



**Многофункциональный измеритель
параметров изоляции
TeraOhm 10 kV
MI 3200**

Руководство по эксплуатации
Версия 3.1; Кодовый № 20 751 517

Дистрибьютор:

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

Санкт-Петербург, 198216

Ленинский пр-т, 140

тел./факс: +7 (812) 703-05-55

sales@metrel-russia.ru

www.metrel-russia.ru

Производитель:

METREL d.d.

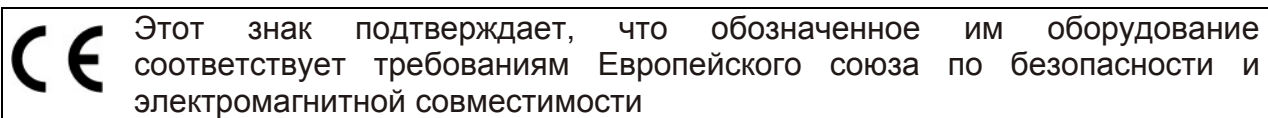
Ljubljanska cesta 77

1354 Horjul

Словения

Адрес в Интернете: <http://www.metrel.si>

Электронная почта: metrel@metrel.si



© 2007 - 2009 Metrel

Данный документ не может быть полностью или частично воспроизведен или использован в любой другой форме без ссылки на компанию METREL.

Содержание

1 Введение.....	4
1.1 Назначение прибора.....	4
1.2 Список применимых стандартов.....	4
2 Описание прибора	5
2.1 Корпус прибора	5
2.2 Панель управления.....	5
2.3 Принадлежности	6
2.4 Измерительные кабели	6
3 Предупреждения	8
4 Работа с прибором.....	10
4.1 Включение прибора	10
4.2 Configuration (Конфигурация)	11
5 Измерения	13
5.1 Теоретические сведения о высоковольтных испытаниях (постоянного тока)	13
5.2 Защитный разъем GUARD	17
5.3 Функция фильтра	18
5.4 Измерение напряжения	19
5.5 Измерение сопротивления изоляции	19
5.6 Диагностическая проверка	23
5.7 Измерение сопротивления изоляции пошагово изменяющимся напряжением.....	29
5.8 Выдерживаемое напряжение	32
6 Работа с результатами измерений.....	36
6.1 Сохранение, вызов и удаление результатов	36
6.2 Передача данных в ПК	39
7 Обслуживание.....	40
7.1 Осмотр	40
7.2 Первоначальная установка и зарядка батарей	40
7.3 Замена и зарядка батарей	40
7.4 Чистка	42
7.5 Калибровка	42
7.6 Ремонт	42
8 Технические характеристики.....	43
8.1 Измерения	43
8.2 Общие характеристики	46

1 Введение

1.1 Назначение прибора

Прибор **TeraOhm 10 kV MI 3200** – это портативный измерительный прибор, с питанием от батареи или сети, предназначенный для измерения сопротивления изоляции с использованием высоких измерительных напряжений до 10 кВ. Работа прибора основана на принципах простоты и понятности.

Прибор разработан и произведен на базе обширных знаний и опыта, накопленных в течение многих лет работы с подобным оборудованием.

Функции прибора MI 3200:

- Измерение больших значений сопротивления изоляции, до 10 ТОм:
 - Программируемое измерительное напряжение, от 500 В до 10 кВ, шаг 25 В;
 - Построение графика $R(t)$;
 - Программируемый таймер, от 1 с до 30 мин;
 - Автоматический разряд объекта измерений по окончании испытания;
 - Измерение емкости.
- Измерение зависимости сопротивления изоляции от измерительного напряжения:
 - Пять дискретных значений измерительного напряжения, установленных пропорционально, в пределах заданного диапазона;
 - Программируемый таймер от 1 мин до 30 мин на один этап.
- Расчет индекса поляризации PI, коэффициент диэлектрического поглощения (DAR) и коэффициента диэлектрического разряда (DD):
 - $PI = R_{изол}(t2) / R_{изол}(t1)$
 - $DAR = R_{01мин} / R_{15сек}$
 - $DD = I_{разряда(1мин)} / C \cdot U$
- Проверка выдерживаемого напряжения (пост. тока) до 10 кВ:
 - Программируемое пилообразное измерительное напряжение от 500 В до 10 кВ;
 - Высокое разрешение по напряжению (около 25 В на шаг);
 - Программируемый предельный ток до 5 мА.
- Измерение напряжения и частоты до 600 В переменного/постоянного тока.

Матричный ЖК экран позволяет легко считывать результаты и параметры измерения. Прибор прост в обращении, и для работы с ним оператору не нужно иметь специальной подготовки (за исключением прочтения и понимания настоящего Руководства по эксплуатации) для работы с прибором.

Результаты и параметры измерений могут быть сохранены в памяти прибора. Профессиональное программное обеспечение для ПК обеспечивает передачу результатов и параметров измерений в обоих направлениях между измерительным прибором и ПК.

1.2 Список применимых стандартов

Работа прибора	IEC / EN 61557-2
Электромагнитная совместимость (EMC)	EN 61326 Класс B
Безопасность	EN 61010-1 (прибор), EN 61010-031 (принадлежности)

2 Описание прибора

2.1 Корпус прибора

Прибор помещен в пластиковый корпус, который обеспечивает класс защиты, указанный в технических характеристиках.

2.2 Панель управления

Панель управления приведена на рисунке ниже.

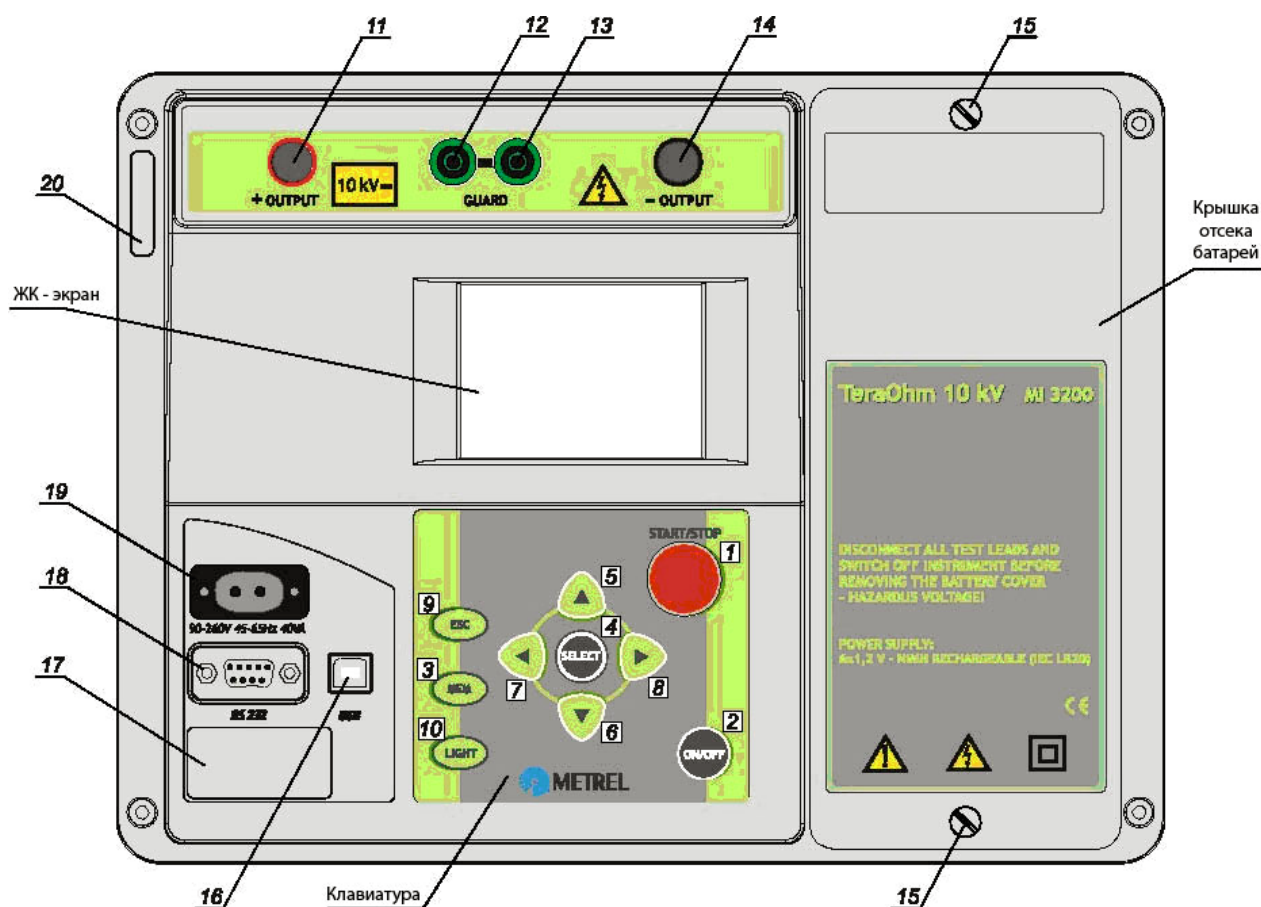


Рис. 1. Лицевая панель



Используйте только оригинальные принадлежности!

Макс. допустимое внешнее напряжение между измерительными выводами и землей 600 В!

Макс. допустимое внешнее напряжение между измерительными выводами 600 В!

Отсоедините все измерительные провода, кабель питания и выключите прибор перед открытием крышки отсека батарей – присутствует опасное напряжение!

Условные обозначения:

- 1Клавиша **START/STOP** для пуска / остановки любого измерения.
- 2Клавиша **ON/OFF** для ВКЛЮЧЕНИЯ или ВЫКЛЮЧЕНИЯ прибора.
- 3Клавиша **MEM** для сохранения, чтения или удаления результатов.
- 4Клавиша **SELECT** для входа в меню настроек выбранной функции или для выбора устанавливаемого параметра.
- 5Курсор ▲ для прокрутки вверх.
- 6Курсор ▼ для прокрутки вниз.
- 7Курсор ◀ для уменьшения выбранного параметра.
- 8Курсор ▶ для увеличения выбранного параметра.
- 9Клавиша **ESC** для выхода из выбранного режима.
- 10Клавиша **Light** для включения или выключения подсветки экрана.
- 11 **Измерительный разъем** «сопротивление изоляции +» (+OUT)
- 12,13... **Защитные** измерительные разъемы GUARD, предназначенные для отвода потенциального тока утечки при измерении сопротивления изоляции. Разъемы под номерами 12 и 13 соединены вместе внутри прибора.
- 14 **Измерительный разъем** «сопротивление изоляции -» (-OUT)
- 15Винт (выкрутить для замены батарей).
- 16Гальванически развязанный **USB разъем** для подключения прибора к ПК.
- 17Этикетка дистрибьютора или пустая.
- 18Гальванически развязанный **разъем RS 232** для подключения прибора к ПК.
- 19Кабель питания для подключения прибора к источнику питания.
- 20Серийный номер прибора.

2.3 Принадлежности

Принадлежности могут быть стандартными и опциональными. Опциональные принадлежности могут поставляться на заказ. Смотрите приложенный список стандартной комплектации и дополнительных принадлежностей или свяжитесь со своим поставщиком или см. домашнюю веб-страницу METREL: <http://www.metrel.si>.

2.4 Измерительные кабели

Стандартная длина измерительных кабелей равна 2 м, возможно исполнение на заказ 8 м и 15 м. Более подробная информация - в списке стандартной комплектации и дополнительных принадлежностей или у Вашего поставщика или на домашней веб-странице METREL: <http://www.metrel.si>.

Все измерительные кабели представляют собой высоковольтные экранированные кабели, обеспечивающие высочайшую точность и устойчивость к возникновению погрешности измерений, особенно при промышленном применении.

2.4.1 Высоковольтный экранированный измерительный кабель с высоковольтным наконечником



Особенности применения:

Измерительный кабель предназначен для проверки изоляции вручную.

Характеристики кабеля:

- Высоковольтный наконечник (красный): 10 кВ пост.тока (двойная изоляция);
- Высоковольтный коннектор типа «банан» (красный): 10 кВ пост.тока (основная изоляция);
- Защитный GUARD коннектор типа «банан» (зеленый): 600 В CAT IV (двойная изоляция);
- Кабель (желтый): 12 кВ (экранированный).

2.4.2 Высоковольтные экранированные измерительные кабели с высоковольтными зажимами типа «крокодил»



Особенности применения:

Данные измерительные кабели предназначены для диагностических испытаний изоляции.

Характеристики кабеля:

- Высоковольтный разъем типа «банан» (красный, черный): 10 кВ пост. тока (основная изоляция);
- «Крокодил» (красный, черный): 10 кВ пост.тока (основная изоляция);
- Защитный GUARD коннектор типа «банан» (зеленый): 600 В CAT IV (двойная изоляция);
- Кабель (желтый): 12 кВ (экранированный).

2.4.3 Защитный измерительный кабель GUARD с зажимом типа «крокодил»

Характеристики кабеля:

- Защитный измерительный кабель GUARD с разъемом типа «банан» (зеленый): 600 В CAT IV (двойная изоляция);
- Зажим типа «крокодил» (зеленый): 600 В CAT IV (двойная изоляция).

3 Предупреждения

Для достижения высокого уровня безопасности при выполнении различных испытаний и измерений с использованием прибора MI 3200, а также для сохранения прибора в рабочем состоянии, важно выполнять следующие указания:

ЗНАЧЕНИЯ СИМВОЛОВ



Символ, обозначающий “Внимательно ознакомьтесь с Руководством по эксплуатации!”.



Символ, обозначающий “На измерительных входах, возможно, присутствует опасное напряжение, свыше 1000 В!”.

ОБЩИЕ ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЯ

- ♦ Если измерительное оборудование применяется в целях, не указанных в настоящем руководстве, защитные функции оборудования могут быть ослаблены!
- ♦ Не используйте прибор и принадлежности при обнаружении любых неисправностей!
- ♦ Необходимо принимать во внимание все меры безопасности, во избежание удара электрическим током при работе с электроустановками!
- ♦ Сервисное обслуживание, ремонт и калибровка прибора должны выполняться только уполномоченными лицами!
- ♦ Только обученный и компетентный персонал имеет право работать с прибором.
- ♦ Матричный ЖК экран позволяет легко считывать результаты и параметры измерения. Прибор прост в обращении, и для работы с ним оператору не нужно иметь специальной подготовки (за исключением прочтения и понимания настоящего Руководства по эксплуатации) для работы с прибором.

БАТАРЕИ

- ♦ Перед открытием крышки батарейного отсека отсоедините все измерительные принадлежности, подключенные к прибору, и выключите прибор!
- ♦ Используйте только NiMh аккумуляторные батареи (IEC LR20)!

ВНЕШНЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ

- ♦ Не подключайте прибор к источникам питания, отличным от указанных на этикетке рядом с кабелем питания, в противном случае прибор может быть поврежден.
- Не используйте прибор в системах питания с напряжением более 600 В пост./пер. тока (IV категория перенапряжения), для предотвращения повреждения прибора!

РАБОТА С ПРИБОРОМ

- ♦ Используйте только стандартные или опциональные измерительные принадлежности, поставляемые Вашим дистрибьютором!
- ♦ Объект измерений должен быть выключен, т.е. обесточен, перед подключением к нему измерительных проводов.
- ♦ Не прикасайтесь к токопроводящим частям объекта в процессе измерений.
- ♦ Перед началом измерения сопротивления изоляции убедитесь, что испытываемый объект выключен (напряжение питания отключено)!
- Не прикасайтесь к испытываемому объекту во время измерений, существует опасность удара электрическим током!

В случае емкостного испытываемого объекта (длинный кабель и т. д.), его саморазряд может происходить с некоторой задержкой после окончания измерения, при этом на дисплее отобразится сообщение «Please wait, discharging» («Пожалуйста, подождите, идет разрядка»).

ОБРАЩЕНИЕ С ЕМКОСТНЫМИ НАГРУЗКАМИ

- ♦ Учитывайте, что емкости 40 нФ, при 1 кВ или 5 нФ при 10 кВ опасны для жизни!
- ♦ Никогда не прикасайтесь к объекту в процессе измерения, до полного его разряда.
- ♦ Максимальное внешнее напряжение между двумя любыми выводами равно 600 В (IV категория перенапряжения).

4 Работа с прибором

4.1 Включение прибора

Автоматическая калибровка

Включение прибора осуществляется путем нажатия клавиши **ON/OFF**. После включения, прибор сначала выполняет автокалибровку (Рис. 3).

Примечание:

Если прибор подключен к сети, но при этом батареи неисправны или отсутствуют, его включение невозможно.

Измерительные провода должны быть отключены во время автокалибровки. В противном случае, автокалибровка невозможна и прибор запросит отключение измерительных проводов, а также повторное выключение и включение.

По окончании автокалибровки, появится надпись **MAIN MENU (ГЛАВНОЕ МЕНЮ)** (Рис. 4), и прибор готов к нормальной работе.

Автокалибровка предотвращает ухудшение точности при измерении малых токов. Это компенсирует влияние старения, изменения температуры и влажности и т. д. Повторная автокалибровка рекомендуется, когда температура меняется более чем на 5°C.



Рис. 2. Приветствие

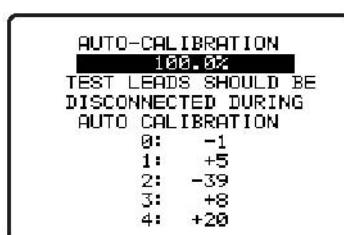


Рис. 3. Режим автокалибровки

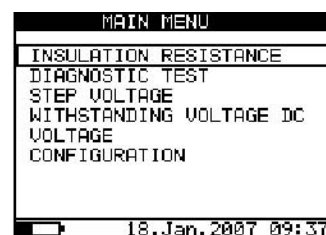


Рис. 4. Главное меню

Примечание:

Если прибор определит некорректное состояние в процессе автокалибровки, появится следующее сообщение:

ERROR!

-TEST LEADS CONNECTED:

DISCONNECT AND SWITCH ON THE INSTRUMENT AGAIN

- CONDITIONS OUT OF RANGE: PRESS START TO CONTINUE.

ОШИБКА!

- ПОДКЛЮЧЕНЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРОВОДА:

ОТСОЕДИНИТЕ ИХ И ПОВТОРНО ВКЛЮЧИТЕ ПРИБОР

- УСЛОВИЯ РАБОТЫ НЕ СООТВЕТСТВУЮТ ЗАДАНЫМ: НАЖМИТЕ START ДЛЯ ПРОДОЛЖЕНИЯ.

Возможными причинами несоответствия условий являются повышенная влажность, температура, и т. д. В этом случае, проведение измерений возможно, но результаты могут не соответствовать номинальным.

Работа прибора от сети

При подключении прибора к сети переменного тока, во время того, как прибор выключен, встроенное зарядное устройство (ЗУ) будет заряжать батареи, но прибор будет по-прежнему выключен. В нижнем левом углу дисплея появятся значок разъема и мигающий индикатор батареи, свидетельствующий о процессе заряда батарей.

Примечание:

Если батареи неисправны или отсутствуют, ЗУ не будет работать. В нижнем левом углу дисплея появится только значок разъема без мигающего индикатора батареи.

При подключении прибора к сети, когда он включен, прибор автоматически перейдет на питание от сети. В нижнем левом углу дисплея появится значок разъема. Если прибор не в режиме измерения*, внутреннее ЗУ будет заряжать батареи. В нижнем левом углу дисплея начнет мигать индикатор батареи.

Примечание:

Не рекомендуется подключать прибор к сети или отключать от нее, когда он находится в режиме измерений*.

*Режим измерений - Прибор находится в процессе измерения.

Работа подсветки (при питании прибора от батарей)

После включения прибора, подсветка экрана включается автоматически. Ее можно легко включать и выключать нажатием клавиши **LIGHT**.

Работа подсветки (при питании прибора от сети)

После включения прибора, подсветка экрана автоматически выключается. Ее можно легко включать и выключать нажатием клавиши **LIGHT**.

Функция выключения

Прибор может быть выключен простым нажатием клавиши **ON/OFF**. Функция автоотключения недоступна, вследствие возможного проведения длительных измерений.

4.2 Configuration (Конфигурация)

Функция конфигурации служит для выбора и регулировки параметров, которые не вводятся напрямую в процессе измерений (Рисунок 5).

В нижней части экрана показано состояние питания.

При регулировке параметров конфигурации необходимо выполнить следующие действия:

1. Используйте стрелки \uparrow и \downarrow для выбора параметра (строки).
2. Используйте стрелки \leftarrow и \rightarrow для изменения значения выбранного параметра. Если существует 2 или более подпараметров в одной строке (например, дата и

время), используйте клавишу **SELECT** для перехода к следующему подпараметру и обратно.

Для полной очистки памяти:

1. Выберите строку **Memory Clear (Очистить память)**, используя стрелки ↑ и ↓.
2. Нажмите клавишу **SELECT**, появится сообщение **“Press MEM to confirm!”** (Нажмите **MEM** для подтверждения).
3. Нажмите клавишу **MEM** для полной очистки памяти или **ESC** для отмены действия.

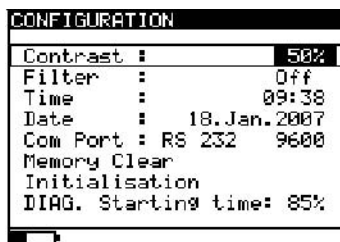


Рис. 5. Меню конфигурации

Параметр	Значение	Примечание
Contrast (Контрастность)	0%...100%	Регулировка контрастности экрана
Contrast (Фильтр)	Fil1, Fil2, Fil3, Fil0	Выбор фильтра шумов, см. раздел 5.3. Функция фильтра
Time (Время)		Настройка текущего времени (часы : минуты)
Date (Дата)		Настройка текущей даты (число-месяц-год)
Com Port (Последовательный разъем)	RS 232 2400, RS 232 4800, RS 232 9600, RS 232 19200, USB 115000	Настройка порта и скорости передачи данных.
Memory clear (Очистка памяти)		Полная очистка памяти
Initialization (Инициализация)		Только для внутризаводского и сервисного обслуживания!
DIAG. Starting time (ДИАГ. Время пуска)	0%..90%	Регулировка времени пуска функции ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ТЕСТА, в соответствии с Unominal. Разъяснение см. в разделе 5.6.

Таблица 1. Параметры конфигурации

5 Измерения

5.1 Теоретические сведения о высоковольтных испытаниях (постоянного тока)

Назначение проверки изоляции

Изоляционные материалы являются важными составляющими почти каждого электрического продукта. Свойства материала зависят не только от характеристик его составляющих, но и от температуры, загрязнения, влажности, старения, электрических и механических воздействий, и т. д. Безопасность и надежность функционирования требует регулярного обслуживания и проверки изоляции, для поддержания ее в рабочем состоянии. Для проверки изоляции материалов используются методы измерения высокими напряжениями.

Измерительные напряжения постоянного и переменного тока

Испытания постоянным напряжением также широко распространены, как и испытания переменным и / или пульсирующим напряжением. Постоянное напряжение может применяться для определения пробоя, особенно в местах, где высокие емкостные токи утечки влияют на измерения с использованием переменного или пульсирующего напряжения. Испытания постоянным напряжением часто применяются для измерения сопротивления изоляции. При таких испытаниях измерительное напряжение определяется областью применения продукта. Данное напряжение ниже того, которым определяют выдерживаемое напряжение, поэтому подобные испытания могут проводиться более часто, без ущерба для исследуемого материала.

Типовые проверки изоляции

В основном, проверка сопротивления изоляции состоит из следующих процедур:

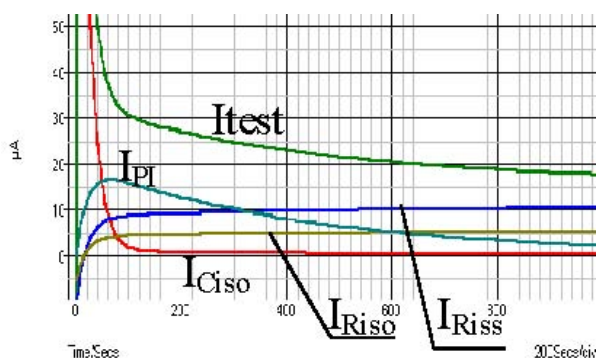
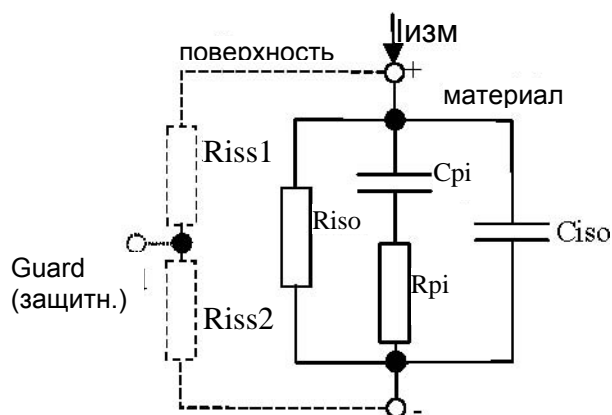
- Простое измерение сопротивления изоляции, так называемый, установочный тест;
- Измерение зависимости сопротивления изоляции от напряжения;
- Измерение зависимости сопротивления изоляции от времени;
- Измерение остаточного заряда после разряда диэлектрика.

Результаты данной проверки могут показать, нужна ли замена (восстановление) изоляции.

Типовыми примерами, где рекомендуется проверка сопротивления изоляции и ее диагностика, являются изоляция трансформаторов, двигателей, кабелей и другого электрооборудования.

Электрическое представление изоляционного материала

Приведенный далее рисунок отражает электрическую цепь, являющуюся эквивалентом изоляционного материала



R_{iss1} и R_{iss2} – поверхностное сопротивление (положение возможного подключения защитного разъема Guard);

$R_{из}$ – действительное сопротивление изоляции материала;

$C_{из}$ – емкость материала;

C_{pi} , R_{pi} – отражают эффект поляризации.

Правый рисунок отражает типовые токи для такой цепи.

$I_{изм}$ = суммарный измерительный ток ($I_{изм} = I_{PI} + I_{Rиз} + I_{RISS}$);

I_{PI} = ток поглощения поляризации;

$I_{Rиз}$ = действительный ток изоляции;

I_{RISS} = поверхностный ток утечки.

Некоторые примеры применения TeraOhm 10 kV.

Общая проверка сопротивления изоляции.

Фактически, каждый стандарт, относящийся к безопасности электрооборудования и установок, включает в себя требования по общей проверке изоляции. При проверке невысоких значений (порядка МОм), преобладающим является основное сопротивление изоляции $R_{из}$. При этом результаты соответствуют действительности и быстро стабилизируются.

Важно принимать во внимание следующее:

- Напряжение, время и предел измерения обычно определяются соответствующим стандартом.
- Время измерения должно быть равно 60 с или минимально допустимому времени, достаточному для заряда емкости $C_{из}$.
- Иногда необходимо принимать во внимание температуру окружающей среды для приведения полученных результатов к стандартным условиям среды (40°C).
- При влиянии поверхностных токов утечки на измерения (см. выше R_{iss}) используйте защитного разъема Guard (см. 5.2.). Это является критичным при измерении значений сопротивления порядка ГОм.

Проверка зависимости от напряжения – проверка шаговым напряжением

Данное напряжение отражает, было ли оказано электрическое или механическое воздействие на проверяемую изоляцию. В случае подобного воздействия, количество и размер дефектов изоляции, таких как трещины, местный пробой, открытые токоведущие части, и т. д. увеличивается, а предельное напряжение пробоя снижается. Чрезмерная влажность и загрязнение играют важную роль, особенно при механических нагрузках.

- Шаг измерительного напряжения обычно близок к значению, рекомендованному для проверки выдерживаемого постоянного напряжения.
- Иногда рекомендуется, чтобы максимальное напряжение для данного теста не превышало 60 % от выдерживаемого.

Если результаты успешных проверок свидетельствуют о снижении измеренного сопротивления изоляции, следует заменить изоляцию.

Проверка зависимости от времени – диагностический тест

ИНДЕКС ПОЛЯРИЗАЦИИ

Данный диагностический тест предназначен для оценки влияния поляризованной составляющей изоляции (R_{pi} , C_{pi}).

При подаче высокого напряжения к изоляционному материалу, электрические диполи этого материала располагаются вдоль приложенного электрического поля. Это явление называется поляризацией. При поляризации молекул возникает ток поляризации (поглощения), который снижает суммарное сопротивление изоляции. Ток поглощения (I_{pi}) обычно исчезает через несколько минут. Если суммарное сопротивление не увеличивается, это означает, что другие токи (например, поверхностной утечки) преобладают в суммарном сопротивлении изоляции.

- PI равен отношению измеренных сопротивлений в двух моментах времени. Наиболее распространенным является соотношение измеренных значений при 10 мин к 1 мин, но это не является правилом.
- Испытание обычно проводится при таком же напряжении, что и измерение сопротивления изоляции.
- Если сопротивление изоляции при 1 мин превышает 5000 МОм, тогда это измерение недействительно (новые, современные типы изоляции).
- Промасленная бумага, применяемая в трансформаторах и двигателях, является типичным материалом, для которого выполняется данный тест.

Как правило, хорошие изоляционные материалы обладают высоким индексом поляризации, в то время как поврежденные - низким. Однако, данное правило справедливо не всегда. Подробная информация содержится в справочнике Metrel **«Insulation Testing Techniques»** (Методики проверки изоляции).

Основные допустимые значения:

PI	Состояние изоляционного материала
от 1 до 1,5	Не приемлемо (старые виды)
от 2 до 4 (обычно 3)	Хорошая изоляция (старые виды)
> 4 (очень высокое сопротивление изоляции)	Современные виды (хорошей) изоляции

Пример минимально допустимых значений для изоляции двигателя (IEEE 43):
Класс А = 1,5, Класс В = 2,0, Класс F = 2,0, Класс Н = 2,0.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЯД

Дополнительным к поляризации эффектом является остаточный заряд (от C_{pi}) после разряда по окончании испытания. Это также может служить вспомогательным измерением для определения качества изоляционного материала. Данный эффект обычно наблюдается в изоляциях с большой емкостью Сиз.

DD	Состояние изоляционного материала
> 4	плохое
2 - 4	критическое
< 2	хорошее

Проверка выдерживаемого напряжения

Некоторые стандарты позволяют использование постоянного напряжения в качестве альтернативы переменному, при проверке выдерживаемого напряжения. Для этой цели, измерительное напряжение должно присутствовать на всем

протяжении проверяемой изоляции в течение определенного времени. Результат испытания считается положительным, если не происходит пробоя или искрения. В соответствии со стандартами испытание должно начинаться при низком напряжении и постепенно напряжение должно увеличиваться до значения, при котором ток заряда (емкости Сиз) еще не превышает предельно допустимого. Испытание обычно занимает 1 мин.

Проверка выдерживаемого напряжения или диэлектрический тест обычно применяется для:

- Типовых (приемочных) испытаний, при подготовке новой продукции к производству,
- Стандартных (производственных) испытаний для проверки безопасности каждого изделия,
- Обслуживания и послесервисной проверки оборудования, изоляция которого подвержена возможным повреждениям.

Некоторые примеры результатов проверки выдерживаемого постоянного напряжения:

Стандарт (примерные значения)	Напряжение
EN/IEC 61010-1 КАТ II 300 В общая изоляция	1970 В
EN/IEC 61010-1 КАТ II 300 В двойная изоляция	3150 В
IEC 60439-1 (зазор между токопроводящими частями...), выдерживаемое импульсное напряжение 4 кВ, 500 м	4700 В
IEC 60598-1	2120 В

Измерение сопротивления изоляции в условиях повышенной влажности.

Качество измерения сопротивления изоляции в условиях окружающей среды, не соответствующим рекомендованным, может быть подвержено влиянию влажности. Влажность добавляет каналы для токов утечки на поверхности всей системы, то есть, на проверяемой изоляции, измерительных кабелях, измерительном приборе. Такое влияние уменьшает точность измерений, особенно при высоком порядке сопротивления – ТОм. Худшим условием является наличие конденсата, что, кроме того, может снизить безопасность. При высокой влажности рекомендуется проветрить зону проведения испытания перед и во время измерения. При наличии конденсата, систему измерений необходимо просушить; это может занять от нескольких часов до нескольких дней.

5.2 Защитный разъем GUARD

Разъем GUARD предназначен для предотвращения возможных токов утечки (например, поверхностных), которые являются не результатом измерений, а следствием загрязнения поверхности и повышенной влажности. Этот ток влияет на измерения, то есть значение сопротивления изоляции будет искажено. Разъем GUARD имеет внутреннее соединение с тем же потенциалом, что и отрицательный измерительный разъем (черный). Зажим разъема GUARD («крокодил») необходимо подключить к объекту измерений для отвода нежелательных токов утечки, как показано на рисунке, приведенном ниже.

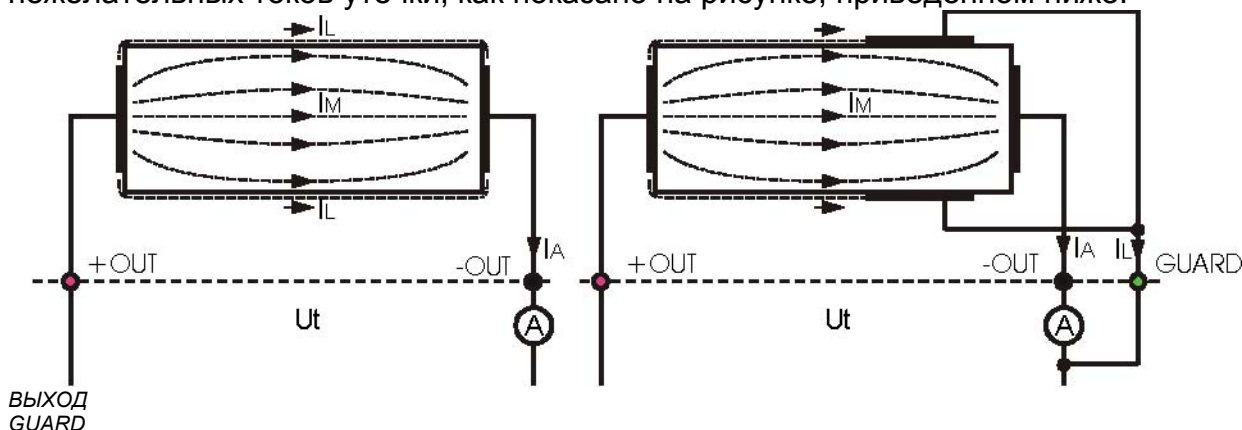


Рис. 6. Подключение разъема GUARD к объекту измерений

где:

U_t Измерительное напряжение

I_L Ток утечки (как следствие загрязнения и влажности)

I_M Ток материала (как следствие состояния материала)

I_A Ток амперметра

Результат без применения разъема GUARD: $R_{из} = U_t / I_A = U_t / (I_M + I_L)$ – некорректный.

Результат с применением разъема GUARD: $R_{из} = U_t / I_A = U_t / I_M$ – правильный.

Рекомендуется использовать подключение к GUARD при измерении больших значений сопротивлений изоляции (>10 ГОм).

Примечание:

- Защитный разъем GUARD имеет внутреннее сопротивление 400 кОм.
- Прибор имеет два защитных разъема, для простоты подключения экранированных измерительных кабелей.

5.3 Функция фильтра

Встроенные фильтры предназначены для снижения влияния шумов на результаты измерений. Данная функция обеспечивает более стабильные результаты, особенно при измерении больших значениях сопротивления изоляции (проверка сопротивления изоляции, диагностический тест, пошаговое увеличение напряжения). В этих режимах статус функции фильтра отображается в правом верхнем углу экрана. Таблица, приведенная ниже, отражает определения отдельных функций фильтра:

Функция фильтра	Значение
Fil0	Узкополосный фильтр с частотой отсечки сигнала 0,5 Гц.
Fil1	Дополнительный узкополосный фильтр с частотой отсечки сигнала 0,05 Гц.
Fil2	Fil1 с увеличенным временем интеграции (4 с).
Fil3	Fil2 с дополнительным циклическим усреднением 5 значений.

Таблица 2. Функции фильтра

НАЗНАЧЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ

Проще говоря, фильтры «сглаживают» измеренные значения тока посредством усреднения и сужения полосы пропускания. Существуют различные источники помех:

- переменные токи промышленной частоты и их гармоники, переходные процессы и т. д., вызывающие нестабильность результата. Эти токи вызывают перекрестные наводки в емкостях изоляции, вблизи работающих систем,
- Другие токи, протекающие в электромагнитной среде вблизи проверяемой изоляции.
- Пульсирующий ток внутреннего высоковольтного стабилизатора,
- Эффекты заряда высокоемкостных нагрузок и / или длинных кабелей.

Изменения напряжения относительно малы при больших сопротивлениях изоляции, поэтому наиболее важным является фильтрация измеренного тока.

Примечание:

Любая функция фильтра увеличивает время установления: Fil1 - до 60 с, Fil2 - до 70 с, а Fil3 - до 120 с.

- Необходимо уделить особое внимание выбору временных интервалов при использовании фильтров.
- Минимальное рекомендуемое время измерения при использовании фильтров равно соответствующему времени установления выбранной функции фильтра.

Пример:

Ток шума 1 мА / 50 Гц добавляет примерно ± 15 % погрешности к измеренному значению при 1 ГОм.

Выбор функции FIL1 позволяет снизить погрешность до значения менее ± 2 %.

Как правило, использование FIL2 и FIL3 дает дальнейшее уменьшение шума.

5.4 Измерение напряжения

При выборе данной функции могут быть отображены следующие состояния: первичное состояние и вывод результатов по окончании измерений.

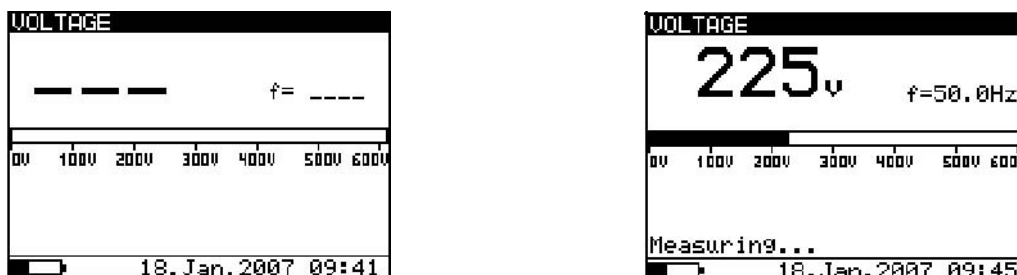


Рис. 7. Отображение функции измерения напряжения

Порядок проведения измерения:

- Подсоедините измерительные кабели к прибору и объекту измерений.
- Нажмите клавишу **START** для начала измерений, после чего начнется непрерывное измерение.
- Для остановки измерений повторно нажмите клавишу **START**.
- При необходимости результат может быть сохранен в памяти посредством двойного нажатия клавиши **MEM** (см. раздел 6.1. *Сохранение, вызов и удаление результатов*).

Внимание!

- См. раздел 3. *Предупреждения для изучения правил безопасности!*

5.5 Измерение сопротивления изоляции

При выборе данной функции могут быть отображены следующие состояния: первичное состояние и вывод результатов по окончании измерений.

На рисунке 8 показаны состояния дисплея, когда функция построения графика R(t) отключена (disabled)



Первичное состояние

Вывод результатов на экран

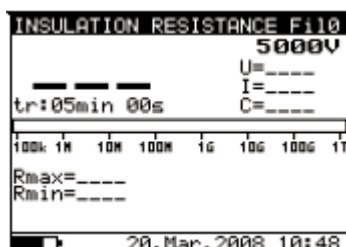
Рис. 8. Отображение функции измерения сопротивления изоляции при отключенной функции **Graph R(t)**

На рисунке 9 приведены состояния дисплея при активированной функции Graph R(t). При активированной функции Graph R(t) в первичном состоянии и после завершения измерений возможно переключение между цифровым и графическим представлением результатов посредством нажатия клавиш \uparrow или \downarrow :

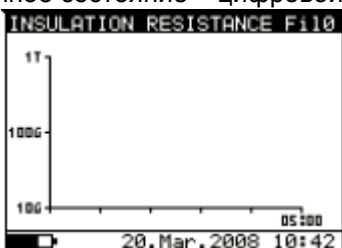
- ↑ графический режим
↓ цифровой режим.

Примечание:

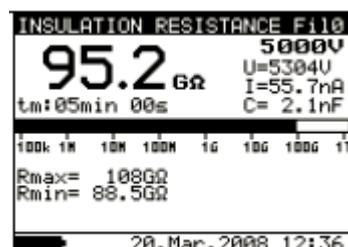
- Переключение режимов представления результатов невозможно в процессе измерения!!!



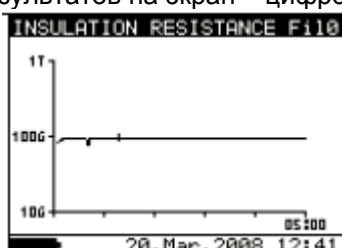
Первичное состояние – цифровой режим



Первичное состояние – графический режим



Вывод результатов на экран – цифровой режим



Вывод результатов на экран – графический режим

Рис. 9. Отображение функции измерения сопротивления изоляции при включенной функции *Graph R(t)*

Порядок проведения измерений:

- Подсоедините измерительные кабели к прибору и объекту измерений.
- Выберите функцию **INSULATION RESISTANCE** (сопротивление изоляции) в главном меню.
- Нажмите клавишу **START/STOP** и отпустите ее, после чего начнется непрерывное измерение.
- Дождитесь стабилизации измеренных значений, затем повторно нажмите клавишу **START/STOP** для остановки измерений или дождитесь, пока остановится таймер (если таймер активирован).
- Дождитесь окончания разряда испытываемого объекта.
- При необходимости результат может быть сохранен в памяти посредством двойного нажатия клавиши **MEM** (см. раздел 6.1. *Сохранение, вызов и удаление результатов*).

Условные обозначения:

INSULATION RESISTANCE СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ)	Название выбранной функции
Off fil0 (Fil1, Fil2, Fil3)	Тип выбранного фильтра (см. раздел 4.2. <i>Configuration (Конфигурация)</i>)
5000V	Установленное измерительное напряжение
U=5323V	Измеренное значение измерительного напряжения
I=266nA	Измеренное значение измерительного тока
19.9GΩ	Сопротивление изоляции – результат
C=0.0nF	Емкость объекта измерений
tm:04 min 26 sek	Временная информация – длительность испытания
Bar	Аналоговое представление результата
Rmax=20.1GΩ	Максимальное значение результата (только при активированном таймере)
Rmin=19.9GΩ	Минимальное значение результата (только при активированном таймере)

Примечания:

- Если таймер не активирован, то вместо показаний таймера отображается символ **OFF**.
- В процессе измерения показания таймера отображают время, оставшееся для выполнения измерений (tr), а по окончании - длительность измерения (tm).
- В процессе измерения на экране отображается знак, предупреждающий о наличии высокого напряжения, для оповещения оператора о возможном присутствии опасного напряжения.
- Значение емкости измеряется во время окончательной разрядки объекта измерений.

Установка параметров для измерения сопротивления изоляции:

- Нажмите клавишу **SELECT**, при этом появится меню настроек, см. рисунок 10.
- Выберите параметр (строку) для настройки, используя клавиши \uparrow и \downarrow ;
- Отрегулируйте значение, используя клавиши \leftarrow и \rightarrow . Переход к следующему подпараметру осуществляется нажатием клавиши **SELECT** (если подпараметров 2 или более) и повторите настройку.
- Завершите настройку значений, нажав клавишу **ESC** или **START/STOP** (для непосредственного начала измерений). Сохранятся последние отображенные установки.

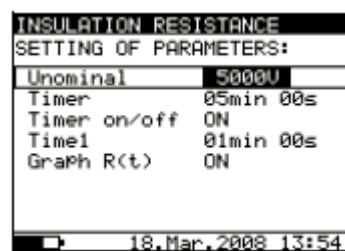


Рис. 10. Меню настроек в режиме измерения сопротивления изоляции

Условные обозначения:

INSULATION RESISTANCE (СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ)		Название выбранной функции
SETTING PARAMETERS (Устанавливаемые параметры):		
Уномин.	5000V	Установка измерительного напряжения – шаг 25 В
Timer (Таймер)	5 min 00 sec	Продолжительность измерения
Timer on/off (Таймер вкл/выкл)	ON	ON: таймер активирован, OFF: не активирован
Time1	1 min 00 sec	Время получения и отображения первых результатов Rmin и Rmax
Graph R(t)	ON	Включение / выключение функции Graph R(t)

Timer и Time1 - независимые таймеры. Максимальное время для каждого из них равно 30 мин 60 сек.

Внимание!

- См. раздел 3. *Предупреждения* для изучения правил безопасности!

Включение / выключение функции graph R(t) и установка параметров:

- Нажмите клавишу **SELECT**, при этом появится меню настроек, см. рисунок 11.
- Выберите параметр **Graph R(t)**, используя клавиши \uparrow и \downarrow ;
- Активируйте или отключите функцию **Graph R(t)**, используя клавиши \leftarrow и \rightarrow .
- Нажмите клавишу **SELECT** для настройки параметров в функции **Graph R(t)**, см. рисунок 12. Для возврата в основное меню настроек функции **Insulation Resistance** нажмите клавишу **ESC**.
- Завершите настройку параметров нажатием клавиши **ESC** или **START/STOP** (для непосредственного начала измерений). Сохранятся последние отображенные установки.

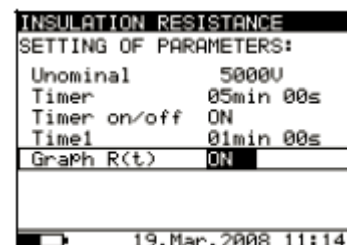


Рис. 11. Меню настроек в режиме измерения сопротивления изоляции

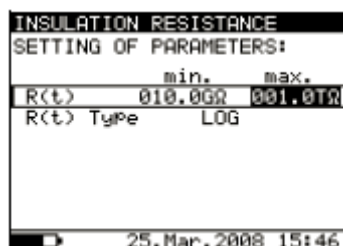


Рис. 12. Меню настроек функции **Graph R(t)**

Примечания:

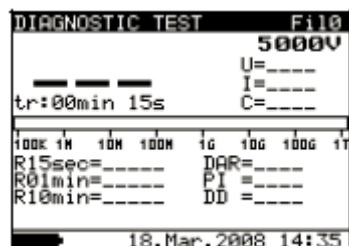
- Если таймер не активирован (**OFF**), то активизация функции **Graph R(t)** невозможна.
- Длительность графика **R(t)** равна значению таймера Timer.
- Значение таймера может быть большим (до 30 мин), поэтому для вывода графика на экран применяется специальный автоматический прореживающий алгоритм.
- Курсоры на графике могут быть активированы с помощью клавиши \leftarrow .
- Движение курсора по графику осуществляется с помощью клавиш \leftarrow и \rightarrow .

Внимание!

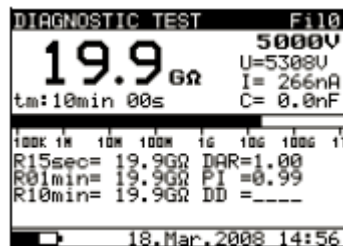
- См. раздел 3. *Предупреждения* для изучения правил безопасности!

5.6 Диагностическая проверка

При выборе данной функции могут быть отображены следующие состояния: первичное состояние и вывод результатов по окончании измерений.



Первичное состояние



Вывод результатов на экран

Рис. 13 Отображение функции диагностической проверки при отключенной функции **Graph R(t)**

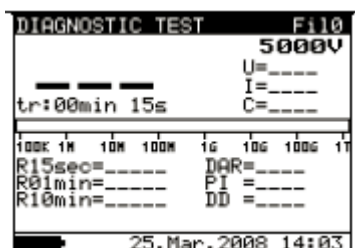
На рисунке 14 приведены состояния дисплея при активированной функции Graph R(t). При активированной функции Graph R(t) в первичном состоянии и после завершения измерений возможно переключение между цифровым и графическим представлением результатов посредством нажатия клавиш \uparrow или \downarrow :

\uparrow графический режим

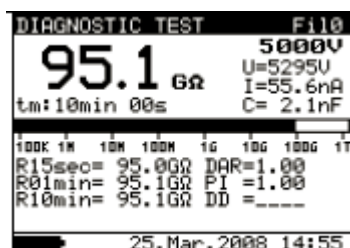
\downarrow цифровой режим.

Примечание:

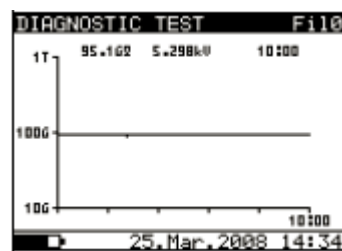
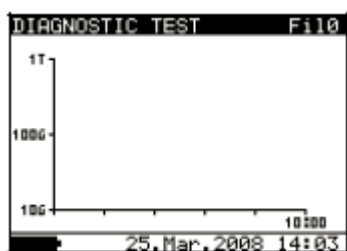
- Переключение режимов представления результатов невозможно в процессе измерения!!!



Первичное состояние – цифровой режим



Вывод результатов на экран – цифровой режим



Первичное состояние – графический режим Вывод результатов на экран – графический режим

Рис. 14. Отображение функции диагностической проверки при включенной функции **Graph R(t)**

Диагностическая проверка является продолжительным испытанием для определения качества материала изоляции. По результатам этого испытания можно принимать решение о заблаговременной замене изоляционного материала.

КОЭФФИЦИЕНТ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ (DAR)

Коэффициент DAR равен отношению значений сопротивления изоляции, измеренных спустя 15 с и 1 минуту после начала измерения. Измерительное напряжение постоянного тока присутствует в течение всего периода измерения (также выполняется измерение сопротивления изоляции). По окончании измерений отображается значение DAR:

$$DAR = \frac{R_{из}(1мин)}{R_{из}(15сек)}$$

Типовые значения:

Значение DAR	Состояние изоляционного материала
< 1,25	Не приемлемо
< 1,6	Изоляция считается хорошей
> 1,6	Отлично

Примечание:

При определении $R_{из}$ (15 сек) учитывайте емкость испытываемого объекта. Она должна зарядиться в течение первого промежутка времени (15 сек). Ориентировочное значение максимальной емкости:

$$C_{\text{макс}} [\text{мкФ}] = \frac{t [\text{сек}] 10^3}{U [\text{В}]}$$

где:

t первый отрезок времени (например, 15 сек)

U измерительное напряжение.

Во избежание этой проблемы, увеличьте значение параметра **DIAG. Starting time** (Время пуска при ДИАГ. тесте) в меню CONFIGURATION (КОНФИГУРАЦИЯ), поскольку пуск таймера при ДИАГНОСТИЧЕСКОМ ТЕСТЕ зависит от выходного измерительного напряжения. Таймер начинает работать, когда выходное

измерительное напряжение достигает предельного значения, зависящего от параметров **DIAG. Starting time** и **Unominal** (номинальное измерительное напряжение).

Использование функции фильтров (fil1, fil2, fil3) в режиме DAR не рекомендуется!

Процедура анализа измеренного сопротивления изоляции и вычисление DAR и PI являются эффективными профилактическими мерами при обслуживании изоляции.

ИНДЕКС ПОЛЯРИЗАЦИИ (PI)

PI равен отношению значений сопротивления изоляции, измеренных спустя 1 минуту и 10 минут после начала измерения. Измерительное напряжение постоянного тока присутствует в течение всего периода измерения (также выполняется измерение сопротивления изоляции). По окончании измерения отображается значение PI:

$$PI = \frac{R_{из}(10\text{мин})}{R_{из}(1\text{мин})}$$

Примечание:

При определении $R_{из}$ (1 мин) учитывайте емкость испытываемого объекта. Она должна зарядиться в течение первого промежутка времени (1 мин). Ориентировочное значение максимальной емкости:

$$C_{\text{макс}} [\mu\text{кФ}] = \frac{t [\text{сек}] 10^3}{U [\text{В}]}$$

где:

t первый отрезок времени (например, 1 мин)

U напряжение измерительное.

Во избежание этой проблемы, увеличьте значение параметра **Время пуска при ДИАГ. тесте** в меню CONFIGURATION (КОНФИГУРАЦИЯ), поскольку пуск таймера при ДИАГНОСТИЧЕСКОМ ТЕСТЕ зависит от выходного измерительного напряжения. Таймер начинает работать, когда выходное измерительное напряжение достигает предельного значения, зависящего от параметров **DIAG. Starting time** и **Unominal** (номинальное измерительное напряжение).

Процедура анализа измеренного сопротивления изоляции и вычисление DAR и PI являются эффективными профилактическими мерами при обслуживании изоляции.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЯД (DD)

DD - это диагностическая проверка изоляции, проводимая после выполнения измерения сопротивления изоляции. Обычно изоляционный материал оставляют подключенным к измерительному напряжению на период 10 ... 30 мин, а затем разряжают перед проведением теста DD. По истечении 1 минуты измеряется ток разряда для определения поглощения заряда изоляционным материалом. Высокий ток поглощения указывает на загрязнение изоляции, в основном, из-за влажности:

$$DD = \frac{I_{\text{разряда}}(1\text{мин})[\text{мА}]}{U[\text{В}]\cdot C[\text{Ф}]},$$

где:

$I_{\text{разряда}}(1\text{ мин})$ – ток разряда, измеренный по истечении 1 минуты после разряда;

U – Измерительное напряжение;

C – емкость объекта измерений.

Порядок выполнения измерений:

- Выберите функцию **DIAGNOSTIC TEST** (ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА) в ГЛАВНОМ МЕНЮ.
- Подсоедините измерительные кабели к прибору и объекту измерений.
- Нажмите клавишу **START/STOP** для начала измерений.
- Дождитесь истечения времени таймера и отображения результатов.
- Дождитесь разряда объекта измерений
- Результат может быть сохранен двойным нажатием клавиши **MEM**, как описано в разделе 6.1. . *Сохранение, вызов и удаление результатов.*

Условные обозначения:

DIAGNOSTIC TEST (ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА)	Название выбранной функции
Fil0 (Fil1, Fil2, Fil3)	Тип активного фильтра, см. раздел 4.2. Configuration (Конфигурация)
5000V	Значение измерительного напряжения – шаг 25 В
U=5295	Измеренное значение испытательного напряжения
I=55, 6nA	Измеренное значение испытательного тока
10.5 GΩ	Результат измерения сопротивления изоляции
C=2.1nF	Емкость объекта измерений
Tr:00min 15s	Установленное значение таймера
Bar	Аналоговое представление результата Rиз
R15sek=10.6GΩ	Значение сопротивления, измеренное по истечении 1-го отрезка времени
R01min=10.5GΩ	Значение сопротивления, измеренное по истечении 2-го отрезка времени
R10mun=10.5GΩ	Значение сопротивления, измеренное по истечении 3-го отрезка времени
DAR=1.67	Значение DAR, равное R01мин / R15сек
PI=1.21	Значение PI, равное R10мин/R01мин
DD=	Результат определения DD

Примечания:

- В процессе измерения на экране отображается знак, предупреждающий о наличии высокого напряжения, для оповещения оператора о возможном присутствии опасного напряжения.
- Значение емкости измеряется во время окончательного разряда объекта измерений.
- Если функция активирована, прибор измеряет DD, когда значение измеренной емкости находится в пределах от 5 нФ до 50 мкФ.

Установка параметров для диагностического теста:

- Нажмите клавишу **SELECT**, при этом на экране появится меню настроек, см. рисунок 15.
- Выберите параметр (строку) для настройки, используя клавиши \uparrow и \downarrow ;
- Отрегулируйте значение, используя клавиши \leftarrow и \rightarrow .
- Завершите установку значений параметров, нажав клавишу **ESC** или **START/STOP** (для непосредственного начала измерений). Сохранятся последние отображенные установки.

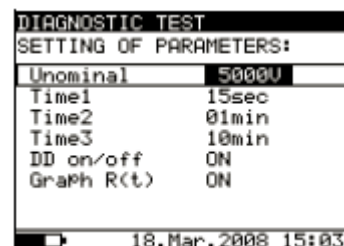


Рис. 15. Меню настроек при диагностической проверке

Условные обозначения:

DIAGNOSTIC TEST (ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА)		Название выбранной функции
SETTING PARAMETERS (Устанавливаемые параметры) :		
Unominal	5000V	Установленное значение измерительного напряжения – шаг 25 В
Time1	15sec	Момент времени измерения R1, здесь R15sec
Time2	01min	Момент времени измерения R2, здесь R01min и вычисления DAR
Time3	10min	Момент времени измерения R3, здесь R10min и вычисления PI
DD on/off	ON	ON: функция DD активна, OFF: функция DD не активна
Graph R(t)	ON	Включение / выключение функции Graph R(t)

Time1, Time2 и Time3 - таймеры с одним и тем же временем пуска. Значение каждого из них равно промежутку времени от начала измерений. Максимальное значение равно 30 мин. На рисунке 16, приведенном ниже, показана взаимосвязь таймеров.

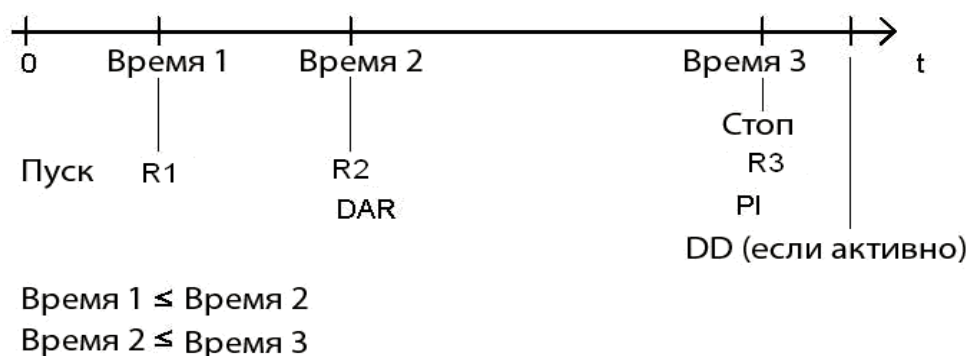


Рис. 16. Взаимосвязь таймеров

Включение / выключение функции graph R(t) и установка параметров:

- Нажмите клавишу **SELECT**, при этом появится меню настроек, см. рисунок 17.
- Выберите параметр **Graph R(t)**, используя клавиши \uparrow и \downarrow ;
- Активируйте или отключите функцию **Graph R(t)**, используя клавиши \leftarrow и \rightarrow .
- Нажмите клавишу **SELECT** для настройки параметров в функции **Graph R(t)**, см. рисунок 18. Для возврата в основное меню настроек функции **Diagnostic Test** нажмите клавишу **ESC**.
- Завершите настройку параметров нажатием клавиши **ESC** или **START/STOP** (для непосредственного начала измерений). Сохранятся последние отображенные установки.

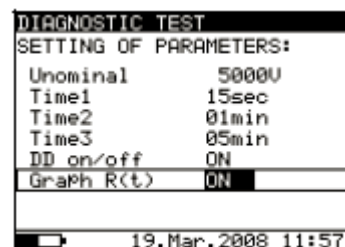


Рис. 17. Меню настроек в режиме диагностической проверки

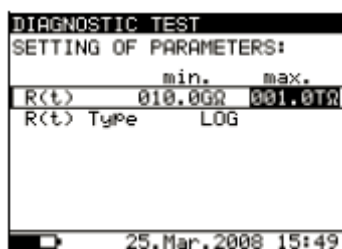


Рис. 18. Меню настроек функции Graph R(t)

Примечания:

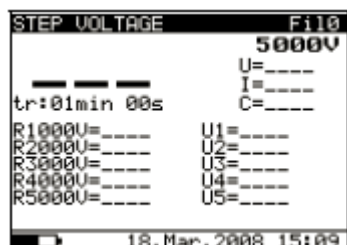
- Длительность графика **R(t)** равна значению таймера Time3.
- Значение таймера может быть большим (до 30 мин), поэтому для вывода графика на экран применяется специальный автоматический прореживающий алгоритм.
- Курсоры на графике могут быть активированы с помощью клавиши \leftarrow .
- Движение курсора по графику осуществляется с помощью клавиш \leftarrow и \rightarrow .

Внимание!

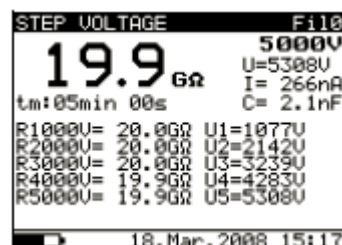
- См. раздел 3. *Предупреждения* для изучения правил безопасности!

5.7 Измерение сопротивления изоляции пошагово изменяющимся напряжением

При выборе данной функции могут быть отображены следующие состояния: первичное состояние и вывод результатов по окончании измерений.



Первичное состояние



Вывод результатов на экран

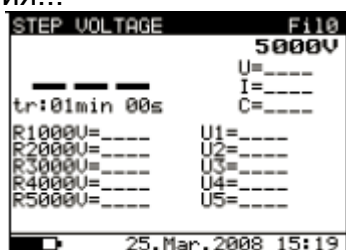
Рис. 19. Отображение функции проверки сопротивления изоляции при пошаговом изменении напряжения при отключенной функции **Graph R(t)**

На рисунке 20 приведены состояния дисплея при активированной функции Graph R(t). При активированной функции Graph R(t) в первичном состоянии и после завершения измерений возможно переключение между цифровым и графическим представлением результатов посредством нажатия клавиш ↑ или ↓:

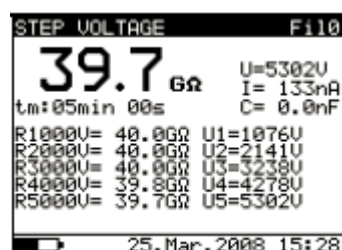
- ↑ графический режим
- ↓ цифровой режим.

Примечание:

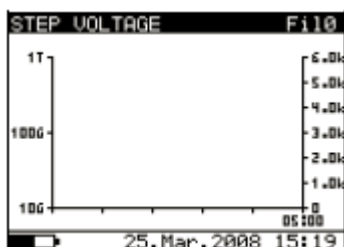
- Переключение режимов представления результатов невозможно в процессе измерения!!!



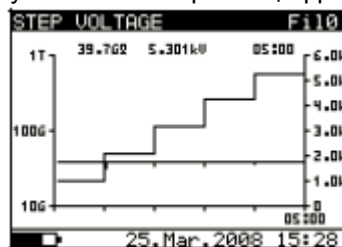
Первичное состояние – цифровой режим



Вывод результатов на экран – цифровой режим



Первичное состояние – графический режим



Вывод результатов на экран – графический режим

Рис. 20. Отображение функции проверки сопротивления изоляции при пошаговом изменении напряжения при включенной функции **Graph R(t)**

Изоляция проверяется на пяти равных отрезках времени с измерительным напряжением, начиная от величины, равной одной пятой конечного значения, до конечного значения (см. рисунок 21). Данная функция показывает зависимость измеренного сопротивления изоляции от измерительного напряжения.

Порядок выполнения измерений:

- Подсоедините измерительные кабели к прибору и объекту измерений.
- Нажмите клавишу **START/STOP** для начала измерений.
- Дождитесь истечения времени таймера и отображения результатов.
- Дождитесь разряда объекта измерений
- Результат может быть сохранен в памяти двойным нажатием клавиши **MEM**, как описано в разделе 6.1. *Сохранение, вызов и удаление результатов.*

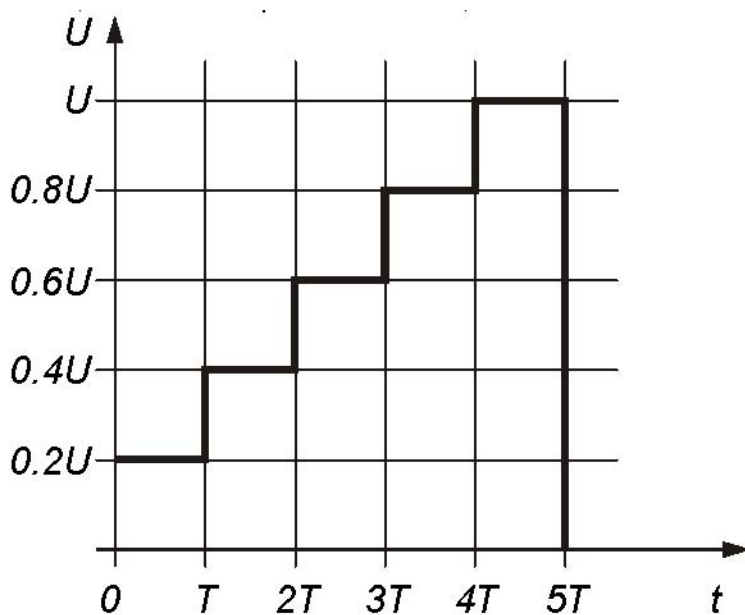


Рис. 21. Пошаговое изменение напряжения

Условные обозначения:

STEP VOLTAGE 5.7.1 (ПОШАГОВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ)	Название выбранной функции
Fil0 (Fil1, Fil2, Fil3)	Тип активного фильтра, см. раздел 4.2. Configuration (Конфигурация)
5000V	Значение измерительного напряжения – шаг 125 В
U=5308V	Измеренное значение измерительного напряжения
I=266nA	Измеренное значение измерительного тока
19.9GΩ	Результат измерения сопротивления изоляции
C=1.2nF	Емкость объекта измерений
Tm:05 min 00sec	Длительность измерений
R1000V=20.0GΩ	Последний результат of 1 ^{го} шага
R2000 V=20.0GΩ	Последний результат of 2 ^{го} шага
R3000V=20.0GΩ	Последний результат of 3 ^{го} шага
R4000V=19.9GΩ	Последний результат of 4 ^{го} шага

R5000V=19.9GΩ	Последний результат of 5 ^{го} шага
U1=1077V	Напряжение 1 ^{го} шага
U2=2142V	Напряжение 2 ^{го} шага
U3=3239V	Напряжение 3 ^{го} шага
U4=4283V	Напряжение 4 ^{го} шага
U5=5308V	Напряжение 5 ^{го} шага

Примечания:

- Информация таймера отображается от начала измерений до окончания каждого шага.
- Информация об общей длительности измерения отображается после его окончания.
- В процессе измерения на экране отображается знак, предупреждающий о наличии высокого напряжения, для оповещения оператора о возможном присутствии опасного напряжения.
- Значение емкости измеряется во время окончательного разряда объекта измерений.

Установка параметров для испытания пошагового изменяющимся напряжением:

- Нажмите клавишу **SELECT**, при этом на экране появится меню настроек, см. рисунок 22.
- Выберите параметр (строку) для настройки, используя клавиши \uparrow и \downarrow ;
- Отрегулируйте значение, используя клавиши \leftarrow и \rightarrow . Завершите установку значений параметров, нажав клавишу **ESC** или **START/STOP** (для непосредственного начала измерений). Сохранятся последние отображенные установки.

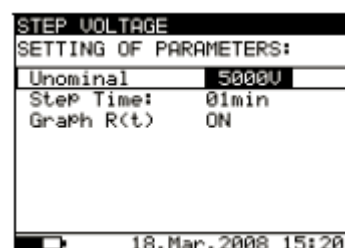


Рис. 22. Меню настроек при испытании пошаговым напряжением

Условные обозначения:

STEP VOLTAGE (ПОШАГОВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ)		Название выбранной функции
SETTING PARAMETERS (Устанавливаемые параметры) :		
Unominal	5000V	Значение измерительного напряжения – шаг 125 В
Step Time	01min	Длительность измерения одного шага
Graph R(t)	ON	Включение / выключение функции Graph R(t)

Включение / выключение функции graph R(t) и установка параметров в функции пошагового напряжения:

- Нажмите клавишу **SELECT**, при этом появится меню настроек, см. рисунок 23.
- Выберите параметр **Graph R(t)**, используя клавиши \uparrow и \downarrow ;
- Активируйте или отключите функцию **Graph R(t)**, используя клавиши \leftarrow и \rightarrow .
- Нажмите клавишу **SELECT** для настройки параметров в функции **Graph R(t)**, см. рисунок 24. Для возврата в основное меню настроек функции

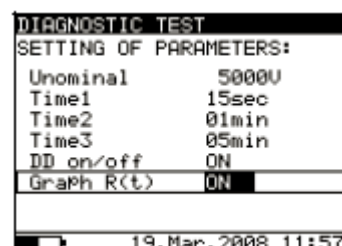


Рис. 23. Меню настроек в режиме диагностического тестирования

Step Voltage нажмите клавишу **ESC**.

- Завершите настройку параметров нажатием клавиши **ESC** или **START/STOP** (для непосредственного начала измерений). Сохранятся последние отображенные установки.

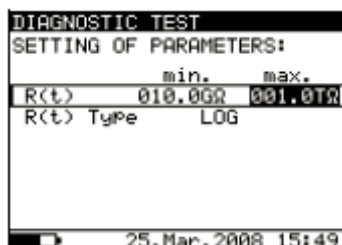


Рис. 24. Меню настроек функции **Graph R(t)**

Примечания:

- Длительность графика **R(t)** равна пятикратному значению Step Time.
- Значение таймера может быть большим (до 150 мин), поэтому для вывода графика на экран применяется специальный автоматический прореживающий алгоритм.
- Курсоры на графике могут быть активированы с помощью клавиши ←.
- Движение курсора по графику осуществляется с помощью клавиш ← и →.

Внимание!

- См. раздел 3. *Предупреждения* для изучения правил безопасности!

5.8 Выдерживаемое напряжение

Эта функция позволяет проверять напряжение, выдерживаемое изоляционным материалом. Она содержит два типа испытаний:

- а) Проверка напряжения пробоя высоковольтных устройств, например, выпрямителей;
- б) Испытание выдерживаемого постоянного напряжения.

Обе функции требуют определения тока пробоя. Измерительное напряжение в течение предустановленного времени возрастает шаг за шагом, от начального до конечного значения, и удерживается на конечном значении в течение временного промежутка, также заданного заранее, как показано на рисунке ниже.

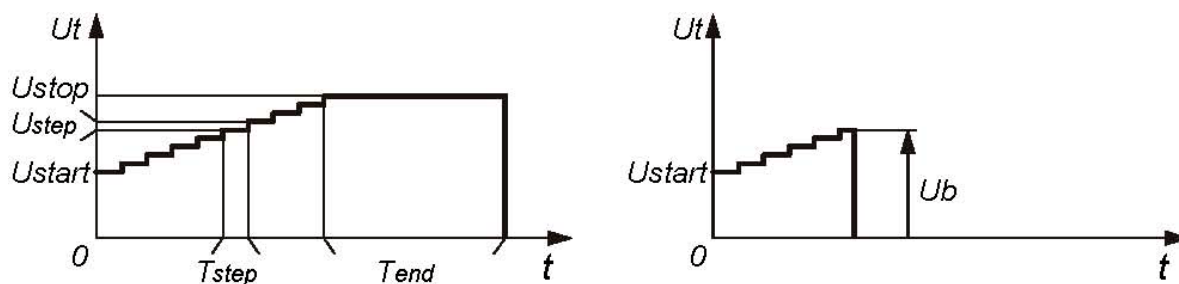


Рис. 25. Вид измерительного напряжения без пробоя (слева) и с пробоем (справа)

U_t Напряжение измерительное

U_{stop} ...Конечное значение измерительного напряжения

U_{step} ...Шаг напряжения, равный примерно 25 В (фиксированное значение – не регулируется)

U_{start} ...Первичное измерительное напряжение

T_{step} ...Длительность одного шага

T_{end} ...Длительность действия напряжения, достигшего конечного значения

tВремя

U_b Напряжение пробоя

При выборе данной функции могут быть отображены следующие состояния: первичное состояние и вывод результатов по окончании измерений.



Первичное состояние



Вывод результатов на экран

Рис. 26. Отображение функции определения выдерживаемого напряжения

Условные обозначения:

WITHSTANDING VOLTAGE DC (Выдерживаемое напряжение постоянного тока)	Название выбранной функции
2000V	Начальное измерительное напряжение
7000V	Конечное измерительное напряжение
7221V	Измеренное значение измерительного напряжения
I=0.002mA	Измеренное значение измерительного тока
tm:01min 00sec	Значение таймера
No breakdown	Пробоя не произошло

Порядок выполнения измерений:

- Подсоедините измерительные кабели к прибору и объекту измерений.
- Нажмите клавишу **START/STOP** для начала измерений.
- Дождитесь истечения времени таймера или пробоя испытываемой изоляции, а также отображения результата
- Дождитесь разряда объекта измерений
- При необходимости результат может быть сохранен в памяти посредством двойного нажатия клавиши **MEM** (см. раздел 6.1. *Сохранение, вызов и удаление результатов*).

Примечания:

- Пробой (**Breakdown**) определяется, когда измеренный ток утечки достигает или превышает установленное предельное значение тока **Itrig**.
- Таймер отражает время, необходимое для выполнения каждого шага измерения, а после его завершения - общую продолжительность измерения.
- В процессе измерения на экране отображается знак, предупреждающий о наличии высокого напряжения, для оповещения оператора о возможном присутствии опасного напряжения.

Установка параметров для проверки выдерживаемого напряжения:

- Нажмите клавишу **SELECT**, на экране появится меню Установки, см. рисунок 18.
- Выберите параметр (строку) для настройки, используя клавиши \uparrow и \downarrow ;
- Отрегулируйте значение, используя клавиши \leftarrow и \rightarrow . Переход к следующему параметру осуществляется нажатием клавиши **SELECT** (при наличии 2-х или более параметров) и повторите установку.
- Завершите настройку параметров нажатием клавиши **ESC** или **START/STOP** (для непосредственного начала измерений). Сохранятся последние отображенные установки.

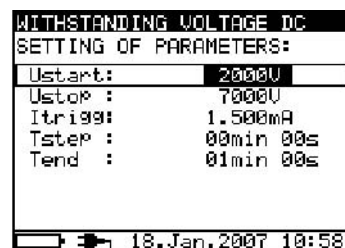


Рис. 27. Меню настроек при определении выдерживаемого напряжения

Tstep и Tend - независимые таймеры. Максимальное время для каждого из них равно 30 мин 60 с. Tend стартует по окончании периода нарастания напряжения. Период нарастания напряжения (Tramp) может быть вычислен по формуле:

$$\text{Tramp} \approx \text{Tstep} \cdot (\text{Ustop} - \text{Ustart}) / 25 \text{ В}$$

Если Tstep установлен на 00 min 00 sec, тогда пошаговое напряжение возрастает примерно на 25 В за 2 с.

Условные обозначения:

WITHSTANDING VOLTAGE DC (Выдерживаемое напряжение постоянного тока)		Название выбранной функции
SETTING PARAMETERS (Устанавливаемые параметры):		
Ustart	2000V	Начальное измерительное напряжение, шаг 25 В
Ustop	7000V	Конечное измерительное напряжение, шаг 25 В
Tstep	00min 00s	Длительность шага
Tend	01min 00s	Длительность стабилизированного значения напряжения после достижения конечного значения
Itrigg	1.500 mA	Установленный предельный ток утечки, шаг = 10 мкА

Внимание!

- См. раздел 3. *Предупреждения* для изучения правил безопасности!

6 Работа с результатами измерений

6.1 Сохранение, вызов и удаление результатов

Прибор обладает возможностью сохранения результатов в памяти. Это необходимо для обеспечения возможности проведения измерений с последующим вызовом результатов, выполнения их анализа и печати, а также передачи на компьютер для последующей обработки.

После нажатия клавиши **MEM**, вид меню будет соответствовать показанному на рис. 28. Предлагаются опции сохранения (SAVE), вызова (RCL) и удаления (CLR) результатов.

SAVE CLR RCL nnnn

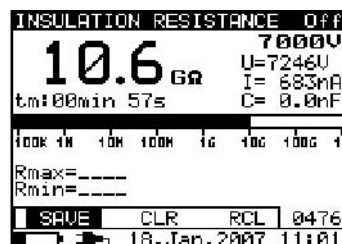


Рис. 28. Меню сохранения

Символы **nnnn** (в данном примере - 0476) означают порядковый номер сохраняемого результата.

С помощью клавиш **←** и **→** можно выполнить следующие действия:

- Сохранить результат: Выберите **SAVE** (СОХРАНИТЬ) и подтвердите операцию нажатием клавиши **MEM**.
- Вызов сохраненного результата: Выберите **RCL** (ВЫЗОВ) и подтвердите операцию нажатием клавиши **MEM**, после чего отобразится последний результат. Верхняя строка меню изменится на:

Вызов результатов без функции graph R(t):

Recall: 0006

Вызов результатов с функцией graph R(t):

Recall: 0007 G

Числа 0006 и 0007 означают порядковый номер сохраненного результата. Буква G означает график R(t). С помощью клавиш **↑** и **↓** могут быть выбраны другие сохраненные результаты. Чтобы просмотреть график R(t), нажмите клавишу **SELECT**, чтобы вернуться к цифровому представлению результатов – клавишу **ESC**.

Нажмите клавишу **ESC** или **Start** для выхода из меню вызова результатов.

- Для стирания последнего сохраненного результата: выберите **CLR** (УДАЛИТЬ) и нажмите клавишу **MEM** для подтверждения.

Для полной очистки памяти, обратитесь к разделу 4.2. *Configuration* (Конфигурация).

Кроме основного результата, сохраняются также промежуточные результаты и параметры выбранной функции. Ниже приведен перечень параметров, сохраняемых для каждой функции.

Функция	Перечень сохраняемых данных
Voltage (Напряжение)	Наименование функции Измеренное напряжение Частота измеренного напряжения Порядковый номер сохраненного результата Дата * Время *
Insulation resistance (Сопротивление изоляции)	Наименование функции Измеренное значение сопротивления изоляции Установленное измерительное напряжение Измеренное значение измерительного напряжения Измеренное значение измерительного тока Емкость объекта измерений Длительность измерений Максимальное значение измеренного сопротивления Минимальное значение измеренного сопротивления Порядковый номер сохраненного результата Дата * Время *
Diagnostic test (Диагностическая проверка)	Наименование функции Последнее измеренное сопротивление изоляции Установленное измерительное напряжение Измеренное значение измерительного напряжения Измеренное значение измерительного тока Емкость объекта измерений Длительность измерений Значение сопротивления изоляции, измеренное при T1 Значение сопротивления изоляции, измеренное при T2 Значение сопротивления изоляции, измеренное при T3 Значение DAR Значение PI Значение DD Порядковый номер сохраненного результата Дата * Время *

Withstanding voltage DC (Выдерживаемое напряжение постоянного тока)	Наименование функции Последнее измеренное значение измерительного напряжения Установленное начальное напряжение Установленное конечное напряжение Установленное значение предельного тока утечки Измеренное значение измерительного тока Установленная длительность шага Установленное время окончания Фактическое время измерения (при конечном значении напряжения) Порядковый номер сохраненного результата Дата * Время *
Step voltage (Пошаговое изменение напряжения)	Наименование функции Последнее измеренное сопротивление изоляции Установленное измерительное напряжение Измеренное значение измерительного напряжения Измеренное значение измерительного тока Емкость объекта измерений Полная длительность измерения Сопротивление, измеренное на первом шаге при своем номинальном напряжении Измеренное значение измерительного напряжения на первом шаге Сопротивление, измеренное на втором шаге при своем номинальном напряжении Измеренное значение измерительного напряжения на втором шаге Сопротивление, измеренное на третьем шаге при своем номинальном напряжении Измеренное значение измерительного напряжения на третьем шаге Сопротивление, измеренное на четвертом шаге при своем номинальном напряжении Измеренное значение измерительного напряжения на четвертом шаге Сопротивление, измеренное на последнем шаге при своем номинальном напряжении Измеренное значение измерительного напряжения на последнем шаге Порядковый номер сохраненного результата Дата * Время *

Примечание:

- *Дата и время **сохранения** результатов передаются в ПК, в то время как дата и время **вызова** отображаются при выводе их на экран прибора.

6.2 Передача данных в ПК

Сохраненные результаты могут быть отправлены в ПК. Специальная программа **TeraLink-PRO** обладает возможностью идентификации прибора и загрузки данных.

Порядок передачи сохраненных данных:

- Подключите COM - разъем ПК к прибору, используя кабель RS232 или USB.
 - Включите ПК и прибор.
 - Установите режим передачи данных (RS232 или USB) и скорость передачи (ГЛАВНОЕ МЕНЮ / CONFIGURATION / Com Port). Далее необходимо выйти из меню CONFIGURATION нажатием клавиши **ESC**.
 - Запустите на ПК программу **TeraLink-PRO**. Выберите порт связи и скорость передачи данных (Configuration / Com Port). При выборе порта связи можно воспользоваться функцией автоматического поиска **Auto Find**. Если функция **Auto Find** не сработала в первый раз, попробуйте снова.
 - ПК и прибор должны автоматически определить друг друга.
- С помощью программного обеспечения **TeraLink-PRO** могут быть выполнены следующие действия:
- загрузка данных;
 - очистка данных в приборе;
 - изменение и загрузка пользовательских данных;
 - подготовка простого отчета измерений;
 - подготовка файла для представления в виде электронной таблицы.

Программа **Teralink-PRO.exe** совместима с **Windows 2000/XP/VISTA™**.

7 Обслуживание

7.1 Осмотр

Для обеспечения безопасности и надежности функционирования прибора, рекомендуется проводить регулярный осмотр прибора. Убедитесь в том, что прибор и его принадлежности не повреждены. При выявлении дефектов, необходимо обратиться в сервисный центр, к дистрибьютору или производителю.

7.2 Первоначальная установка и зарядка батарей

Батарейный отсек располагается в нижней части корпуса прибора и закрыт крышкой (см. рисунок 29).

При первоначальной установке батарей необходимо:

- ◆ Отсоединить все принадлежности и кабель питания от прибора перед открытием крышки отсека батарей, во избежание удара электрическим током.
- ◆ Снять крышку отсека батарей.
- ◆ Правильно установить батареи (см. рисунок 29), в противном случае прибор не будет работать!
- ◆ Для упрощения установки, сначала установите верхние и нижние батареи в каждом ряду, а затем - средние.
- ◆ Крышка отсека батарей должна быть установлена обратно и закреплена.

Подключите прибор к источнику питания на 20 часов, для полного заряда батарей. Типовой ток заряда равен 600 мА.

По окончании первичного заряда батарей, обычно необходимо 3 цикла заряда - разряда для выработки максимальной емкости батарей.

7.3 Замена и зарядка батарей

Конструкция прибора предусматривает питание от аккумуляторных батарей, заражаемых от сети. ЖК экран отображает индикатор состояния батарей (в нижней левой части экрана). При появлении индикатора низкого заряда, подключите прибор к источнику питания на 20 часов для перезаряда батарей. Типовой ток заряда равен 600 мА.

Примечание:

- Оператор не должен отключать прибор от источника питания после окончания цикла перезарядки. Прибор может быть подключен постоянно.

Полного заряда аккумуляторных батарей достаточно для работы прибора в течение 4 часов. (измерения при 10 кВ)

Если батареи хранились в течение длительного времени, обычно необходимо 3 цикла заряда - разряда для выработки максимальной емкости батарей.

Батарейный отсек располагается в нижней части корпуса прибора и закрыт крышкой (см. рисунок 29).

При неисправности батарей, необходимо проделать следующее:

- ♦ Выключите питание и отсоедините все принадлежности и кабель питания, перед открытием крышки отсека батарей, во избежание удара электрическим током.
- ♦ Снимите крышку отсека батарей.
- ♦ Замените все шесть элементов питания на аналогичные.
- ♦ Для упрощения, сначала снимите верхние и нижние батареи в каждом ряду, а затем - средние.
- ♦ Правильно установить батареи (см. рисунок 29), в противном случае прибор не будет работать!
- ♦ Для упрощения установки, сначала установите верхние и нижние батареи в каждом ряду, а затем - средние.
- ♦ Крышка отсека батарей должна быть установлена обратно и закреплена.
- ♦ Прибор не будет работать от сети при отсутствии аккумуляторных батарей внутри!

Номинальное напряжение питания равно 7,2 В постоянного тока. Используйте шесть NiMH элементов питания, размер которых соответствует IEC LR20 (габариты: диаметр = 33 мм, высота = 58 мм). См. рисунок 29, приведенный ниже, для правильного выбора полярности при установке батарей.

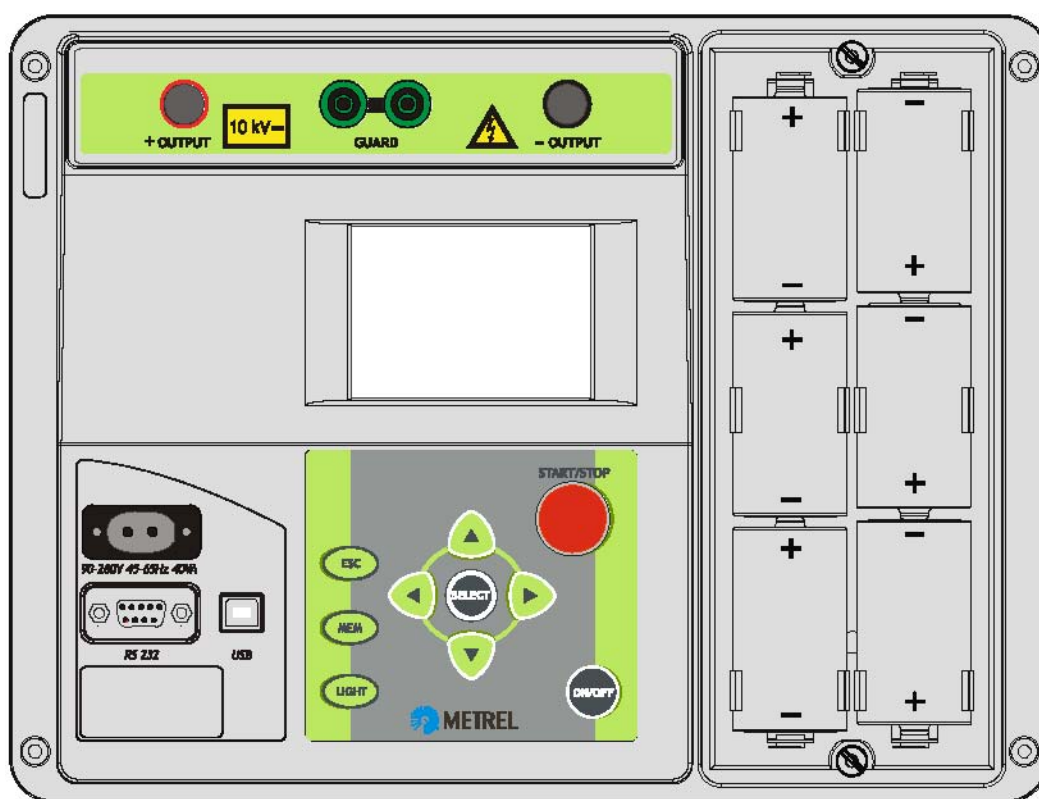


Рис. 29. Правильный выбор полярности при установке батарей

Руководствуйтесь указаниями производителя при обращении с батареями и их обслуживании!

7.4 Чистка

Используйте мягкую ткань, слегка смоченную мыльной водой или спиртом, для очистки поверхности прибора, и оставьте прибор до полного высыхания перед тем, как его использовать.

Примечания!

- Не используйте жидкости на основе бензина или углеводорода!
- Не проливайте очищающую жидкость на прибор!

7.5 Калибровка

Все измерительные приборы подлежат обязательной калибровке. При редком использовании, рекомендуется ежегодное выполнение калибровки. При продолжительном ежедневном использовании прибора, рекомендуется выполнение калибровки каждые 6 месяцев.

7.6 Ремонт

Для выполнения гарантийного или послегарантийного ремонта, обращайтесь к Вашему дистрибьютору.

8 Технические характеристики

8.1 Измерения

Примечание: Все данные о погрешности приведены для номинальных (рекомендованных) условий применения.

Сопротивление изоляции

Номинальное измерительное напряжение: Любое, от 500 до 10000 В

Ток измерительного генератора: >1 мА

Измерительный ток КЗ: 5 мА, $\pm 10\%$.

Автоматический разряд объекта измерений: да

Диапазон измерений $R_{из}$: от 0,12 МОм до 10 ТОм^{*})

Диапазон измерения	Разрешение	Погрешность измерений
0 ... 999 кОм	1 кОм	$\pm(5\% \text{ от показаний} + 3 \text{ емр}^{**})$
1,00 ... 9,99 МОм	10 кОм	
10,0 ... 99,9 МОм	100 кОм	
100 ... 999 МОм	1 МОм	
1,00 ... 9,99 ГОм	10 МОм	
10,0 ... 99,9 ГОм	100 МОм	
100 ... 999 ГОм	1 ГОм	
1,00 ... 10,00 ТОм	10 ГОм	$\pm(5\% \text{ от показаний} + 3 \text{ емр})$

*Значение полной шкалы сопротивления изоляции определяется из следующего уравнения:

$$R_{\text{полной шкалы}} = 1 \text{ ГОм} \cdot U_{\text{изм}}[\text{В}]$$

**емр – единица младшего разряда.

Измерительное напряжение постоянного тока:

Значение напряжения: Любое, от 500 В до 10 кВ, с шагом 25 В.

Погрешность : -0 / +10 % + 20 В.

Выходная мощность: 10 Вт макс.

Диапазон измерения	Разрешение	Погрешность измерений
0 ... 9999 В	1 В	$\pm(3\% \text{ от показаний} + 3 \text{ В})$
$\geq 10 \text{ кВ}$	0,1 кВ	$\pm(3\% \text{ от показаний})$

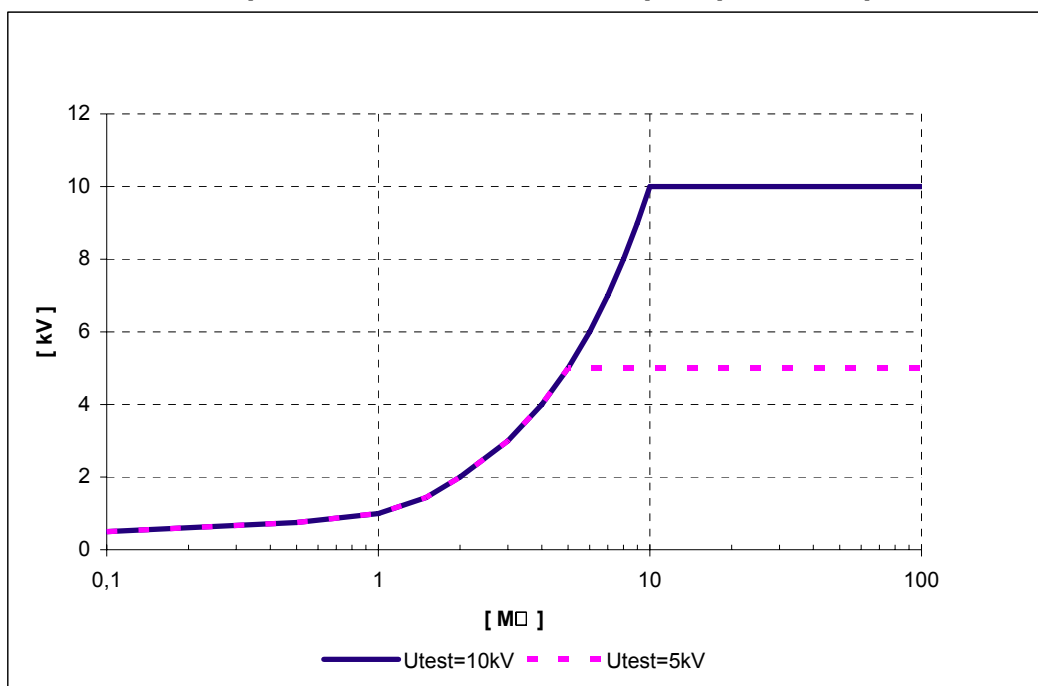
Ток:

Диапазон измерения	Разрешение	Погрешность измерений
1,0 ... 5,50 мА	10 мкА	$\pm(5\% \text{ от показаний} + 0,05 \text{ нА})$
100 ... 999 мкА	1 мкА	
10 ... 99,9 мкА	100 нА	
1 ... 9,99 мкА	10 нА	
100 ... 999 нА	1 нА	
10 ... 99,9 нА	0,1 нА	
0 ... 9,99 нА	0,01 нА	

Подавление тока шума (резистивная нагрузка)

Фильтр	Максимальный ток при 50 Гц (мА, скз).
Fil0	1,5
Fil1	2,5
Fil2	4,5
Fil3	5

Зависимость производительности генератора от сопротивления



Коэффициент диэлектрического поглощения DAR

Диапазон измерения	Разрешение	Погрешность измерений
0,01 ... 9,9	0,01	$\pm(5\% \text{ от показаний} + 2 \text{ емр})$
10,0 ... 100,0	0,1	$\pm 5\% \text{ от показаний}$

Индекс поляризации PI

Диапазон измерения	Разрешение	Погрешность измерений
0,01 ... 9,9	0,01	$\pm(5\% \text{ от показаний} + 2 \text{ емр})$
10,0 ... 100,0	0,1	$\pm 5\% \text{ от показаний}$

Диэлектрический разряд DD

Диапазон измерения	Разрешение	Погрешность измерений
0,01 ... 9,9	0,01	$\pm(5\% \text{ от показаний} + 2 \text{ емр})$
10,0 ... 100,0	0,1	$\pm 5\% \text{ от показаний}$

Диапазон емкости при измерении DD: от 5 нФ до 50 мкФ.

Пошаговое изменение напряжения

Измерительное напряжение постоянного тока:

Значение напряжения: Любое значение до 2000 В (400 В, 800 В, 1200 В, 1600 В, 2000 В) и 10 кВ (2000 В, 4000 В, 6000 В, 8000 В, 10 кВ), с шагом 125 В.

Погрешность: -0 / +10 % + 20 В.

Диапазон измерения	Разрешение	Погрешность измерений
0 ... 9999 В	1 В	$\pm(3 \% \text{ от показаний} + 3 \text{ В})$
$\geq 10 \text{ кВ}$	0,1 кВ	$\pm(3 \% \text{ от показаний})$

Выдерживаемое напряжение постоянного тока

Измерительное напряжение постоянного тока:

Значение напряжения: Любое значение от 500 В до 10 кВ.

Погрешность: -0 / +10 % + 20 В.

Диапазон измерения	Разрешение	Погрешность измерений
0 ... 9999 В	1 В	$\pm(3 \% \text{ от показаний} + 3 \text{ В})$
$\geq 10 \text{ кВ}$	0,1 кВ	$\pm(3 \% \text{ от показаний})$

Ток утечки Itrigg

Диапазон измерения (мА)	Разрешение (мкА)	Погрешность измерений
0,000 ... 0,009	1	$\pm(3 \% \text{ от показаний} + 3 \text{ емр})$
0,01 ... 5,50	10	$\pm 3 \% \text{ от показаний}$

Напряжение

Отображаемое внешнее напряжение переменного или постоянного тока

Диапазон измерения (В)	Разрешение (В)	Погрешность измерений
0 ... 600	1	$\pm(3 \% \text{ от показаний} + 4 \text{ В})$

Частота внешнего напряжения

Диапазон измерения (Гц)	Разрешение (Гц)	Погрешность измерений
0 и 45 ... 65	0,1	$\pm 0,2 \text{ Гц}$

Примечание:

- При частоте от 0 до 45 Гц отображается <45 Hz
- При частоте более 65 Гц отображается >65 Hz

Сопротивление на входе: 3 МОм $\pm 10 \%$ **Емкость**


Диапазон измерения C: 50 мкФ*

Диапазон измерения	Разрешение (нФ)	Погрешность измерений
0,0 ... 99,9 нФ	0,1	$\pm(5 \% \text{ от показаний} + 2 \text{ емр})$
100 ... 999 нФ	1	
1,00 ... 50,00 мкФ	10	

*Значение полной шкалы емкости определяется следующим уравнением:

$$C_{\text{полной шкалы}} = 10 \text{ мкФ} \cdot U_{\text{изм}}[\text{кВ}]$$

8.2 Общие характеристики

Питание.....	7,2 В пост. тока (6×1,2 В NiMH IEC LR20)
Питание от сети.....	90 ... 260 В пер. тока, 45 ... 65 Гц, 60 ВА (300 В KAT III)
Класс защиты	двойная изоляция 
Категория перенапряжения	KAT IV 600 В
Степень загрязнения.....	2
Степень защиты	IP 44 при закрытом кейсе
Габариты (ш × в × г)	36 x 16 x 33 см
Вес (с батареями, без принадлежностей) ..	5,5 кг
Визуальный и звуковой сигнал	да
Экран.....	ЖК экран с подсветкой (160 x 116)
Память.....	Энергонезависимая внутренняя память, 1000 измерений с временем и датой.

УСЛОВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Диапазон рабочих температур	-10 ... 50 °C
Номинальная (рекомендованная) температура	10 ... 30 °C
Температура хранения	-20 ... +70 °C.
Макс. относительная влажность	90% (0 ... 40 °C), без конденсата
Номинальная (рекомендованная) влажность	40 ... 60 %

АВТОКАЛИБРОВКА

Автокалибровка системы измерений.....каждый раз после включения прибора

СИСТЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ

Два безопасных разъема типа «банан»	+OUT, -OUT (10 кВ KAT I, Базовые)
Два ЗАЩИТНЫХ разъема типа «банан»	GUARD (600 В KAT IV, Двойные)
Защитное сопротивление	400 кОм ± 10 %

РАЗРЯД

Каждый раз по окончании измерений.

Разрядное сопротивление	425 кОм ± 10 %
-------------------------------	----------------

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ ПОРТ RS232

Соединение RS232.....	гальванически развязанное
Скорость передачи данных:	2400, 4800, 9600, 19200, 1 стоповый бит, нечетный.
Разъем:	стандартный RS232 9-штыревой, типа D «мама».

USB

Пассивное соединение USB гальванически развязанное

Скорость передачи данных 115000 кбит/с,

Разъем стандартный USB - тип B.

ЧАСЫ

Встроенные часы Отображаются постоянно; значения сохраняются с каждым результатом соответственно.

