

Нельзя с усилием закрывать или открывать прибор!

- ⑫ Батарейный отсек для шести батарей IEC LR6 или AA типа.

 **Внимание**

Прежде чем открывать прибор отключите все провода!

- ⑬ Винты для крепления батарейного отсека

Описание элементов дисплея

Дисплей (рисунок 5) делится на четыре элемента:

1. Цифровой дисплей для отображения измеренного значения
2. Поле функции измерения для отображения функции измерения
3. Поле единиц измерения: V(B), Ω (Ом), k Ω (кОм), Hz(Гц)
4. Специальные символы для оператора

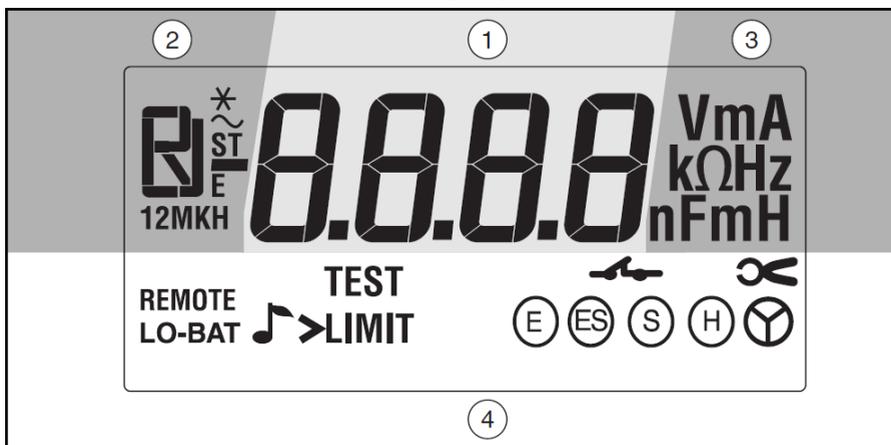


Рисунок 5. Элементы дисплея

Описание символов дисплея:

- | | |
|------------|---|
| U_{ST} | Напряжение помехи (перем. + пост.) |
| F_{ST} | Частота напряжения помехи |
| F_M | Частота напряжения измерения |
| U_M | Предел напряжения измерения 20/48 В |
| R_E | Сопротивление заземления |
| R_H | Сопротивление вспомогательного заземляющего электрода |
| R_S | Сопротивление зонда |
| R_K | Компенсированное сопротивление |
| R_1, R_2 | Измерение низкого напряжения с индикацией полярности |

R ~	Сопrotивление на переменном токе
R*	Полное сопротивление заземления (частота измерения 55 Гц)
AFC	Автоматическая подстройка частоты
TEST	Запущена последовательность измерения
LIMIT	Предельное значение
> LIMIT	Превышение предельного значения
	Распознавание разъемов
	Распознавание разъема для трансформатора тока
	Сообщение о превышении предела с помощью зуммера
LO-BAT	Напряжение батарей слишком низкое, замените батареи.
REMOTE	Активирован интерфейс (опция) – управление с помощью кнопок заблокировано
	Измерительная цепь (E-S, E-H) разорвана или измеряемое значение нестабильно

 **Внимание**

См. рабочие инструкции.

Процедура измерений

 **Внимание**

Используйте прибор только в системах, отключенных от напряжения.

1. С помощью поворотного переключателя  выберите функцию измерения
2. Если измерительные провода не подключены, то функция START работать не будет.
3. При помощи кнопки START TEST запустите процедуру измерения.
4. Измеренное значение появится на дисплее.

Для оптимальной работы прибора соблюдайте следующее:

Функции включения питания (POWER ON)

Во время включения питания прибора с помощью поворотного переключателя, при использовании сочетания кнопок можно установить необходимые рабочие условия:

а) Стандартный режим

Если прибор включается без дополнительного нажатия на кнопки, он переключится в режим экономии энергии (на дисплее появится сообщение «- -») спустя приблизительно 50 секунд после завершения измерения, либо нажатия на кнопки, либо перемещения поворотного переключателя. Чтобы заново включить прибор, нажмите DISPLAY MENU; «старые» измеренные значения можно будет посмотреть снова. Спустя 50 минут в режиме ожидания дисплей выключится полностью. Теперь прибор можно будет включить при помощи поворотного переключателя (ON / OFF).

б) Отключение режима ожидания

Если при включении питания одновременно нажать кнопки DISPLAY MENU и CHANGE ITEM, режим ожидания будет отключен и прибор не будет выключаться автоматически. Режим экономии энергии можно включить при помощи поворотного переключателя (ON / OFF).

в) Продление проверки дисплея

Если при включении питания удерживать нажатой кнопку DISPLAY MENU, проверку дисплея можно продлить на любое время. Чтобы вернуться к стандартному режиму работы, нажмите любую кнопку или переместите поворотный переключатель.

д) Номер версии программного обеспечения

Удерживая кнопку SELECT в нажатом положении во время включения питания, на дисплее можно вывести номер программного обеспечения. Нажав кнопку DISPLAY MENU, можно посмотреть последнюю дату калибровки. Выйти из этого режима можно, изменив положение поворотного переключателя или нажав кнопку START TEST.

Формат сообщений на дисплее:	SOFTWARE-version:	X. X X
	Date of calibration:	М М . JJ

Примечание

На момент поставки дата калибровки будет выглядеть как 0.00. Правильная дата будет отображаться только после первой перекалибровки.

е) Включение подсветки дисплея

Чтобы активировать подсветку дисплея, при включении питания удерживайте кнопку CHANGE ITEM. Подсветка отключится автоматически, если прибор перейдет в режим ожидания, и включится вместе с прибором по нажатию на любую кнопку. Чтобы полностью выключить прибор, установите поворотный переключатель в положение ON/OFF.

Работа

Функции измерения имеют два исходных режима работы: Последовательность управления и Последовательность измерения (см. рисунок 6).

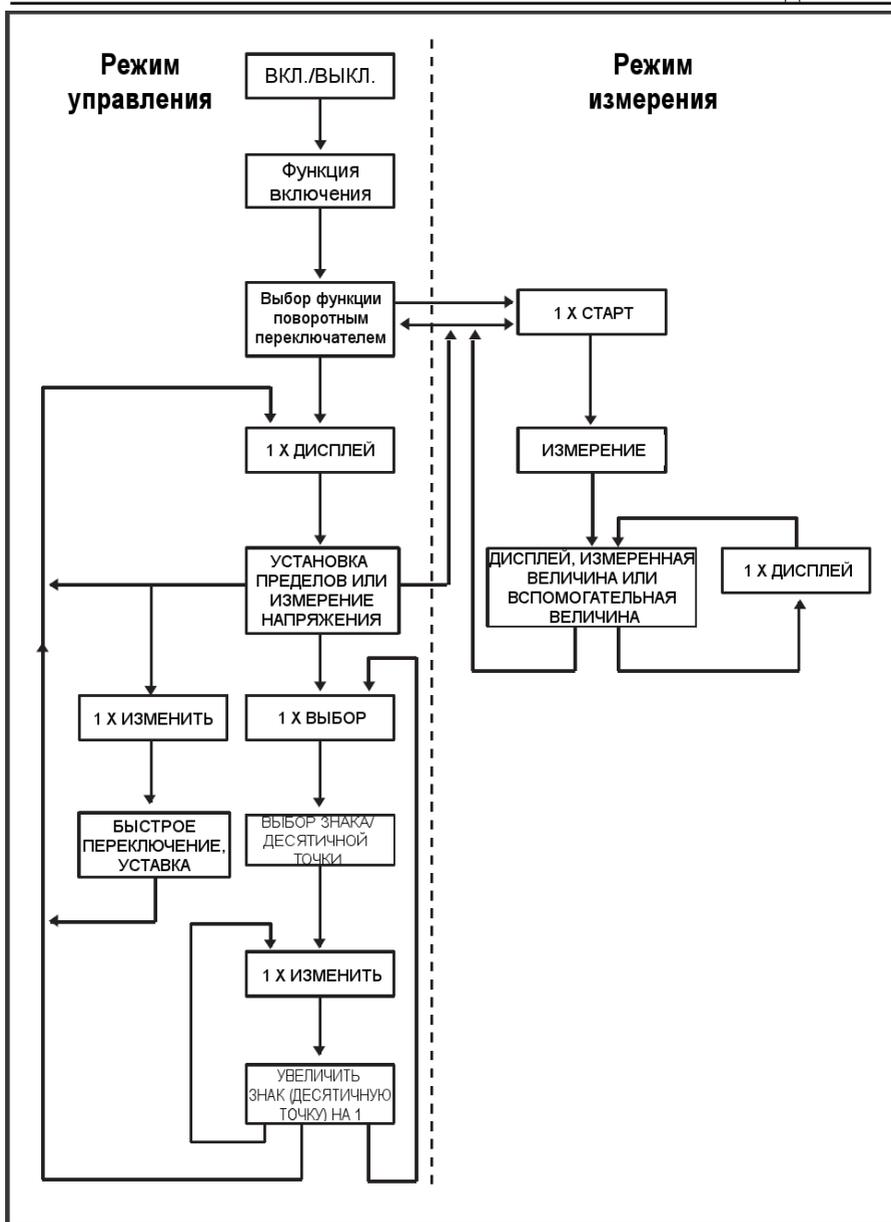


Рисунок 6. Рабочие режимы

Режим управления

Повернув поворотный переключатель функций, вы включите режим отображения напряжения.

Теперь нажав кнопку DISPLAY MENU, включится режим управления. Согласно выбранной функции измерения в режиме управления можно отображать и изменять различные значения настроек. Кнопка DISPLAY MENU позволяет циклически переключаться между разными установленными значениями. Кнопка SELECT позволяет изменять местоположение десятичной точки. Нажимая кнопку CHANGE ITEM можно либо переключаться между определенными установленными значениями, либо на 1 измерять положение десятичной точки, выбранное при помощи кнопки SELECT.

После завершения настройки параметров при помощи кнопки DISPLAY MENU можно воспроизвести следующий дисплей, либо начать измерения с помощью кнопки START TEST.

В зависимости от выбранной функции можно отображать или изменять следующие параметры:

Функция	Параметр	Диапазон настройки	Замечания
R _E 3pole и R _E 4pole	U _{ST}		только отображение
	F _{ST}		только отображение
	F _M	(АПЧ/94/105/111/128) Гц	
	U _M	48 В /20 В	до 20 В выбирается при помощи кода (CODE)
	R _K	0,000 Ом...29,99 Ом	только в положении R _E 3pole *
	R _E LIMIT	0,000 Ом...999 кОм	только если активирован при помощи кода (CODE)
	♪ (звуковое предупреждение)	Вкл/Выкл.	только если R _E LIMIT активировано при помощи кода (CODE)
	R*	Вкл/Выкл.	только если активирована при помощи кода (CODE)
R _E	U _{ST}		только отображение
	F _{ST}		только отображение

Тестер сопротивления заземления

Описание элементов дисплея

	U_M	48 В /20 В	до 20 В выбирается при помощи кода (CODE)
и RE 4pole 	R_K	0,000 Ом...29,99 Ом	только в положении R_E 3pole *
	I (отношение)	80...1200	только отображение
	R_E LIMIT	0,000 Ом...999 кОм	только если активировано при помощи кода (CODE)
	 (звуковое предупреждение)	Вкл/Выкл.	только если R_E LIMIT активирована при помощи кода (CODE)
	R^*	Вкл/Выкл.	только если активирована при помощи кода (CODE)

* (см. раздел «Компенсация соединительного провода заземляющего электрода»)

Функция	Параметр	Диапазон настройки	Замечания
$R \sim$	U_{ST}		только отображение
	F_{ST}		только отображение
	F_M	(АПЧ/94/105/111/128) Гц	
	R_K	0,000 Ом...29,99 Ом	
	$R \sim$ LIMIT	0,000 Ом...999 кОм	только если активирована при помощи кода (CODE)
	 (звуковое предупреждение)	Вкл/Выкл.	только если $R \sim$ LIMIT активирована при помощи кода (CODE)
	R^*	Вкл/Выкл.	только если активирована при помощи кода (CODE)
$R \equiv$ 2pole и 4pole	U_{ST}		только отображение
	F_{ST}		только отображение
	R_K	0,000 Ом...29,99 Ом	
	R_E LIMIT	0,000 Ом...9,99 кОм	только если активирована при помощи кода (CODE)
	 (звуковое предупреждение)	Вкл/Выкл.	только если R LIMIT активировано при помощи кода (CODE)

Режим измерения

Этот режим включается при помощи кнопки START TEST. После того как кнопка START TEST будет отпущена, на дисплее останется последнее измеренное значение. Повторно нажимая кнопку DISPLAY MENU можно воспроизвести все дополнительные значения. Если измеренное значение выходит за установленные пределы, на дисплее также может отображаться значение предела (при помощи кнопки DISPLAY MENU). В этом случае измеренное значение будет отображаться вместе с мигающей индикацией «LIMIT/ПРЕДЕЛ», в то время как предельное значение будет отображаться с немигающей индикацией «LIMIT/ПРЕДЕЛ».

В режиме измерения параметры изменить нельзя.

Дополнительные возможности работы кнопок:

Звуковое предупреждение (🎵) отменяется при помощи кнопки DISPLAY MENU (с переключением дисплея) или CHANGE ITEM или SELECT (без переключения дисплея).

Проверка правильного подключения соединений для измерения (Расположение разъемов)

В зависимости от выбранного вида измерений прибор автоматически выполняет проверку правильности использования входных разъемов.

В соответствии с рисунком 4 определенному разъему присваиваются символы дисплея (E) (ES) (S) (H) и .

В зависимости от отображаемых символов по следующим признакам можно сделать вывод о правильности подключения провода:

- Разъемы подключены неправильно (либо, по ошибке, не подключены): соответствующий символ будет мигать.
- Разъемы подключены правильно: соответствующий символ отображается не мигая
- Разъем не подключен: соответствующий символ пустой

Проверка безопасности при измерениях

Перед каждым измерением прибор автоматически проверяет условия измерения и, одновременно отображая вид ошибки, не позволяет начать измерение при следующих условиях:

- Превышение напряжения на разъемах (>24 В в режиме RE и R~; >3 В в режиме R \equiv)
- Неправильное или неполное подключение
- Проблемы в режиме измерения (дисплей «E1 ... E5»). См. описание дисплея в разделе «Процедура измерений».
- Напряжение батареи слишком низкое (отображается индикация LO-BAT)

Измерение напряжения и частоты помех

Эта функция измерения определяет возможные напряжения помех и их частоты. Функция автоматически активируется при каждой смене положения перед измерением сопротивления или сопротивления заземления. Если превышаются установленные предельные значения, напряжение помехи отображается как слишком высокое и измерение автоматически блокируется. Частота напряжения помехи измеряется, только если уровень этого напряжения выше 1 В. См. рисунок 7.

Установите поворотный переключатель в нужное положение, снимите показания измеренного значения напряжения помех, измеренное значение частоты помех отображается при помощи кнопки DISPLAY.

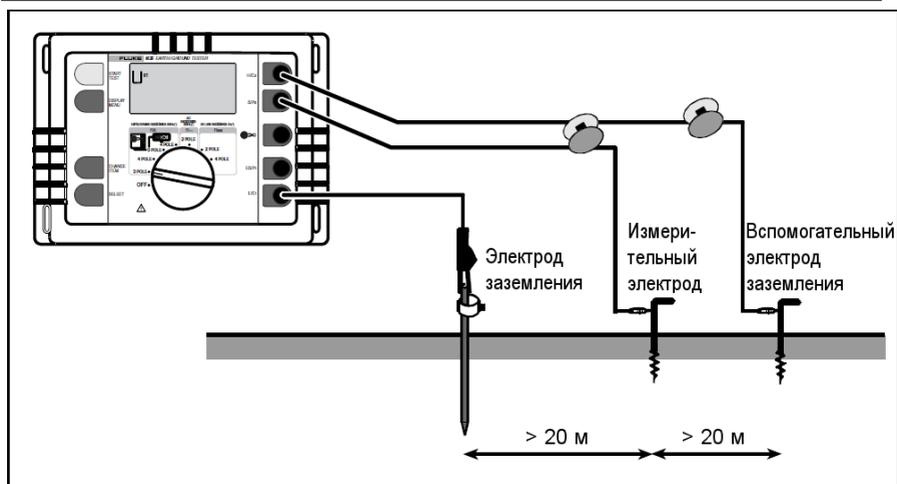


Рисунок 7. Измерение напряжения и частоты помех

Измерение сопротивления заземления

Данный прибор позволяет выполнять измерение сопротивления как с помощью трех электродов, так и с помощью четырех электродов, что делает возможным измерение сопротивления систем заземления, а также измерение удельного сопротивления почвы геологических пластов. Далее приводится конкретное описание различных применений. В качестве специальной функции прибор предлагает измерение с использованием внешнего трансформатора тока, который позволяет измерять сопротивление отдельных контуров в многоэлементных системах (молинезащита и высоковольтные опоры с подземной прокладкой кабелей) без отключения их от системы.

Для гарантии подавления возможных помех во время измерения, данный прибор имеет четыре частоты измерения (94 Гц, 105 Гц, 111 Гц, 128 Гц), с функцией автоматического переключения в случае необходимости (АПЧ – автоматическая подстройка частоты). Соответствующую частоту измерения, используемую для конкретного измерения, можно вызвать на дисплей при помощи кнопки DISPLAY MENU после измерения. Помимо этого, в определенных случаях одно из четырех значений частоты измерения можно выбрать и установить в качестве постоянного значения. В этом случае, чтобы стабилизировать показания на дисплее, можно выполнить измерение среднего значения, удерживая кнопку START TEST в нажатом положении. Это займет 1 минуту.

Чтобы определить полное сопротивление заземления (R^*), выполняется измерение с частотой, близкой к частоте сети электропитания (55 Гц). При включении функции R^* посредством ввода кода пользователя эта частота измерения активируется автоматически.

Чтобы уберечь прибор от повреждения интеллектуальных функций во время транспортировки, все такие специальные функции, как ввод пределов, программирование зуммера, измерение полного сопротивления заземления (R^*) и т.д., на время транспортировки не активируются. Они активируются при помощи индивидуального кода пользователя (см. раздел «Изменение всех предварительно установленных данных при помощи индивидуального кода»). См. рисунок 8.

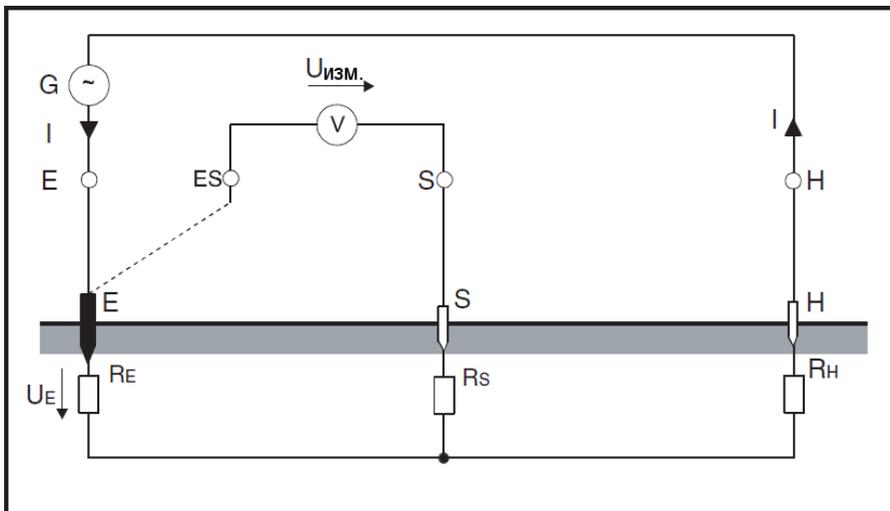


Рисунок 8. Измерение сопротивления заземления – методика

Измерение сопротивления заземления с помощью 3-х или 4-х электродов

Эта функция позволяет измерить заземление и сопротивление поглощению тока отдельных заземляющих электродов, заземляющих электродов фундамента и других систем заземления, используя два электрода заземления. См. рисунок 9.

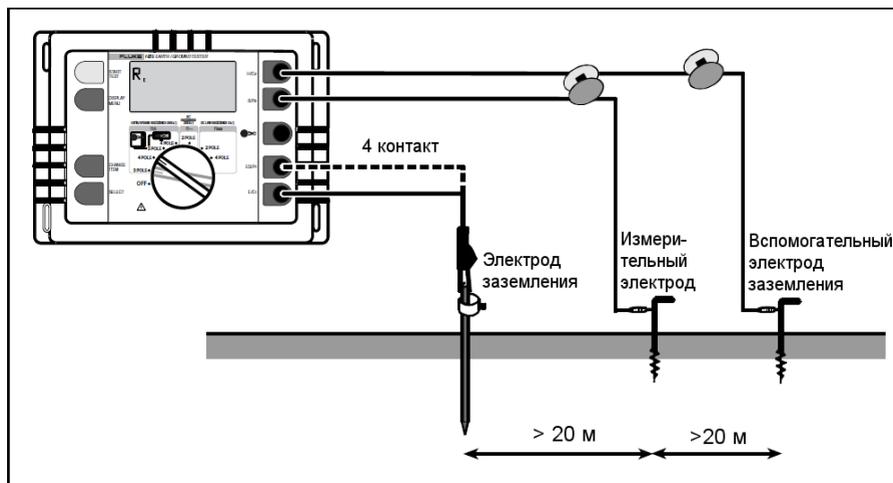


Рисунок 9. 3-х/4-х полюсный метод измерения сопротивления заземления – Процесс

1. Установите поворотный переключатель в положение « R_E 3pole» или « R_E 4pole»

Прибор следует подключать в соответствии с рисунком и замечаниями на дисплее.

Мигающие символы разъемов E ES S H или DC указывают на неправильное или неполное соединение измерительного провода.

2. Нажмите кнопку START TEST

Теперь выполняется полностью автоматизированная последовательность измерения всех соответствующих параметров: сопротивление вспомогательного заземляющего электрода, зонда и заземляющих электродов, которое завершается отображением результата измерения R_E .

3. Посмотрите измеренное значение R_E

При помощи кнопки DISPLAY MENU воспроизведите значение R_S и R_H .

Замечания по установке электродов заземления:

Перед установкой электродов заземления для зонда и вспомогательного заземляющего электрода убедитесь, что зонд установлен за пределами зоны градиента потенциала электрода заземления и вспомогательного заземляющего электрода (см. также раздел «Влияние зон градиента потенциала на измерение сопротивления заземления»). Этого можно достичь, располагая заземляющий электрод и электроды заземления, а также электроды заземления между собой на расстоянии $> 20 \text{ м}$ друг от друга.

Проверка точности результатов измерения выполняется при помощи дополнительных измерений путем изменения положения вспомогательного заземляющего электрода или зонда. Если значение остается таким же, расстояние достаточное. Если измеренное значение изменится, положение зонда или вспомогательного заземляющего электрода необходимо изменять, пока измеренное значение R_E не будет оставаться постоянным.

Провода заземляющих электродов не должны располагаться слишком близко друг к другу.

Измерение 3-штыревым методом с более длинными соединительными проводами электродов заземления

В качестве соединительного провода электрода заземления используйте один из кабельных барабанов, который идет в комплекте. Размотайте кабель полностью и выполните компенсацию сопротивления провода, как описано в разделе «Компенсация соединительного провода электрода заземления».

Измерение с усреднением по времени:

Если после проведения измерений на дисплее появится предупреждение «measured value unstable/измеренное значение нестабильно» (см. раздел «Процедура измерения», «Описание дисплея»), скорее всего это вызвано сильными помехами (например, нестабильное напряжение шума). Поэтому, чтобы получить стабильные значения, прибор предлагает функцию усреднения в течение продолжительного периода.

1. Выберите фиксированную частоту (см. раздел «Режим управления» в разделе «Работа»)
2. Нажмите и удерживайте кнопку START TEST, пока предупреждение «measured value unstable/измеренное значение нестабильно» не исчезнет с экрана. Максимальное время усреднения составляет приблизительно 1 минуту.

Оценка измеренного значения:

На рисунке 10 показано максимально допустимое значение сопротивления заземления, которое не будет превышать допустимое предельное значение, учитывая максимальную погрешность из-за неправильного использования.

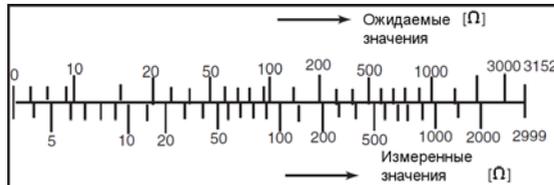


Рисунок 10. Сопротивление заземления – Максимально допустимое значение

Измерение сопротивления отдельных электродов заземления в многоэлементных системах заземления с использованием выборочного метода измерения при помощи измерительных клещей

Такой метод измерения создан для измерения отдельных электродов заземления в постоянно подключенных или объединенных управляемых системах (например, система молниезащиты с несколькими электродами или высоковольтные опоры с подземной прокладкой кабелей и т.д.). Измеряя фактический ток, протекающий через электрод заземления, этот специальный метод измерения обеспечивает уникальную возможность выборочного измерения только конкретного сопротивления при помощи трансформатора клещевого типа (принадлежность). Другие параллельные сопротивления не учитываются и не влияют на результат измерения.

Таким образом, больше нет необходимости отключать электрод заземления перед измерением.

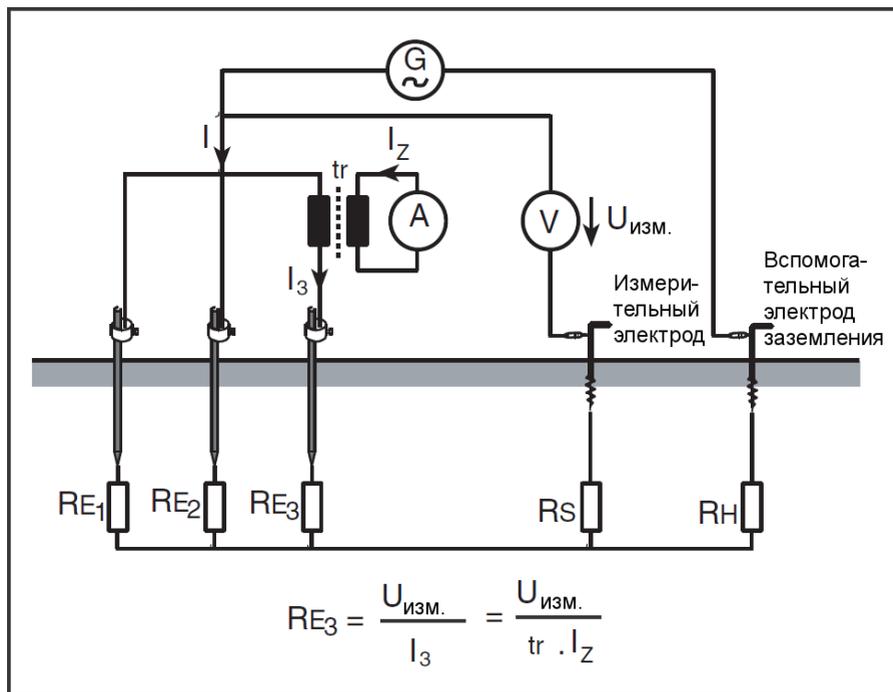


Рисунок 11. Измерение сопротивления отдельных электродов заземления в многоэлементных системах заземления

Погрешности трансформатора тока можно скорректировать в соответствии с инструкциями в разделе «Корректировка погрешности трансформатора клещевого типа».

3-х/4-х-полюсный метод измерения сопротивления отдельных электродов заземления

См. рисунок 12.

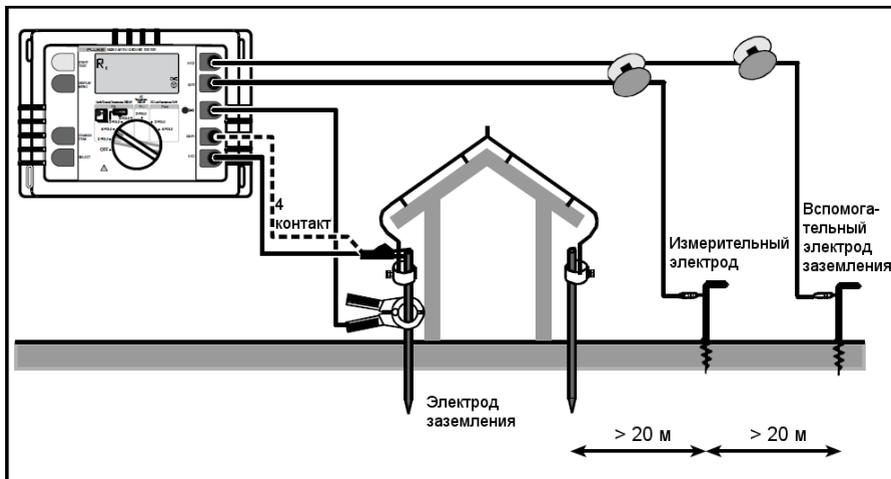


Рисунок 12. 3-х/4-х-полюсный метод измерения сопротивления отдельных электродов заземления

Установите поворотный переключатель в положение « R_E 3pole» или « R_E 4pole».

Прибор следует подключать в соответствии с рисунком и указаниями на дисплее.

Мигание символов E ES S H или R_E указывает на неправильное или неполное подключение измерительного провода.

Прикрепите трансформатор клещевого типа к измеряемому электроду заземления.

Убедитесь, что коэффициент трансформации трансформатора, установленный в приборе, соответствует используемому трансформатору. Если необходимо, измените настройки (см. «Изменение всех настроек данных при помощи персонализированного кода»)

Примечание

Коэффициент трансформации, установленный на заводе, соответствует измерительным клещам E1162X.

Нажмите кнопку START TEST.

Теперь прибор выполнит полностью автоматизированную последовательность измерений всех соответствующих параметров сопротивления вспомогательного заземляющего электрода, зонда и электродов заземления, которая завершится отображением результата R_E .

1. Посмотрите измеренное значение R_E
2. При помощи кнопки DISPLAY MENU вызовите значения R_S и R_N .

Указания по установке электродов заземления

Перед установкой электродов заземления, для зонда и вспомогательного заземляющего электрода убедитесь, что зонд установлен за пределами зоны градиента потенциала заземляющего электрода и вспомогательного заземляющего электрода (см. также п. 12.5). Для этого обычно между заземляющим электродом и штырями заземления, а также между штырями заземления должно быть расстояние больше 20 м. Проверить точность результатов измерения можно при помощи дополнительного измерения. Для этого необходимо изменить положение вспомогательного заземляющего электрода или зонда. Если значение осталось без изменений, расстояние достаточное.

Если измеренное значение изменилось, зонд или вспомогательный заземляющий электрод необходимо переставлять, пока значение R_E не будет постоянным.

Провода от электродов не следует располагать слишком близко друг к другу.

3-х-полюсный метод измерения при помощи более длинных соединительных проводов заземляющих электродов

В качестве соединительного провода заземляющего электрода используйте один из кабельных барабанов.

Полностью размотайте кабель и выполните компенсацию сопротивления провода как описано в разделе «Компенсация сопротивления соединительного провода заземляющего электрода».

Измерение с усреднением по времени

Если после серии измерений на дисплее появится предупреждение «measured value unstable/измеренное значение нестабильно» (см. раздел «Описание дисплеев», «Процедура измерений»), скорее всего это вызвано сильными помехами (например, нестабильное напряжение шума). Тем не менее, чтобы

получить надежные значения, прибор позволяет выполнять усреднение значений за более продолжительный период.

1. Выберите фиксированную частоту (см. раздел «Режим управления», «Работа»)
2. Нажмите и удерживайте кнопку START TEST, пока сообщение «measured value unstable/измеренное значение нестабильно» не исчезнет с экрана. Макс. время усреднения составляет прибрл. 1 мин.

Измерение на высоковольтных опорах

Измерение сопротивления заземления при помощи выборочного метода измерения клещами без отключения воздушного провода заземления

Для измерения сопротивления заземления отдельной высоковольтной опоры обычно требуется отключение воздушного провода заземления или отделение системы заземления от конструкции опоры. В противном случае, из-за параллельной цепи через другие опоры, соединенные друг с другом с помощью воздушного провода заземления, может произойти неправильное измерение сопротивления заземляющего электрода опоры.

Новый метод измерения, использованный в настоящем руководстве – при помощи внешнего трансформатора тока для измерения действительного тока, протекающего через заземляющий электрод – позволяет измерять сопротивление заземляющего электрода без отключения системы заземления или отсоединения воздушного провода заземления.

Так как все четыре стойки опоры соединены с ее заземленным фундаментом, то в соответствии с имеющимися сопротивлениями измерительный ток I_{meas} делится на пять составляющих.

Одна часть проходит через конструкцию опоры в воздушный заземляющий провод и дальше в параллельно подключенные сопротивления заземления опор.

Другие четыре составляющие тока ($I_1... I_4$) проходят через отдельные стойки опоры.

Сложение всех токов дает в результате ток I_E , который проходит через сопротивление заземления, т.е. сопротивление «составного» заземляющего электрода на грунт.

Если трансформатор тока по очереди подключать к каждой стойке опоры, будет происходить измерение четырех значений сопротивления, величина которых будет обратно пропорциональна соответствующим составляющим тока $I_1...I_4$. Чтобы избежать изменения в распределении тока, точка возбуждения испытательного тока должна оставаться неизменной.

Соответственно, эти эквивалентные сопротивления будут рассчитываться следующим образом:

$$R_{Ei} = \frac{U_{\text{изм.}}}{I_i}$$

Таким образом, сопротивление заземления R_E опоры рассчитывается как сопротивление включенных параллельно отдельных эквивалентных сопротивлений:

$$R_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{E1}} + \frac{1}{R_{E2}} + \frac{1}{R_{E3}} + \frac{1}{R_{E4}}}$$

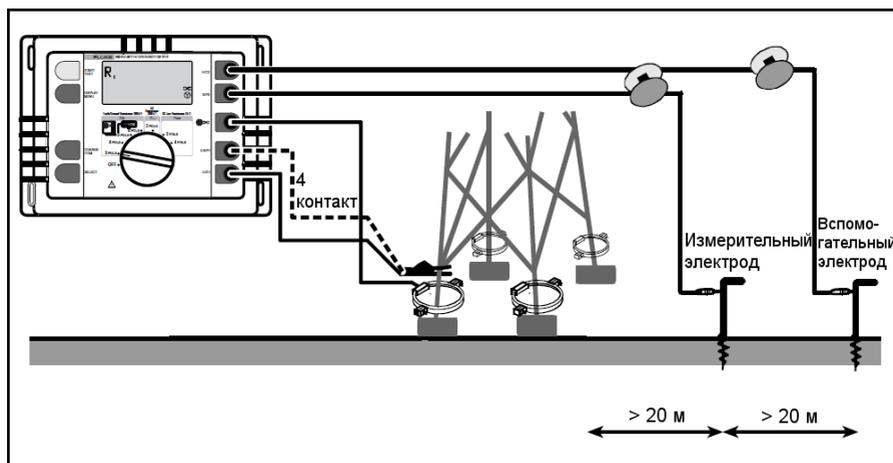


Рисунок 13. Измерение сопротивления заземления без отключения воздушного провода заземления

1. Установите поворотный переключатель в положение « $\text{>C } R_E \text{ 3pole}$ » или « $\text{>C } R_E \text{ 4pole}$ ». Прибор следует подключать как показано на рисунке и следуя указаниям на дисплее.

Мигание символов E ES S H или >C указывает на неправильное или неполное подключение измерительного провода.

2. Подключите трансформатор тока к стойке опоры. Убедитесь, что коэффициент трансформации трансформатора, установленный в приборе, соответствует используемому трансформатору. Если необходимо, измените настройки (см. «Изменение всех настроек данных при помощи личного кода»)

3. Нажмите кнопку START TEST
Теперь прибор выполнит полностью автоматизированную последовательность измерений всех соответствующих параметров сопротивления вспомогательного заземляющего электрода, зонда и электродов заземления, которая завершится отображением результата R_E .
4. Посмотрите измеренное значение R_E
5. При помощи кнопки DISPLAY MENU вызовите значение R_S и R_H

Указания по установке электродов заземления

Перед установкой электродов заземления и для зонда и вспомогательного заземляющего электрода убедитесь, что зонд установлен за пределами зоны градиента потенциала заземляющего электрода и вспомогательного заземляющего электрода (см. также п. 12.5). Для этого обычно между заземляющим электродом и штырями заземления, а также между штырями заземления должно быть расстояние больше 20 м. Проверить точность результатов измерения можно при помощи другого измерения. Для этого необходимо изменить положение вспомогательного заземляющего электрода или зонда. Если значение осталось без изменений, расстояние достаточное.

Если измеренное значение изменилось, зонд или вспомогательный заземляющий электрод необходимо переставлять, пока значение R_E не будет постоянным. Провода от электродов не следует располагать слишком близко друг к другу.

1. Подключите трансформатор тока к следующей стойке опоры.
2. Повторите измерение.

Точка подачи испытательного тока (зажим типа «крокодил») и полярность трансформатора тока с разделяемым сердечником должны оставаться неизменными.

После получения значений измерения сопротивления R_{Ei} всех стоек опоры, следует вычислить фактическое сопротивление заземления R_E :

$$R_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{E1}} + \frac{1}{R_{E2}} + \frac{1}{R_{E3}} + \frac{1}{R_{E4}}}$$

Примечание

Если, несмотря на правильное расположение трансформатора тока, отображаемое значение R_E является отрицательным, часть измерительного тока уходит вверх в тело опоры. Если отдельные значения эквивалентного сопротивления (при соблюдении полярности) вставить в формулу, приведенную

выше, сопротивление заземления, вступающее в силу таким образом, будет вычисляться правильно.

Измерение с усреднением по времени

Если после серии измерений на дисплее появится предупреждение «measured value unstable/измеренное значение нестабильно» (см. раздел «Описание дисплеев», «Процедура измерений»), скорее всего это вызвано сильными помехами (например, нестабильное напряжение шума).

Однако, для получения надежных показаний, прибор позволяет выполнять усреднение значений за более продолжительный период.

Выберите фиксированную частоту (см. раздел «Режим управления», «Работа»)

Нажмите и удерживайте кнопку START TEST, пока сообщение «measured value unstable/измеренное значение нестабильно» не исчезнет с экрана. Макс. время усреднения составляет прикл. 1 мин.

Измерение полного сопротивления заземления на частоте 55 Гц (R*)

Для вычисления токов короткого замыкания на электростанциях очень важно знать суммарное полное сопротивление заземления. Прямое измерение возможно при следующих условиях:

Угол сдвига фаз при 50 Гц: $30^\circ \dots 60^\circ$, за счет индуктивности вспомогательный заземляющий электрод $>100 \cdot Z_E$ (омический):

Процесс измерения:

Измерение полного сопротивления заземления (R*) возможно только при активации этой функции путем ввода личного кода пользователя (см. раздел «Изменение данных настроек при помощи личного кода»). Если эта функция измерения включена, при каждом измерении четырех положений RE вначале будет отображаться значение полного сопротивления заземления R*, а затем уже остальные измеренные значения.

Корректировка погрешностей трансформатора клещевого типа

Если в результате измерения сопротивления заземления с помощью трансформатора клещевого типа измеренное значение существенно отличается, как будто измерение выполнялось без клещей, причиной отклонения могут быть допуски трансформатора тока клещевого типа. Эту погрешность можно исправить путем точной подстройки коэффициента трансформации трансформатора клещевого типа (начальная настройка 1000:1). Данная поправка применяется к диапазону тока трансформатора, на

котором произошло отклонение. Для других диапазонов может понадобиться другая поправка.

1. Подключите низкоомный резистор (прибл. 1 Ом – в нужном диапазоне) как показано на рисунке ниже.

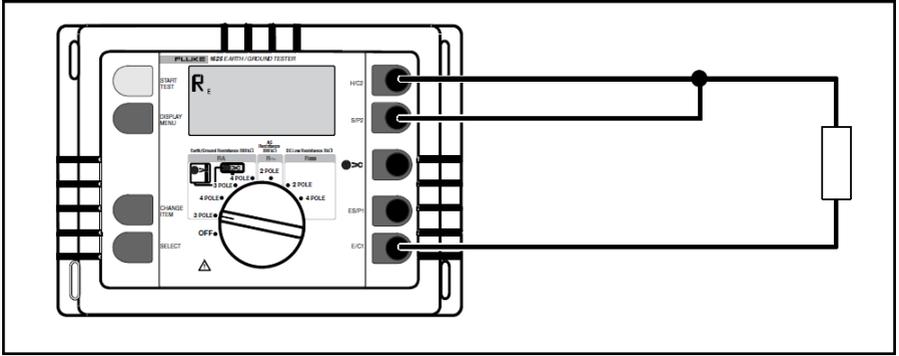
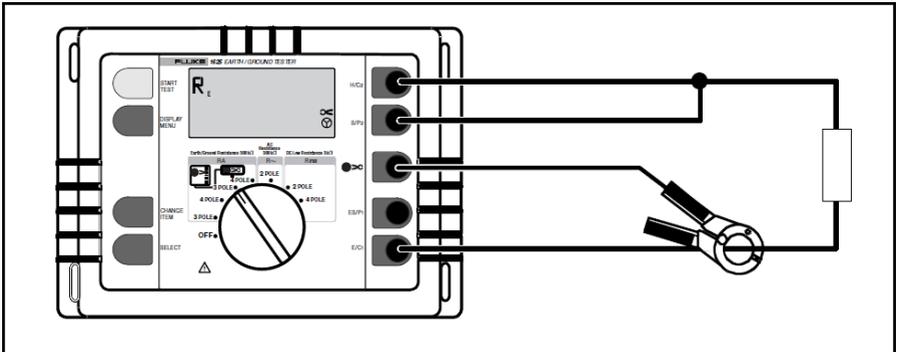


Рисунок 14. Корректировка погрешностей трансформатора клещевого типа

2. Установите поворотный переключатель в положение « ∞ R_E 3pole».
3. Нажмите кнопку START TEST и посмотрите значение R_E.
4. Подключите клещи-трансформатор.



5. Установите поворотный переключатель в положение « ∞ R_E 3pole».
6. Еще раз нажмите кнопку START TEST.

Если значение R_E, измеренное таким образом, отклоняется от значения R_E, полученного без использования клещей-трансформатора, больше чем на 5%, соответствующим образом отрегулируйте коэффициент трансформации клещей-трансформатора (tr):

$$tr_{\text{новый}} = tr_{\text{старый}} \times \frac{R_E(\text{склещами} - \text{трансформатором})}{R_E(\text{безклещей} - \text{трансформатора})}$$

Пример:

Коэффициент трансформации ваших клещей-трансформатора составляет $tr = 1000:1$. Измерение без использования трансформатора дает значение $R_E = 0,983 \text{ Ом}$. С использованием трансформатора измеряется значение $R_E = 1,175 \text{ Ом}$.

Таким образом, отклонение составляет $(1,175 - 0,983) \text{ Ом} = +0,192 \text{ Ом}$ и относительно $R_E = 0,983 \text{ Ом}$ погрешность рассчитывается следующим образом:

$$100\% \times \frac{0,192 \text{ Ом}}{0,983 \text{ Ом}} = +19,5\%$$

Новый коэффициент трансформации вычисляется следующим образом:

$$tr_{\text{новый}} = 1000 \times \frac{1,175}{0,983} = 1195$$

Компенсация сопротивления соединительного провода заземляющего электрода

Если сопротивление провода, подключенного к заземляющему электроду, нельзя игнорировать, можно выполнить компенсацию сопротивления этого соединительного провода. Выполните следующее:

Процесс измерения:

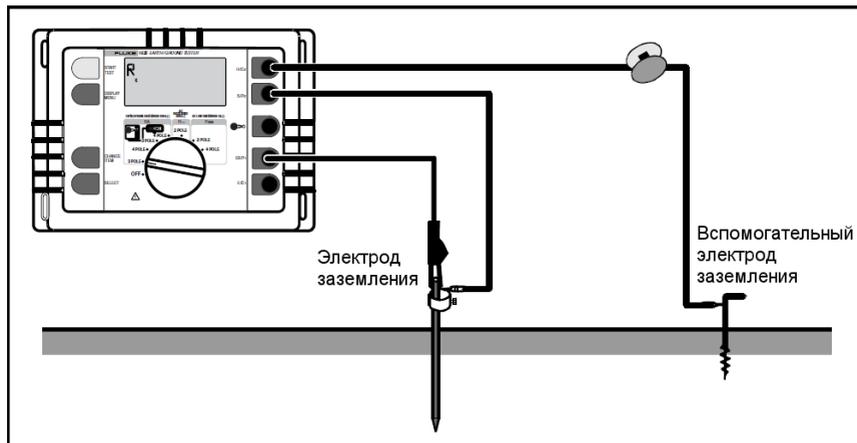


Рисунок 15. Компенсация сопротивления соединительного провода заземляющего электрода

1. Установите поворотный переключатель в положение «RE 3pole».

2. Выполните подключение проводов в соответствии с рисунком.
3. При помощи кнопки DISPLAY MENU вызовите значение R_K .
4. Используя кнопку START TEST, выполните компенсацию.

Значение сопротивления компенсации отображается, только пока нажата кнопка START TEST. После того как вы отпустите кнопку, измеренное значение будет сохранено и прибор вернется к стандартным настройкам, установленным в начале измерения, чтобы при последующем нажатии кнопки START TEST продолжить измерение сопротивления заземления. После этого значение R_K будет вычитаться из текущего измеренного значения.

Если значение компенсации необходимо обнулить (0,000 Ом), следует выполнить процедуру компенсации с отключенным измерительным проводом или изменить положение переключателя и вернуть обратно.

Измерение удельного сопротивления почвы

Удельное сопротивление почвы – это геологическая и физическая величина для вычисления и проектирования систем заземления. Процедура измерения, показанная ниже, использует метод, разработанный Вернером (Ф.Вернер, Метод измерения удельного сопротивления почвы; Bull. Национальное Бюро Стандартов, Бюллетень 12 (4), Лист 258, S 478-496; 1915/16).

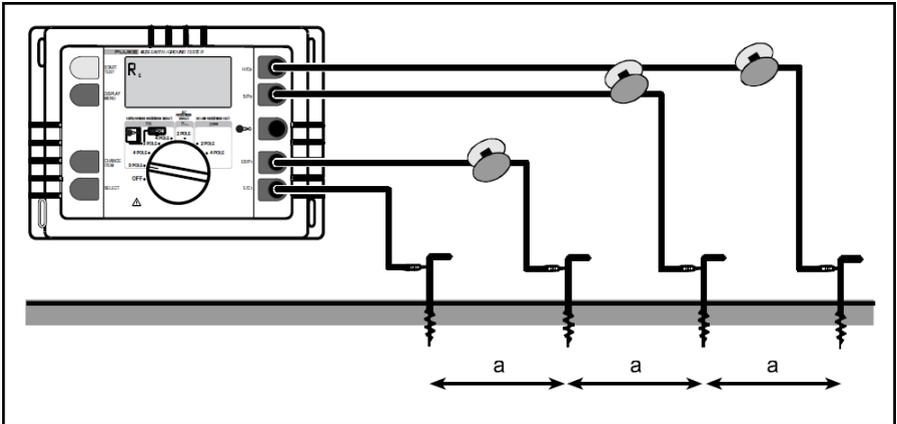


Рисунок 16. Измерение удельного сопротивления почвы

1. Четыре заземляющих штыря одинаковой длины втыкаются в землю на одной линии на одинаковом расстоянии «а» друг от друга. Штыри не следует забивать глубже, чем на 1/3 от значения расстояния «а».
2. Установите поворотный переключатель в положение «R_E 4pole».

Прибор следует подключать как показано на рисунке и в соответствии с указаниями на дисплее.

Мигание символов     или  указывает на неправильное или неполное подключение измерительного провода.

3. Нажмите кнопку START TEST.
4. Посмотрите значение R_E.

Удельное сопротивление земли вычисляется из отображаемого значения сопротивления R_E по следующей формуле:

$$\rho_E = 2\pi \cdot a \cdot R_E$$

ρ_E среднее значение удельного сопротивления земли (Ом м)

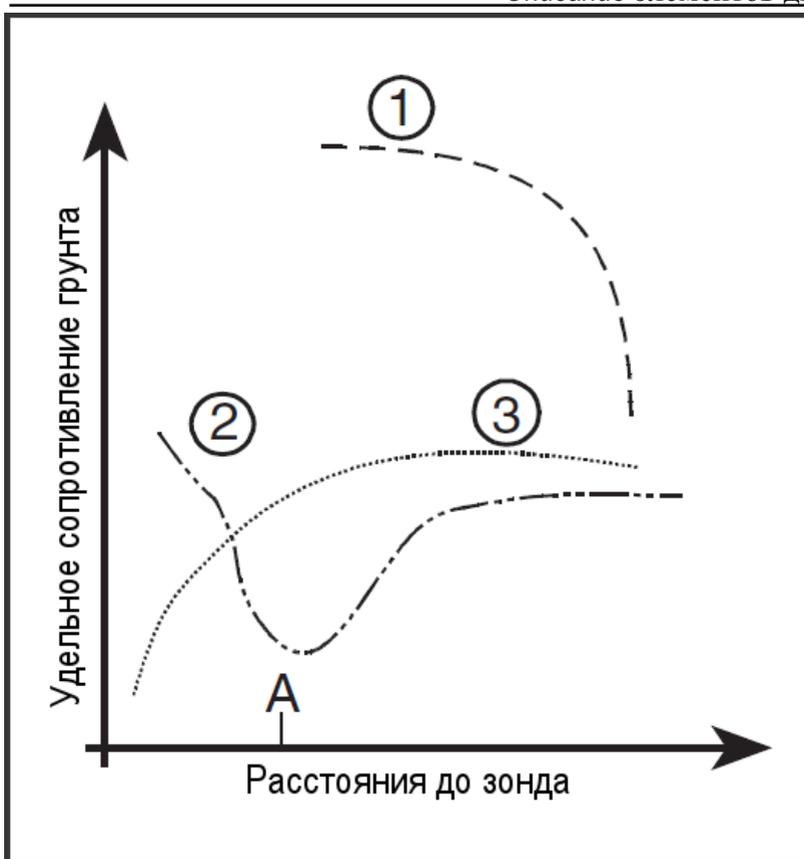
R_E измеренное сопротивление (Ом)

a расстояние до зонда (м)

Метод измерения Вернера позволяет определить удельное сопротивление земли на глубину равную приблизительно значению расстояния «а» между двумя штырями заземления. Увеличивая значение «а», можно измерить слой земли большей толщины и проверить его однородность. Изменяя значение «а» несколько раз, можно измерить профиль, по которому можно определить наиболее подходящий заземляющий электрод.

В зависимости от необходимой глубины измерения значение «а» выбирается от 2 м до 30 м.

По результатам измерений строятся кривые, как показано на графике ниже.

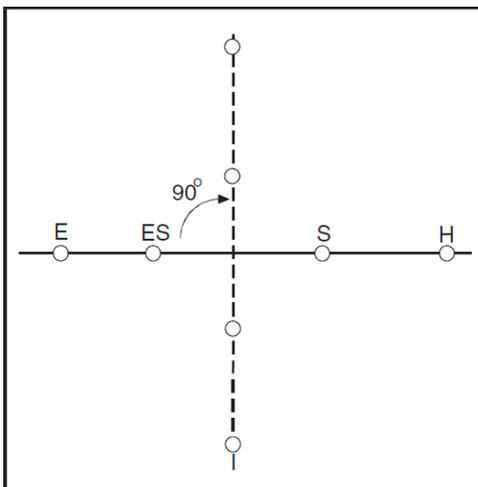


Кривая 1: Когда ρ_E уменьшается только с увеличением глубины, рекомендуется глубинный заземляющий электрод

Кривая 2: Когда ρ_E уменьшается только до точки A, увеличение глубины дальше точки A не улучшит значений.

Кривая 3: С увеличением глубины значение ρ_E не уменьшается: рекомендуется использовать электрод из ленточного проводника.

Так как результаты измерения часто искажаются из-за влияния кусков металла под землей, подземных вод и т.д., всегда рекомендуется выполнять второе измерение, при котором ось расположения штырей поворачивается на 90° (см. рисунок).



Измерение сопротивлений

Измерение сопротивления ($R\sim$)

Эта функция измерения определяет активное сопротивление в диапазоне 0,001 Ом...300 кОм. Измерение выполняется при помощи напряжения переменного тока. Для измерения очень низких сопротивлений предлагается функция компенсации сопротивления соединительных проводов (см. раздел «Компенсация сопротивления измерительного провода»).

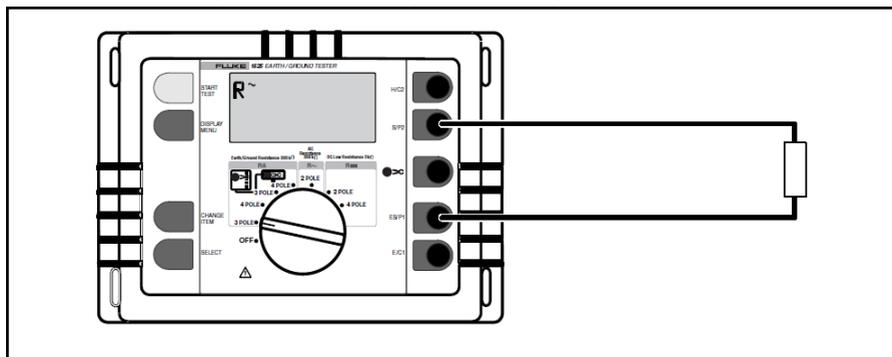


Рисунок 17. Измерение сопротивления ($R\sim$)

1. Установите поворотный переключатель в положение « $R\sim$ ».

3. Подключите прибор, как показано на рисунке.
4. В данном режиме при помощи кнопки DISPLAY MENU можно воспроизвести все доступные настройки значения пределов (LIMIT) и установить частоту измерения.
5. Нажмите кнопку START TEST.
6. Посмотрите измеренное значение.

Измерение сопротивления (R_{\square})

В этом режиме измерения при помощи напряжения постоянного тока и функции автоматического изменения полярности (по стандарту EN61557-5) можно измерять сопротивление в диапазоне от 0,001 Ом до 3 кОм.

Для достижения максимальной точности измерения допускается измерение с помощью четырех электродов (4-полюсным методом). Для уравнивания удлинительного провода следует выполнять компенсацию его сопротивления.

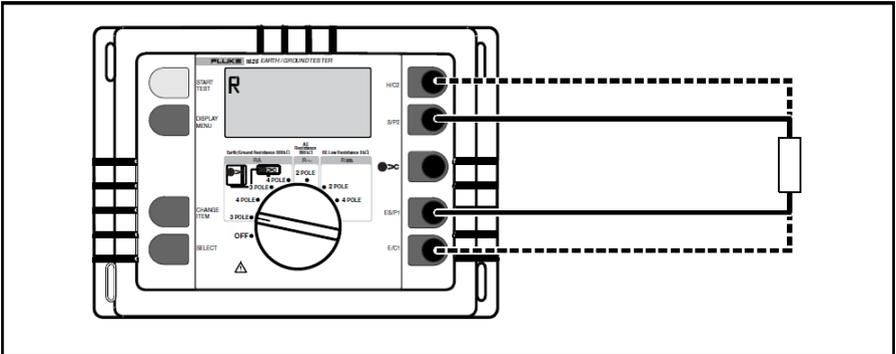


Рисунок 18. Измерение сопротивления (R_{\square})

1. Подключите прибор, как показано на рисунке.
2. Установите поворотный переключатель в положение « R_{\square} ».
3. В этом режиме при помощи кнопки DISPLAY MENU можно воспроизвести все доступные настройки и предельные значения (LIMIT).

⚠ Внимание

Перед началом измерения отключите установку или проверяемое устройство от источников питания! Если внешнее напряжение будет больше 3 В, измерение не начнется.

⚠ Внимание

Из-за большого тока измерения во время отключения от измеряемой цепи индуктивные нагрузки могут создавать опасные для жизни наведённые напряжения.

4. При помощи кнопки START TEST запустите процесс измерения. Вначале при помощи положительного напряжения измеряется сопротивление «R1» на разъеме «E». После того как кнопка START TEST будет отпущена, прибор при помощи отрицательного напряжения измерит сопротивление «R2» на разъеме «E». Соответственно вначале будет отображаться более высокое измеренное значение.
5. Второе измеренное значение можно воспроизвести при помощи кнопки DISPLAY MENU. Если установленное предельное значение (R LIMIT) превышено, значение предела также может отображаться на экране.

Оценка измеренного значения:

Учитывая максимальную эксплуатационную погрешность, на схемах показаны максимально допустимые значения на дисплее, которые не превышают требуемое значение сопротивления.

Диапазон измерения 29, 99 ... 299, 9 ... 2999 Ом

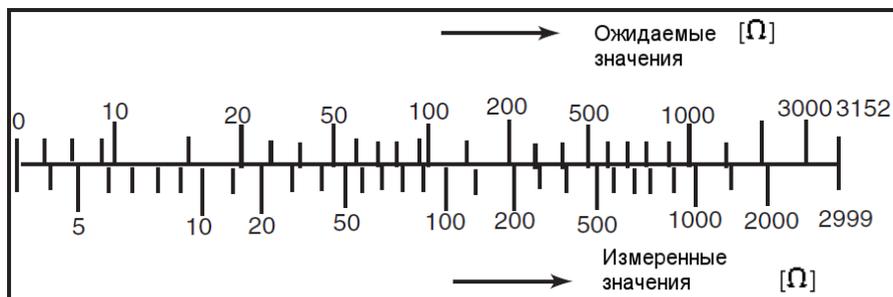


Рисунок 19. Оценка измеренного значения

Компенсация сопротивления измерительных проводов

1. При помощи кнопки DISPLAY MENU вызовите на дисплее значение R_K .
2. Закоротите измерительные провода, как показано на рисунке.
3. Нажмите кнопку START TEST. После того как кнопка будет отпущена, значение R_K будет сохранено, а дисплей вернется в режим измерения напряжения. После этого значение R_K будет вычитаться из текущего измеренного значения.

Чтобы обнулить значение компенсации, измените положение поворотного переключателя и вернитесь обратно.

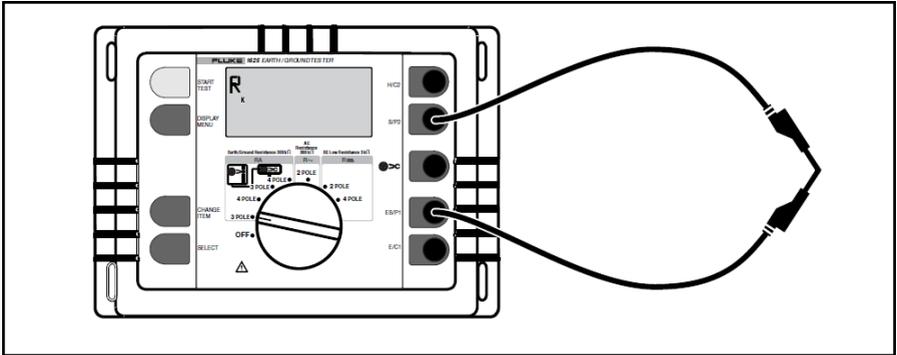


Рисунок 20. Компенсация сопротивления измерительных проводов

Изменение всех настроек данных с помощью личного кода

При помощи данной функции (FM, UM-Limit, Limit, beeper, ratio, R*, F*) можно запрограммировать предельные и заданные значения, которые будут сохранены в памяти прибора, даже если прибор выключить. Это позволяет оператору создавать свою конфигурацию настроек прибора в зависимости от выполняемых задач.

Настройки можно выполнить только для следующих функций:

Функция	Параметр	Диапазон настройки	Стандартная предварительная настройка
R _E 3pole и R _E 4pole	F _M	(АПЧ/94/105/111/128) Гц	АПЧ
	U _M	48 В/20 В	48 В
	R _K	0,000 Ом...29,99 Ом	0,000 Ом
	LIMIT	Вкл./Выкл. (On/Off)	Выкл. (Off)
	R _E LIMIT	0.000 Ом...999 кОм	999 кОм
	 (предупреждающий сигнал)	Вкл./Выкл. (On/Off)	Выкл. (Off)
	R*	Вкл./Выкл. (On/Off)	Выкл. (Off)
R _E 3pole  и R _E 4pole 	F _M	(АПЧ/94/105/111/128) Гц	АПЧ
	U _M	48 В/20 В	48 В
	R _K	0,000 Ом...29,99 Ом	0,000 Ом
	I (коэффициент)	80...1200	1000
	LIMIT	Вкл./Выкл. (On/Off)	Выкл. (Off)
	R _E LIMIT	0,000 Ом...999 кОм	999 кОм
	 (предупреждающий сигнал)	Вкл./Выкл. (On/Off)	Выкл. (Off)
	R*	Вкл./Выкл. (On/Off)	Выкл. (Off)
R~	F _M	(АПЧ/94/105/111/128) Гц	АПЧ
	R _K	0,000 Ом...29,99 Ом	0,000 Ом
	LIMIT	Вкл./Выкл. (On/Off)	Выкл. (Off)
	R~ LIMIT	0,000 Ом...999 кОм	999 кОм
	 (предупреждающий сигнал)	Вкл./Выкл. (On/Off)	Выкл. (Off)

Тестер сопротивления заземления

Описание элементов дисплея

R _{DC} 2pole и 4pole	R _K	0,000 Ом...29,99 Ом	0,000 Ом
	LIMIT	Вкл./Выкл. (On/Off)	Выкл. (Off)
	R LIMIT	0.000 Ом...9,99 кОм	9,99 кОм
	🎵 (предупреждающий сигнал)	Вкл./Выкл. (On/Off)	Выкл. (Off)

Сохранение кода

1. Нажмите все 4 кнопки одновременно и при помощи центрального переключателя выберите требуемый режим измерения.
На дисплее появится индикация «С _ _ _».
2. Теперь введите код. Можно ввести любое трехзначное число.

Примечание

После введения кода все значения, программируемые позже, можно будет изменять, только введя этот код. Если код задан, его невозможно будет удалить или изменить, не зная это число. Если кто-то запрограммировал код прибора, который вы не знаете, прочитать или удалить его сможет только его автор или производитель прибора. Поэтому укажите свой код здесь.

CODE . . .

3. Код вводится при помощи кнопок CHANGE ITEM и SELECT.
4. Для завершения процедуры ввода нажмите кнопку DISPLAY MENU.
Теперь код сохранен в памяти прибора, а на дисплее появится индикация «С ON».
5. Если этот дисплей подтвердить нажатием кнопки DISPLAY MENU, на экране появится первый параметр выбранной функции измерения и его можно будет изменить при помощи кнопок CHANGE ITEM и SELECT.

6. Измененное значение сохраняется при помощи кнопки DISPLAY MENU.
7. При нажатии кнопки START TEST прибор выйдет из режима программирования настроек.

Примечание

Если предельные значения, необходимые по правилам, изменены неправильно, прибор может выдавать ошибочные показания измерения.

Удаление кода

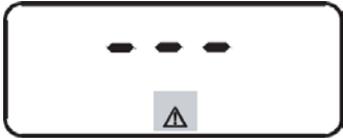
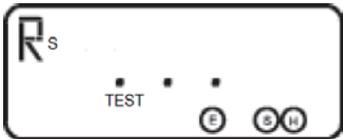
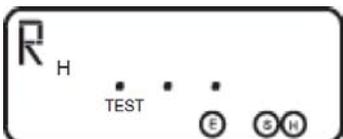
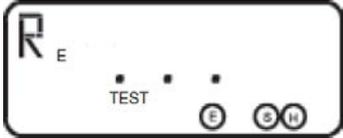
1. Нажмите все 4 кнопки одновременно и при помощи центрального переключателя выберите требуемый режим измерения.
На дисплее появится индикация «C _ _ _».
2. Теперь введите текущий код.
3. Код вводится при помощи кнопок CHANGE ITEM и SELECT. Для завершения процедуры ввода нажмите кнопку DISPLAY MENU.
4. На дисплее появится индикация «C ON». В этом режиме функцию кода можно отключить, нажав кнопку CHANGE ITEM. На дисплее появится индикация «C OFF».
5. Если этот дисплей подтвердить нажатием кнопки DISPLAY MENU, код пользователя и все изменения предельных значений будут удалены. В приборе восстановятся исходные значения по умолчанию.
6. Теперь можно запрограммировать новый код и использовать его для настройки новых параметров.

Описание дисплеев

Таблица 3. Описание дисплеев

Функция	Дисплеи	Условие	Примечание
до запуска		Режим ожидания для уменьшения потребления питания	Поверните поворотный переключатель или нажмите любую кнопку. Все измеренные значения будут сохранены
		Измерительные провода не подключены или подключены неправильно	Кроме функции измерения напряжения все остальные функции будут заблокированы
		Напряжение батарей слишком низкое	Замените батареи.
		Зуммер включен	Звуковое предупреждение превышения предела.

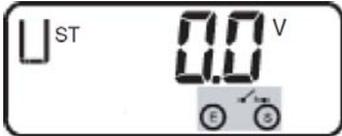
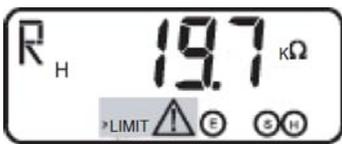
Легенда:  = отображается мигая

Функция	Дисплей	Условие	Примечание
		Опасное напряжение AC > 50 В	Кроме функции измерения напряжения все остальные функции будут заблокированы.
Перед запуском		Поворотный переключатель находится в промежуточном положении	Выберите правильное положение.
После запуска		Измеряется сопротивление пробника	Дождитесь результата измерения.
		Измеряется сопротивление вспомогательного штыря тока.	Дождитесь результата измерения.
		Измеряется сопротивление заземления.	Дождитесь результата измерения.

Легенда:  = отображается мигая

Тестер сопротивления заземления

Описание элементов дисплея

Функция	Дисплеи	Условие	Примечание
		Измерительная цепь заземляющего и вспомогательного заземляющего электрода разъединена.	Проверьте соединение проводов на штырях заземления, измерительный провод может быть поврежден.
		Измерительная цепь заземляющего электрода и электрода пробника разъединена.	Проверьте соединение проводов на штырях заземления, измерительный провод может быть поврежден.
		Макс. допустимая погрешность превышена из-за слишком высокой чувствительности или сопротивления вспомогательного штыря заземления.	Попробуйте смочить землю или подключить параллельно второй вспомогательный штырь заземления.
После запуска		Превышен диапазон измерения.	Измеренное значение больше 300 кОм.

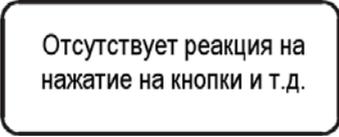
Легенда:  = отображается мигая

Функция	Дисплей	Условие	Примечание
		Дисплей измеренного значения превышает предел.	Измеренное значение больше установленного предельного значения.
		Значение компенсации больше измеренного значения.	Удалите значение компенсации или выключите/включите прибор.
		Неправильная полярность на разъемах E и ES.	Измените полярность.
		Измеренное значение нестабильно.	Нестабильное напряжение шума. Попробуйте измерение с усреднением по времени.
		Ток во внешнем трансформаторе слишком маленький.	Уменьшите сопротивление вспомогательного штыря тока.

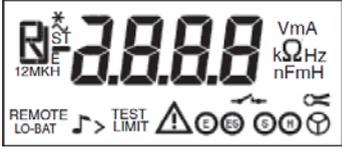
Легенда:  = отображается мигая

Тестер сопротивления заземления

Описание элементов дисплея

Функция	Дисплеи	Условие	Примечание
	 <p style="text-align: center;">Отсутствует реакция на нажатие на кнопки и т.д.</p>	Работает неправильно.	Проверьте батареи. Если проблема не устранилась, включите/выключите прибор, обратитесь в центр обслуживания.
После запуска		Обратное направление токоизмерительных клещей или "upwards" current.	Переверните клещи или см. примечание на стр. 28.
		Контрольная сумма EEPROM неправильная.	
		Сбой аппаратного обеспечения (например, перегрузка по току).	Включите/выключите прибор; Этот символ может появиться при бесштыревом измерении в низкоомных цепях.

Легенда:  = отображается мигая

Функция	Дисплей	Условие	Примечание
		Сбой доступа к памяти EEPROM.	Обратитесь в центр обслуживания.
		Сбой внутренних вычислений.	
		Перегрев.	Хорошо остудите.
		При измерении напряжение батареи уменьшается.	Слишком большое внутреннее сопротивление батарей (износ, низкая температура). Замените батареи, прогрейте прибор.

Легенда:  = отображается мигая

Обслуживание

При правильном обращении данный прибор не требует обслуживания. Для очистки прибора используйте только влажную тряпку, смоченную в мыльной воде или слабом моющем средстве или спирте. Не используйте агрессивные чистящие средства и растворители (трилен, хлоротин и т.д.).

Обслуживание должен выполнять только обученный квалифицированный персонал.

Во время ремонтных работ следует быть осторожным, чтобы не изменить конструктивные параметры прибора и не нарушить его безопасность, чтобы собираемые детали соответствовали оригинальным запчастям и чтобы они устанавливались правильно (заводское состояние).

Предупреждение

Прежде чем приступать к обслуживанию, ремонту или замене деталей прибор необходимо отключить от всех источников напряжения.

Замена батарей

Примечание

С прибором могут использоваться никель-металлгидридные или никель-кадмиевые элементы, но подзаряжать их надо отдельно от прибора. Количество измерений возможных с использованием таких батарей обычно будет отличаться от количества измерений с использованием щелочных батарей.

Данный прибор оснащен шестью батареями 1,5 В IEC RL 6 или AA-типа. Если при нажатии кнопки START включаются все сегменты дисплея (прибор перезагружается, проверка дисплея), или если во время измерения на дисплее появилась индикация «LO-BAT», батареи необходимо заменить, либо аккумуляторы надо подзарядить.

Предупреждение

Перед тем как менять батареи необходимо отключить измерительный кабель и выключить прибор. Затем при помощи отвертки открутите два винта сзади прибора и снимите крышку батарейного отсека. При установке батарей соблюдайте полярность.

Всегда заменяйте весь комплект батарей.

Примечание

Для защиты окружающей среды правильно выполняйте утилизацию батарей.

Повторная калибровка

При отгрузке с завода данный прибор имеет погрешность значительно ниже заявленной. Чтобы поддерживать его в таком состоянии, рекомендуется раз в год выполнять поверку.

Для этого обратитесь в ближайший центр продаж или обслуживания.

В качестве дополнительной услуги мы предлагаем вам периодическую проверку и калибровку ваших приборов. По желанию Вы можете бесплатно заказать либо свидетельства о поверке компании, либо свидетельства о поверке государственной метрологической службы. Эти заказы будут выполнены либо в обычном порядке, либо с выдачей протокола (точками измерения), в зависимости от вашего заказа.

Обслуживание

Если вам кажется, что прибор неисправен, прочитайте данное руководство, чтобы убедиться, что вы все делаете правильно. Если прибор все равно работает неправильно, упакуйте его соответствующим образом (если возможно, в оригинальную упаковку) и отправьте, оплатив пересылку, в ближайший сервисный центр компании Fluke. Приложите к прибору краткое описание проблемы. Компания Fluke НЕ несет ответственности за повреждения, полученные во время транспортировки.

Чтобы найти фирменный центр обслуживания, позвоните в компанию Fluke по одному из телефонных номеров, приведенных ниже:

США: 1-888-99-FLUKE (1-888-993-5853)

Канада: 1-800-36-FLUKE (1-800-363-5853)

Европа: +31 402-678-2005

Япония: +81-3-3434-0181

Сингапур: +65-738-5655

В любой точке мира: +1-425-446-5500

Либо, посетите наш Интернет-сайт: www.fluke.com. Чтобы зарегистрировать свой прибор, зайдите на сайт register.fluke.com

Хранение

Если прибор будет положен на хранение или какое-то время не будет использоваться, батареи следует извлечь и хранить отдельно, чтобы они не потекли и не повредили прибор.

Безэлектродный метод измерения сопротивления заземления

Введение

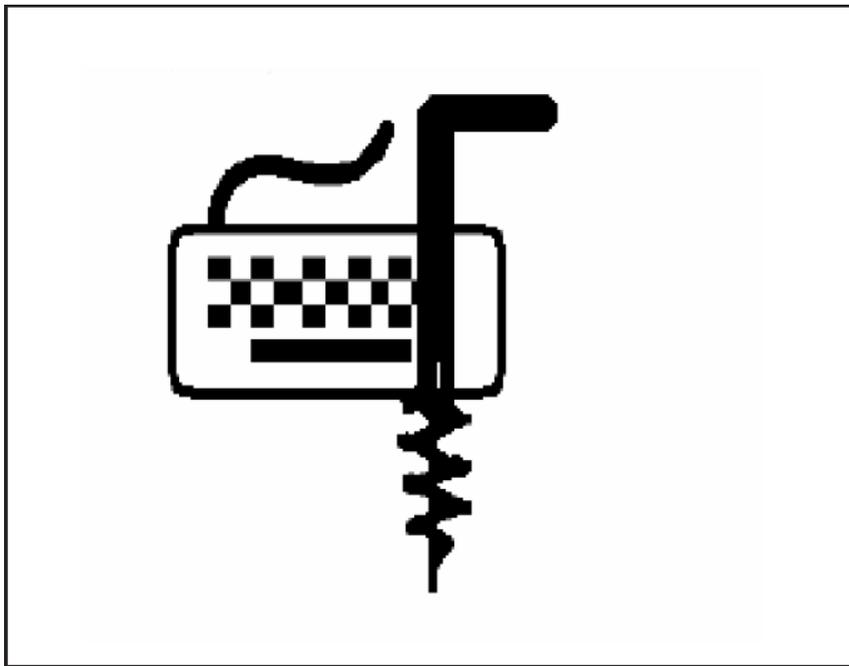
Безэлектродный метод измерения позволяет данному прибору измерять отдельные сопротивления заземления в многоэлементных системах заземления при помощи двух трансформаторов тока клещевого типа.

Нет необходимости использовать электроды заземления.

До появления этого метода измерения пользователям приходилось отключать отдельный контур заземления от других, чтобы устранить влияние параллельных контуров заземления.

Это занимало время, а во многих случаях было просто опасно.

После отключения контура использовался стандартный 3-полюсный метод измерения сопротивления заземления, который требовал использования дополнительных электродов заземления. Помимо дополнительных затрат времени, иногда было трудно найти подходящее место для установки электродов заземления, а в некоторых случаях, невозможно. Безэлектродный метод измерения сопротивления изоляции устраняет данные проблемы и служит идеальным дополнением к стандартным методам измерения, используемым в тестерах заземления.



Технические характеристики

Общие характеристики: Адаптер для использования с тестером заземления в режиме: R_E^{\oplus} 3pole (заказ №EI-1625)

Вся информация, приведенная в данном разделе, предназначена исключительно для работы в этом режиме.

Принцип:	Измерение сопротивления заземления без использования штырей заземления для пробника и вспомогательного заземляющего электрода.
Температура эксплуатации	-10 °С...+55 °С.
Диапазон рабочих температур:	0 °С...+30 °С.
Температура хранения:	-30 °С...+70 °С.
Стандарт качества:	Разработан, спроектирован и произведен в соответствии со стандартом DIN ISO 9001.

Безэлектродный метод измерения сопротивления заземления

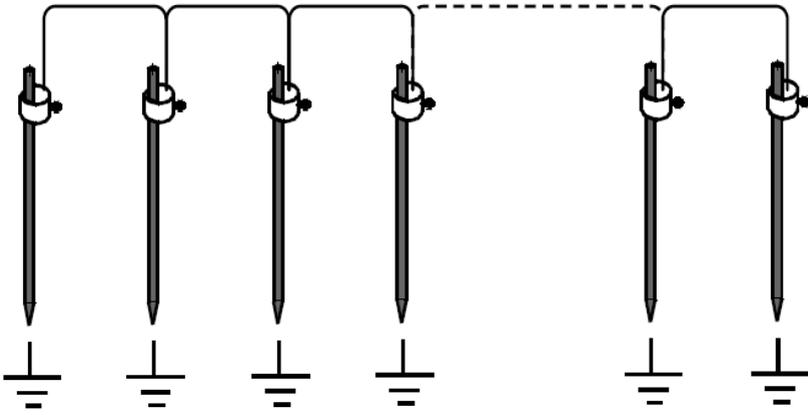
Принцип действия

Размеры	Общая длина кабельного адаптера 1,8 м, длина экранированного кабеля до клещей-трансформатора 1,5 м.
Эксплуатационная погрешность*:	$\pm (10\% \text{ от ИВ} + 5 \text{ ЕМР})$.
Диапазон дисплея*:	0,010 Ом...130 Ом.
Частота измерения:	128 Гц.
Напряжение измерения:	$U_m=48 \text{ В АС}$ (первичное).
Диапазон измерения*:	0,020 Ом...100 Ом.
Разрешение:	0,001...0,1 Ом.
*когда используется:	трансформатор тока EI-162АС для индукции напряжения и трансформатор тока EI-162Х для определения тока. Рекомендуемое расстояние между трансформаторами тока: 10 см.

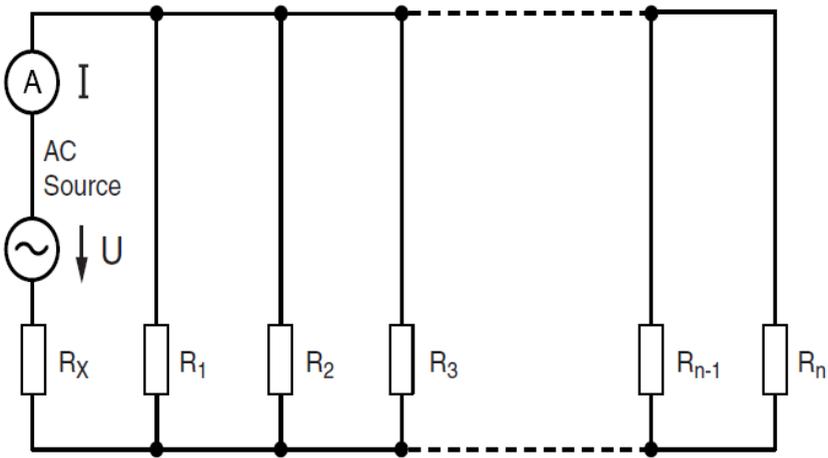
Принцип действия

Назначение

Измерение сопротивления отдельных соединений в системах с параллельным подключением к заземлению (системы с многократным заземлением).



Equivalent diagram



$$\frac{U}{I} = R_x + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Безэлектродный метод измерения сопротивления заземления

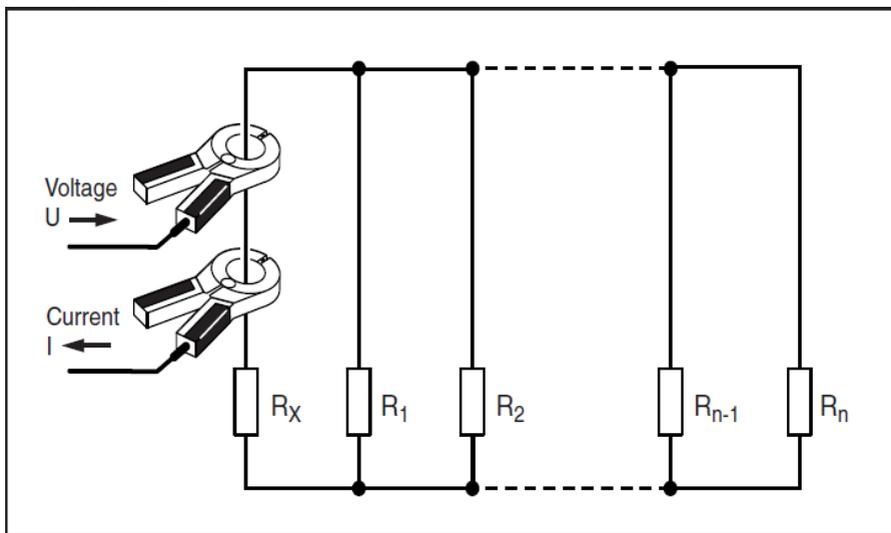
Принцип действия

Если сопротивление параллельного соединения резисторов $R_1 \dots R_n$ значительно ниже измеряемого сопротивления соединения заземления R_x :

$$\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \ll R_x$$

Тогда $R_x = \frac{U}{I}$ это обоснованное приближение.

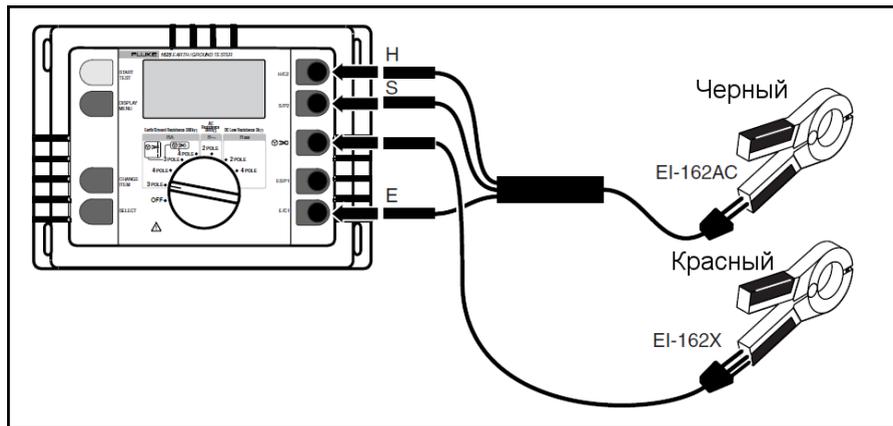
Испытательное напряжение (U) подается без отключения заземляющего и/или прямого электрического соединения стержня при помощи трансформатора тока клещевого типа, а ток определяется вторым трансформатора тока.



После синхронного выпрямления тока и напряжения измеритель покажет сопротивление R_x .

Работа

Подключите адаптер к измерителю и токоизмерительным клещам в соответствии с рисунком и обозначениями E, S и H (C1, P1 и P2 для US-версии).



При помощи измерительного кабеля, поставляемого в комплекте, подключите вторые токоизмерительные клещи к разъему прибора. Проверьте полярность соединений. Установите поворотный переключатель измерителя в положение $R_E \text{ } \frac{3}{4} \text{ } 3\text{pole}$.

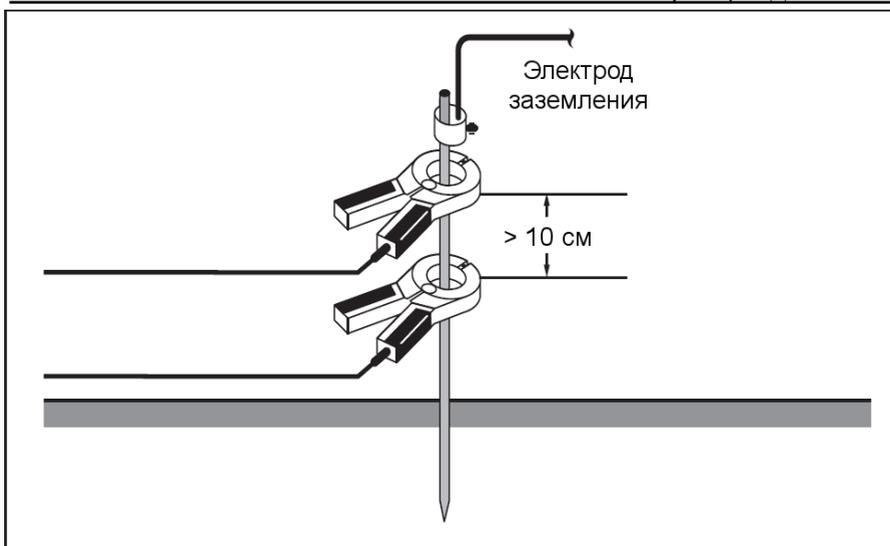
Примечание

Используйте только трансформаторы тока, упомянутые в данном руководстве.

Обхватите клещами-трансформаторами измеряемый провод заземления.

Примечание

Для получения оптимальных результатов измерения расстояние между клещами должно быть больше 10 см.



При нажатии кнопки START на экране появится значение R_E .

Примечание

В данном конкретном режиме значения R_H и R_S не имеют значения.

Настройки измерителя сопротивления заземления

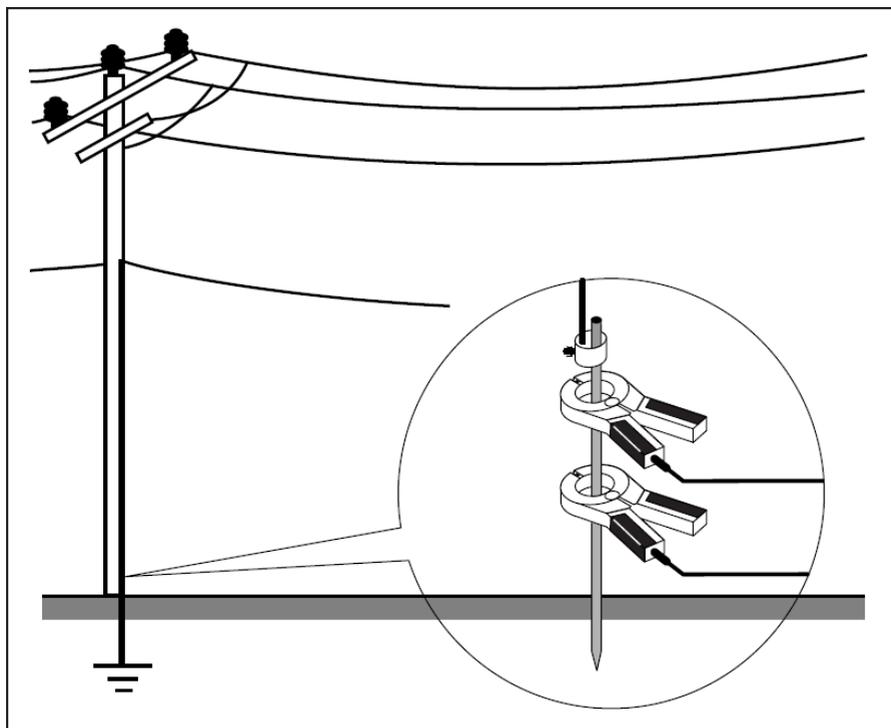
См. раздел «Работа» настоящего руководства.

Поворотный переключатель измерителя должен быть установлен в положение R_E 3pole.

- U_m Установите испытательное напряжение 48 В (стандартное значение)
- R_k Установите сопротивление компенсации 0,000 Ом
- I Установите коэффициент трансформации 1000 (стандартное значение)
- R^* Установите режим OFF/ВЫКЛ. (в данном режиме не имеет значения).

Применение

Пример 1: Заземляющий электрод опор линий электропередач.



Пример 2: Измерения в системах с многократным заземлением (объединенных системах):

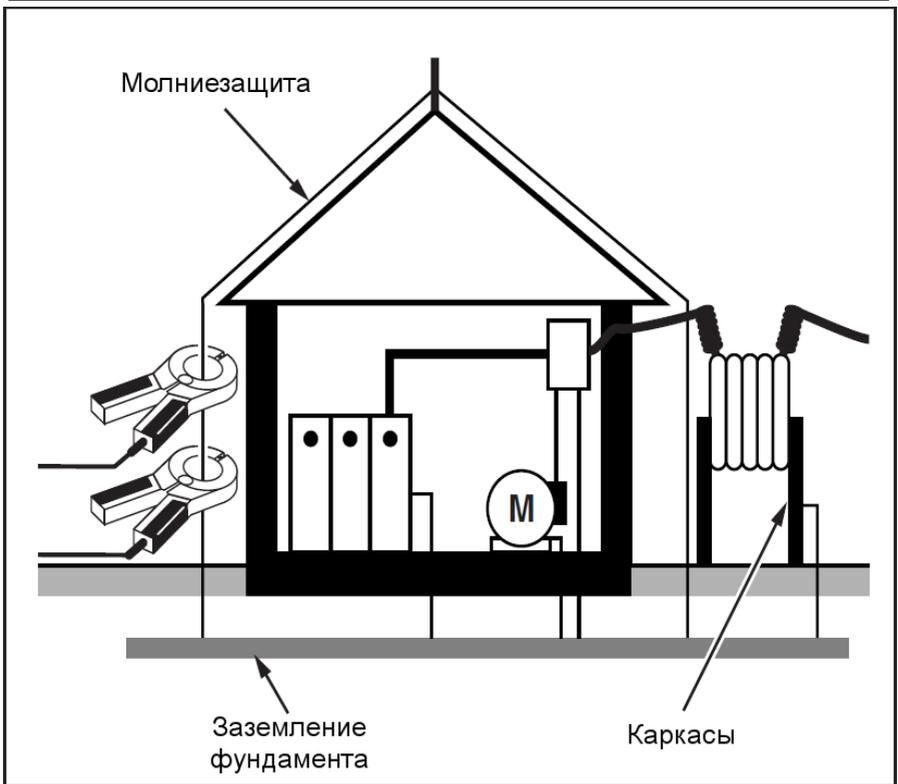
Например, провода заземления подключены к решеткам или бетонному заземляющему основанию и другим таким проводящим элементам, как системы молниезащиты или каркасы.

В этом случае сопротивления отдельных контуров заземления не оказывают существенного влияния.

Необходимо убедиться, что сопротивление подключения достаточно мало и достаточно надежно.

Безэлектродный метод измерения сопротивления заземления

Принцип действия



Описание дисплеев

В режиме безэлектродного измерения сопротивления заземления некоторые комбинации дисплеев имеют определенное значение.

Дисплей	Значение	Примечание
	Обратная полярность трансформаторов тока	Переверните один трансформатор
	Измеряемое сопротивление меньше диапазона измерения или кабельный адаптер подключен к измерителю неправильно	Выключите/включите прибор для следующего измерения

Легенда:  = отображается мигая

Безэлектродный метод измерения сопротивления заземления

Принцип действия

Дисплей	Значение	Примечание
 The image shows a digital display with the text 'U ST' on the left and '0.0 V' in the center. Below the '0.0 V' is a warning symbol consisting of a triangle with an exclamation mark inside. To the right of the warning symbol is a small icon of a hand holding a test probe.	Измеряемое сопротивление больше диапазона измерения	

Легенда:  = отображается мигая

Сопrotивление заземления

Введение

По определению сопротивление заземления состоит из нескольких отдельных сопротивлений.

1. Сопротивление соединительного провода заземляющего электрода
2. Сопротивление текущего заземляющего электрода; заземляющего стержня, пластины заземления, шины заземления, сетчатого заземляющего электрода и т.д.
3. Сопротивление рассеивания, сопротивление между заземляющим электродом и потенциалом земли.

Так как после правильного подбора размеров сопротивление соединительного кабеля и заземляющего электрода пренебрежимо малы, сопротивление заземления в основном зависит от сопротивления рассеивания. Это показывает, что точное измерение сопротивления рассеивания необходимо для определения точных условий заземления для обеспечения мер защиты. Поскольку сопротивление рассеивания зависит не только от удельного сопротивления земли, т.е. сопротивления конкретного участка земли (гравий, глина, гранит), но также и от формы заземляющего электрода, метрологическую проверку необходимо проводить, даже если местоположение заземляющего электрода и состояние грунта хорошо известны.

Для приведения размеров системы заземления к определенному виду, например, соответствующему системе молниезащиты, возможно приблизительное вычисление согласно таблице ниже. Для проведения вычислений необходимо знать удельное сопротивление земли в том месте, где будет устанавливаться заземляющий электрод.

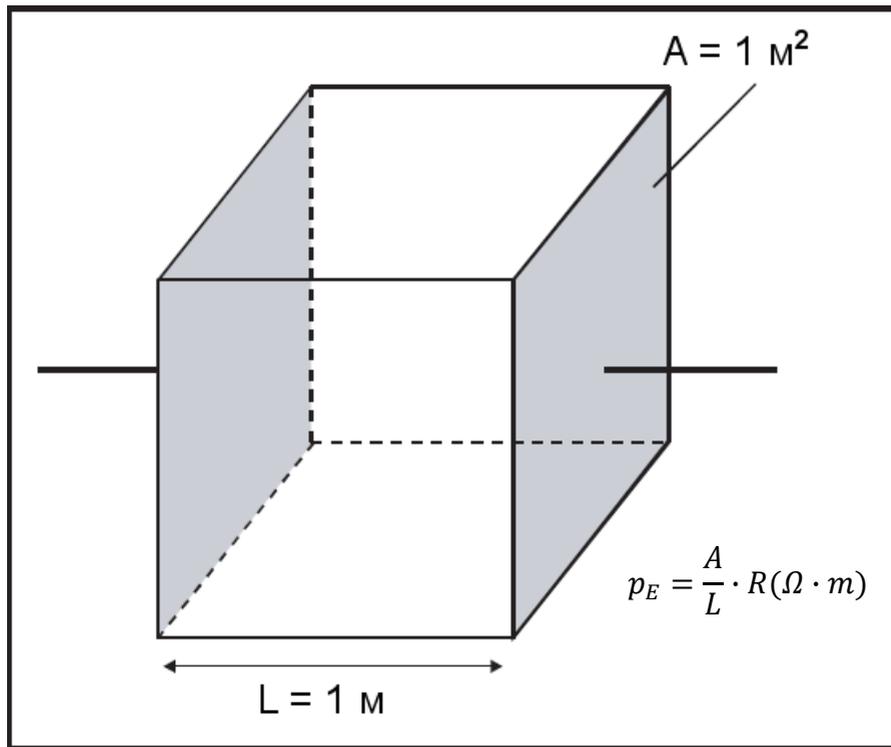
Безэлектродный метод измерения сопротивления заземления
Введение

Тип почвы	Удельное сопротивление земли [ρ_{ϵ}]	Сопротивление заземления (Ом)					
		Глубина погружения заземляющего стержня, м			Заземляющая шина, м		
	Ом·м	3	6	10	5	10	20
Влажный гумус, болотистая почва, болото	30	10	5	3	12	6	3
Сельскохозяйственная, суглинистая и глинистая почва	100	33	17	10	40	20	10
Песчаная глинистая почва	150	50	25	15	60	30	15
Влажная песчаная почва	300	66	33	20	80	40	20
Сухая песчаная почва	1000	330	165	100	400	200	100
Бетон 1 : 5*	400				160	80	40
Мокрый гравий	500	160	80	48	200	100	50
Сухой гравий	1000	330	165	100	400	200	100
Каменистая почва	30000	1000	500	300	1200	600	300
Скала	10^7	-	-	-	-	-	-

* для смеси бетона 1 : 7 значения следует увеличивать на 24%

Удельное сопротивление земли ρ_E

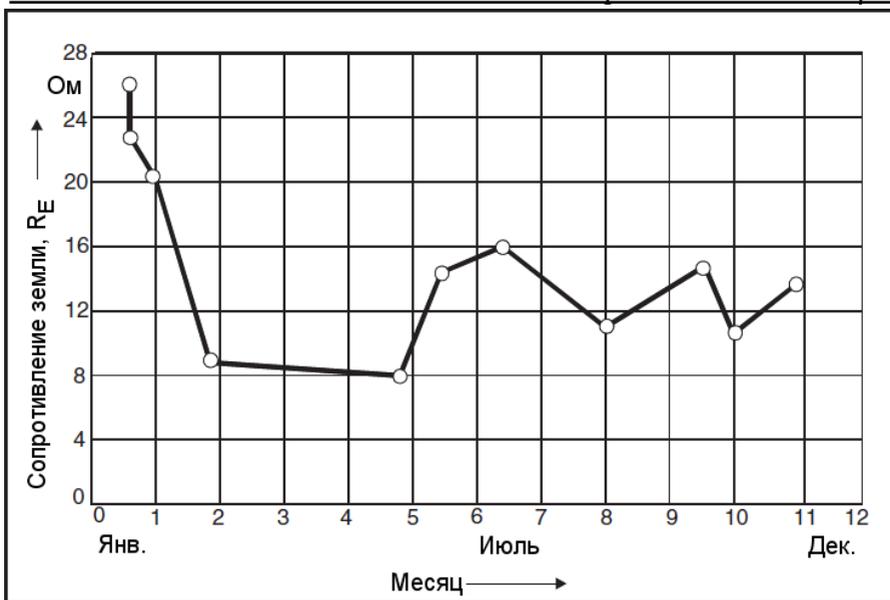
Удельное сопротивление земли – это сопротивление, измеряемое между двумя противоположными поверхностями куба однородного грунта с длиной стороны в 1 метр. Выражается в Ом м (см. рисунок)



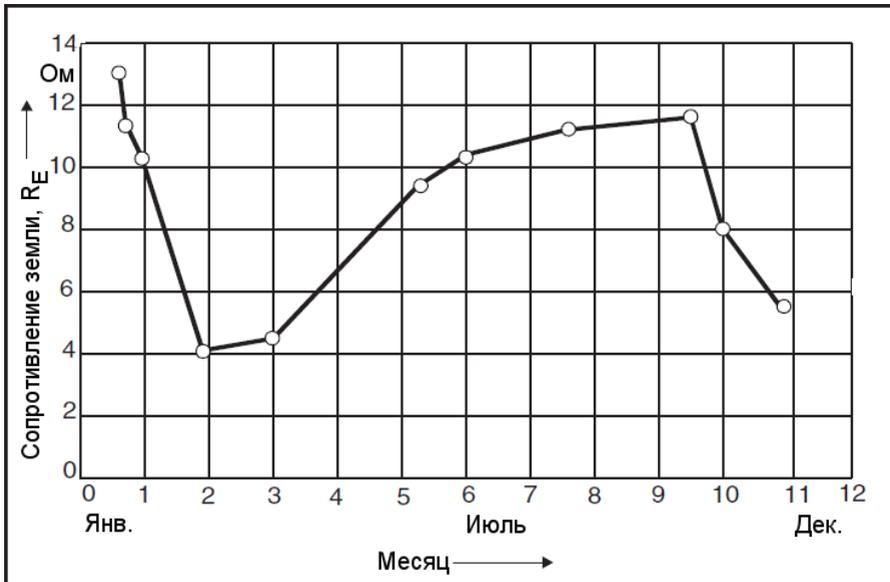
Удельное сопротивление земли сильно зависит от состава грунта (сельскохозяйственная земля, сухой песок, влажный песок, бетон, гравий и т.д.), но кроме того, оно зависит от сезонных изменений. Сухой грунт имеет более высокое удельное сопротивление, чем влажный, а удельное сопротивление мерзлой земли больше, чем у сухого теплого песка (см. рисунок).

В двух примерах ниже показано изменение удельного сопротивления в течение года.

Безэлектродный метод измерения сопротивления заземления
Удельное сопротивление земли ρ_E



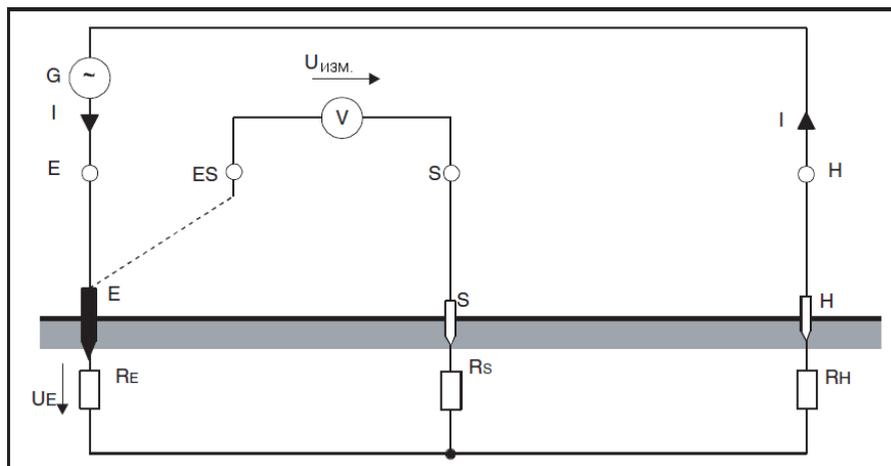
Временное изменение сопротивления заземления проводного заземляющего электрода (шина заземления, кабель заземления).



Временное изменение сопротивления заземления закопанного заземляющего электрода (труба заземления, пластина заземления)

Метод измерения

Данный метод измерения напряжения основывается на блок-схеме, показанной на рисунке ниже.



Генератор переменного тока G подает ток I через заземляющий электрод E (сопротивление заземляющего электрода R_E) и вспомогательный заземляющий электрод H (сопротивление вспомогательного заземляющего электрода R_H).

Напряжение U_E падает на сопротивлении заземления R_E (U_E пропорционально R_E .) Это напряжение снимается и измеряется с помощью зонда S . При помощи, так называемой трехпроводной схемы, разъемы E и ES прибора соединяются между собой. В четырехпроводной схеме отдельный кабель используется для подключения разъема ES к заземляющему электроду.

Вместе с тем, падение напряжения в кабеле между разъемом E и заземляющим электродом не измеряется. Поскольку схема измерения напряжения имеет достаточно большое полное сопротивление, в определенных пределах влиянием сопротивления зонда R_S можно пренебречь.

Таким образом, сопротивление заземления вычисляется по формуле

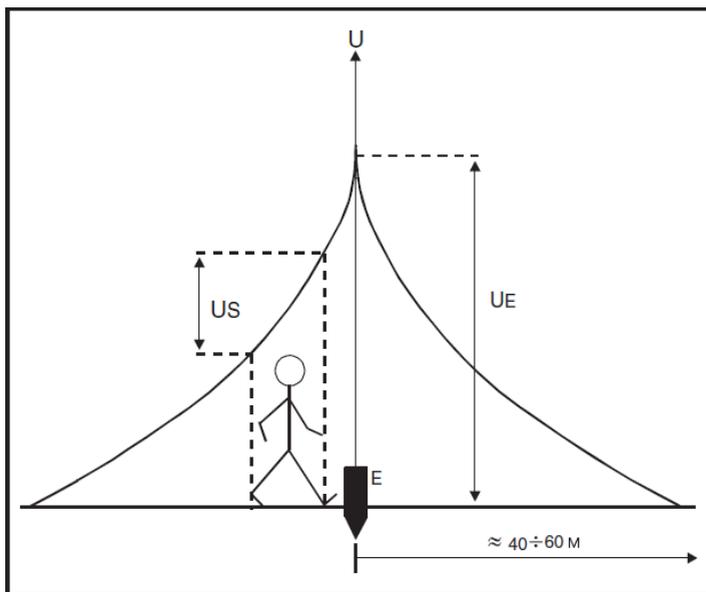
$$R_E = \frac{U_{\text{изм}}}{I}$$

и не зависит от сопротивления вспомогательного заземляющего электрода R_H . Генератор выдает сигнал с частотой в диапазоне $70 \dots 140$ Гц.

Следует соблюдать минимальный шаг 5 Гц до одной из номинальных частот между $16 \frac{2}{3}$, 50 или 60 Гц и их гармониками. Встраивается фильтр выбора частоты настроенный на частоту генератора.

Зона градиента потенциала

Во время прохождения электрического тока вокруг каждого заземляющего электрода образуется так называемая зона градиента потенциала (см. рисунок ниже).



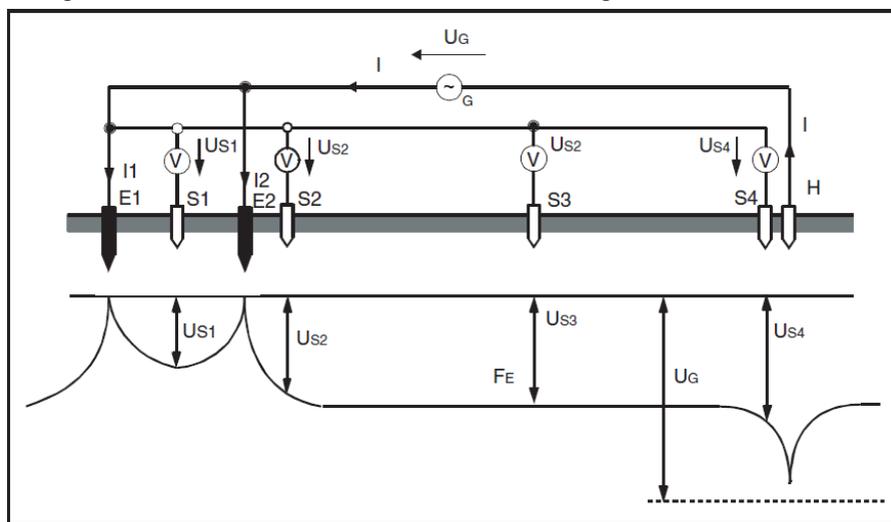
Если измерить напряжение между заземляющим электродом и зондом, который находится на расстоянии «а», с увеличением расстояния значение будет увеличиваться всё меньше. Как только напряжение перестанет увеличиваться, это значит, что потенциал зонда сравнялся с потенциалом земли FE , т.е., находится за пределами зоны градиента потенциала.

На диаметр зоны градиента потенциала в основном влияет удельное сопротивление земли. Это означает, что диаметр зоны на грунтах с плохой проводимостью соответственно больше (30...60 м), а на грунтах с хорошей проводимостью соответственно меньше (10...15 м).

Определение сопротивления электрода зонда и вспомогательного заземляющего электрода предоставляет информацию о размерах возможной зоны градиента потенциала. Большие сопротивления создают соответственно большие зоны градиента и наоборот. В данном контексте следует учитывать, что почвы с хорошей проводимостью и соответственно маленькими зонами градиента потенциала приводят к относительно высокому значению шагового напряжения и, следовательно, к относительно высокому значению шагового напряжения. Если необходимо, в таких системах необходимо производить проверку потенциала.

Влияние зон градиента потенциала на измерение сопротивления заземления

Чтобы узнать действительное падение напряжения из-за сопротивления заземления (= сопротивление между заземляющим электродом и потенциалом земли FE), следует убедиться, что зонд установлен за пределами зоны градиента потенциала всех подключенных заземляющих электродов и вспомогательного заземляющего электрода Н.



Если зонд находится в пределах зоны градиента потенциала, это может привести к неправильным результатам измерения. Как видно на рисунке выше, напряжения U_{S1} и U_{S2} зондов S_1 и S_2 дают слишком маленькое значение, которое также указывает на то, что сопротивление заземления кажется меньше, чем есть на самом деле (низкое сопротивление). С другой стороны зонд S_4 с напряжением U_{S4} дает слишком большое значение, которое указывает на более плохие условия заземления (большое сопротивление).

Только зонд S_3 регистрирует правильное значение напряжения между заземляющим электродом и потенциалом земли FE.

Поэтому рекомендуется повторять каждое измерение с переменной мест установки зондов, и считать измерение успешным и точным, только если несколько последовательных измерений показали одинаковые результаты.

Обычно достаточно 20 м между заземляющим электродом и зондами.

Безэлектродный метод измерения сопротивления заземления

Полное сопротивление заземления (R^*) в высоковольтных

линиях электропередач

Полное сопротивление заземления (R^*) в высоковольтных линиях электропередач

Заземления опор линий электропередач соединены между собой с помощью воздушного провода заземления.

Этот провод является не только омическим. В нем присутствует индуктивная и резистивная составляющие (L' , R').

Для вычисления тока короткого замыкания полное сопротивление следует определять при частоте напряжения сети электропитания.

В большинстве случаев индуктивная и резистивная составляющие известны. Поэтому фактическое полное сопротивление можно вычислить для каждой точки линии путем сложного вычисления с учетом сопротивления отдельных опор. Такое вычисление необходимо делать для каждой отдельной опоры.

Полное сопротивление заземления можно измерить при помощи данного прибора.

Индуктивная составляющая полного сопротивления воздушного провода зависит от частоты.

Соответственно для получения правильных показаний частота измерения, создаваемая измерителем, должна быть близка по значению к частоте сети электропитания.

По этой причине обычные тестеры, использующие частоты в диапазоне 70 Гц...140 Гц, показывают неправильные значения. Данный прибор выполняет измерение с частотой 55 Гц, чтобы она была достаточно близка по значению частоте сети электропитания 50 / 60 Гц, и при этом избежать помех.

