



**Измеритель параметров изоляции  
многофункциональный  
MI 3201**

**Руководство пользователя**

*Версия 1.1 Кодовый № 20 751 272*

1	Введение .....	4
1.1	Назначение прибора .....	4
1.2	Примененные стандарты .....	4
2	Описание прибора .....	5
2.1	Корпус прибора .....	5
2.2	Панель управления .....	5
2.3	Разъемы .....	6
2.4	Принадлежности .....	7
2.5	Измерительные провода .....	7
3	Предупреждения .....	9
4	Проведение измерений .....	11
4.1	Включение прибора .....	11
4.2	Конфигурация .....	12
5	Измерения .....	14
5.1	Общие положения об испытаниях изоляции высоким напряжением постоянного тока.....	14
5.2	Защитный разъем .....	18
5.3	Функция фильтра .....	19
5.4	Измерение напряжения .....	20
5.5	Измерение сопротивления изоляции .....	21
5.6	Диагностическая проверка .....	25
5.7	Проверка сопротивления изоляции пошаговым изменением напряжения	31
5.8	Высоковольтные испытания .....	35
6	Работа с результатами измерений .....	38
6.1	Операции сохранения, чтения и стирания .....	38
6.2	Передача данных на ПК .....	40
7	Обслуживание .....	41
7.1	Осмотр .....	41
7.2	Первоначальная установка и зарядка батарей .....	41
7.3	Замена и зарядка батарей .....	41
7.4	Чистка .....	43
7.5	Калибровка .....	43
7.6	Сервис .....	43
8	Техническая спецификация .....	44
8.1	Измерения .....	44
8.2	Технические характеристики .....	47

# 1 Введение

## 1.1 Назначение прибора

**Прибор MI 3201** – это портативный измерительный прибор, с питанием от батареи или сети, предназначенный для измерения сопротивления изоляции с использованием высоких измерительных напряжений до 5 кВ. Его работа 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 3201:**

- Измерение значений сопротивления изоляции, до 10 ТОм
  - Программируемое измерительное напряжение, от 250 В до 5 кВ, шаг 25 В.
  - Выведение зависимостей  $R(t)$
  - Программируемый таймер, от 1 с до 30 мин
  - Автоматическое снятие заряда с объекта измерений по их окончании
  - Измерение емкости
- Измерение сопротивления изоляции при изменяемом (повышающемся) напряжении
  - Пять дискретных значений измерительного напряжения, установленных пропорционально, в пределах заданного диапазона
  - Программируемый таймер от 1 мин до 30 мин на один этап
- Индекс поляризации  $PI$ , коэффициент диэлектрического поглощения ( $DAR$ ) и Коэффициент диэлектрического разряда ( $DD$ )
  - $PI = R_{изол}(t_2) / R_{изол}(t_1)$
  - $DAR = R_{01мин} / R_{15сек}$
  - $DD = I_{разряда}(1мин) / C \cdot U$
- Высоковольтные испытания постоянным напряжением до 5 кВ
  - Программируемое пилообразное измерительное напряжение от 250 В до 5 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 выдает легко читаемые результаты и дополнительные параметры. Работа прибора проста и понятна; оператор не нуждается в специальной подготовке (за исключением прочтения и понимания настоящего Руководства пользователя) для работы с прибором.

Прибор позволяет хранить результаты измерений. Профессиональное программное обеспечение для ПК обеспечивает простую передачу результатов измерений и других параметров в обоих направлениях между измерительным прибором и ПК.

## 1.2 Примененные стандарты

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

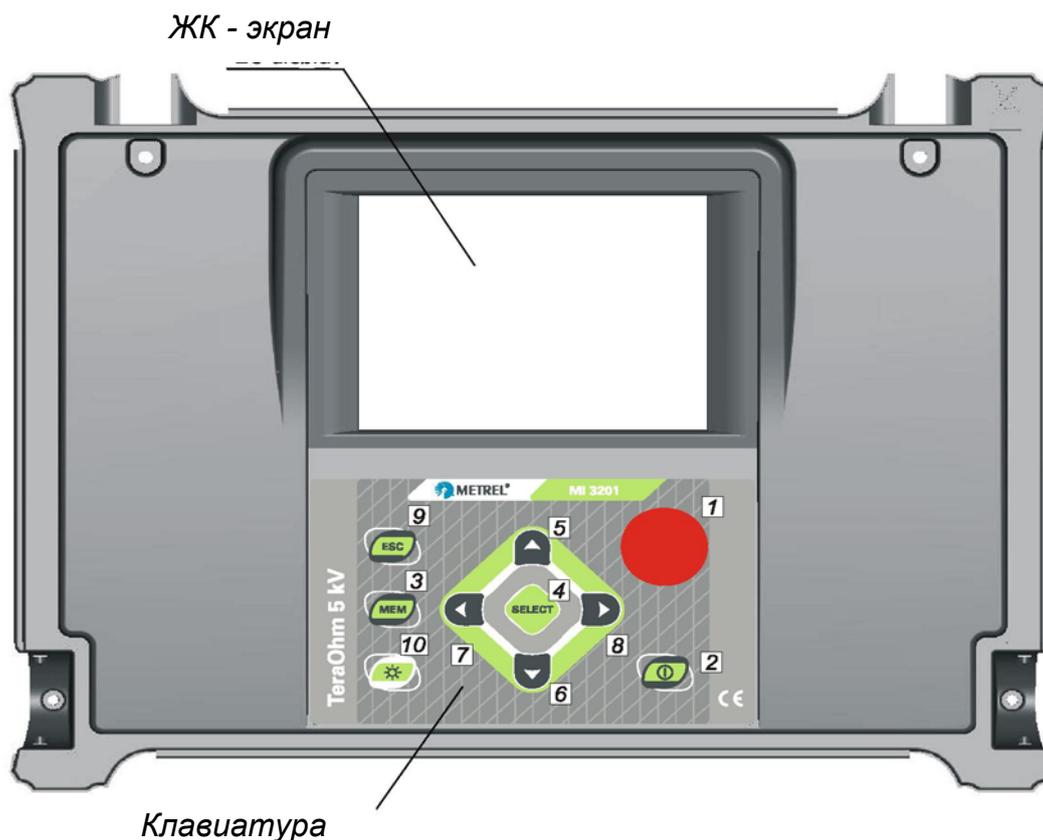
## 2 Описание прибора

### 2.1 Корпус прибора

Прибор выполнен в пластиковом корпусе, который обеспечивает класс безопасности, указанный в технических характеристиках.

### 2.2 Панель управления

Панель управления приведена ниже, на *рисунке 1*.



**Рис. 1.** Лицевая панель

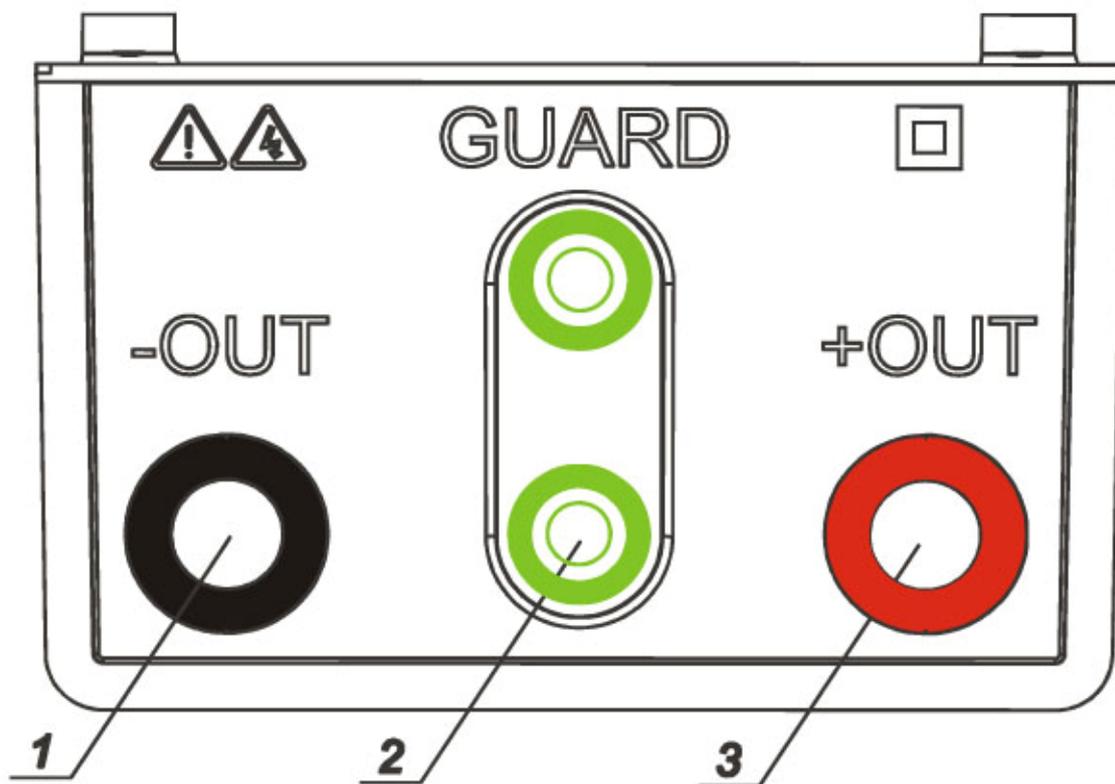
#### Условные обозначения:

- 1 Клавиша START/STOP для пуска/останова любого измерения.
- 2 Клавиша ON/OFF для ВКЛЮЧЕНИЯ или ВЫКЛЮЧЕНИЯ прибора.
- 3 Клавиша MEM для сохранения, чтения или стирания результатов.
- 4 Клавиша SELECT для выполнения установок для выбранной функции или для выбора устанавливаемого параметра.
- 5 Курсор ▲ для прокрутки вверх.
- 6 Курсор ▼ для прокрутки вниз.
- 7 Курсор ◀ для уменьшения выбранного параметра.
- 8 Курсор ▶ для увеличения выбранного параметра.
- 9 Клавиша ESC для выхода из выбранного режима.
- 10 Клавиша Light для ВКЛ или ВЫКЛ подсветки экрана.

## 2.3 Разъемы

ТераОмметр 5 кВ содержит следующие разъемы:

- для подключения измерительных проводов к четырем гнездам типа «банан» (**Рис. 2**),
- для подключения кабеля питания и кабеля передачи данных (USB и RS232) (**Рис. 3**).

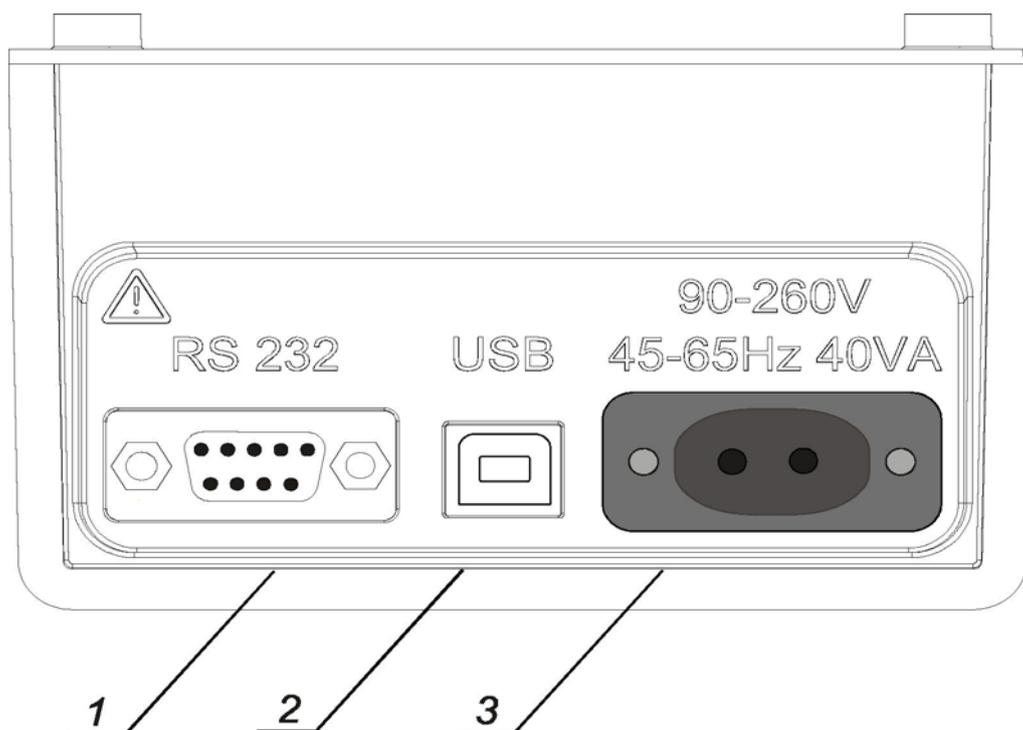


**Рис. 2.** Разъемы для измерительных проводов

- 1 ..... **Измерительный разъем** «сопротивление изоляции -» (-OUT)
- 2 ..... **Защитные** измерительные разъемы, предназначенные для отвода потенциального тока утечки при измерении изоляции. Зеленые разъемы соединены вместе внутри прибора.
- 3 ..... **Измерительный разъем** «сопротивление изоляции +» (+OUT)



Используйте только оригинальные принадлежности!  
 Максимально допустимое внешнее напряжение между измерительными проводами и землей 600 В!  
 Максимально допустимое внешнее напряжение между измерительными проводами 600 В!



**Рис. 3.** Разъемы для кабелей передачи данных и питания

- 1 Гальванически развязанный **разъем RS 232** для подключения прибора к ПК.
- 2 Гальванически развязанный **USB разъем** для подключения прибора к ПК.
- 3 Кабель питания для подключения прибора к источнику питания.



Используйте только оригинальный кабель питания!

## 2.4 Принадлежности

Принадлежности могут быть стандартными и дополнительными. Дополнительные 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>.

## 2.5 Измерительные провода

Стандартная длина измерительных проводов 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 провода выполнены из высоковольтного экранированного кабеля, поскольку он дает высочайшую точность и устойчивость к возникновению погрешности измерений, особенно при промышленном применении.

### 2.5.1 Высоковольтные экранированные измерительные наконечники с высоковольтными зажимами типа «крокодил»

	<p>Особенности применения: Эти измерительные провода предназначены для диагностического тестирования изоляции, а также для проверки изоляции с помощью переносных приборов.</p> <p>Характеристики изоляции:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Высоковольтный разъем типа «банан» (красный, черный): 10 кВ пост.тока (основная изоляция);</li> <li>- Высоковольтный наконечник (красный, черный): 10 кВ пост.тока (двойная изоляция);</li> <li>- «Крокодил» (красный, черный): 10 кВ пост.тока (основная изоляция);</li> <li>- Защищенный разъем типа «банан» (зеленый): 600 В кат. IV (двойная изоляция);</li> <li>- Кабель (желтый): 12 кВ (экранированный).</li> </ul>
---	---

### 2.5.2 Защищенный измерительный провод с «крокодилом»

Характеристики изоляции:

- Защищенный измерительный провод с разъемом типа «банан» (зеленый): 600 В кат. IV (двойная изоляция);
- «Крокодил» (зеленый): 600 В кат. IV (двойная изоляция).

## 3 Предупреждения

Для достижения высокого уровня безопасности при выполнении различных тестов и измерений с использованием **тераомметра на 5 кВ**, а также для сохранения прибора в рабочем состоянии, важно выполнять следующие указания:

### ЗНАЧЕНИЯ СИМВОЛОВ



Символ, обозначающий “Обратите особое внимание!”.



Символ, обозначающий “На измерительных входах, возможно, присутствует опасное напряжение, свыше 70 В!”.

### ОБЩИЕ ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЯ

- ◆ Если тестовое оборудование применяется в целях, не указанных в настоящей инструкции, защитные функции оборудования могут быть ослаблены!
- ◆ Не используйте прибор и принадлежности при обнаружении любых неисправностей!
- ◆ Необходимо принимать во внимание все требования безопасности, во избежание риска электрического удара при работе с электроустановками!
- ◆ Сервисное обслуживание или настройка и калибровка может быть выполнена только уполномоченными должностными лицами!
- ◆ Только обученный и компетентный персонал имеет право работать с прибором.
- ◆ Матричный ЖК - экран выдает легко читаемые результаты и дополнительные параметры. Работа прибора проста и понятна; оператор не нуждается в специальной подготовке (за исключением прочтения и понимания настоящего Руководства пользователя) 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 LR14)!

### ВНЕШНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

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

### РАБОТА С ПРИБОРОМ

- ◆ Используйте только стандартные или опциональные тестовые принадлежности, поставленные Вашим дистрибьютором!
- ◆ Объект измерений должен быть выключен, т.е. обесточен, перед подключением к нему измерительных проводов.
- ◆ Не прикасайтесь к токоведущим частям объекта в процессе измерений.

- ◆ Убедитесь, что объект измерений отключен (напряжение питания снято) перед началом измерения сопротивления изоляции!
- Не прикасайтесь к объекту измерений при его тестировании, опасность электрического удара!
- При наличии емкости объекта измерений (длинный измерительный кабель и т. д.), его саморазряд может происходить с задержкой после окончания измерений – появится сообщение “Пожалуйста, дождитесь разрядки”.

#### **ОБРАЩЕНИЕ С ЕМКОСТНЫМИ НАГРУЗКАМИ**

- ◆ Помните, что емкости 40 нФ, при 1 кВ или 9 нФ при 5 кВ опасны для жизни!
- ◆ Никогда не прикасайтесь к объекту в процессе измерений, до полного его разряда.
- ◆ Максимальное внешнее напряжение между двумя любыми проводами равно 600 В (IV категория перенапряжения).

## 4 Проведение измерений

### 4.1 Включение прибора

Автоматическая калибровка

Включение прибора осуществляется путем нажатия клавиши **ON/OFF**. После включения, прибор сначала выполняет автокалибровку (**Рис. 4**).

**Примечание:**

Если батареи неисправны или отсутствуют, а прибор подключен к сети, 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.5))**, 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.

```

AUTO-CALIBRATION
83.4%
TEST LEADS SHOULD BE
DISCONNECTED DURING
AUTO CALIBRATION
0: +0
1: +1
2: -154
3: +10
  
```

**Рис. 4.** Режим автокалибровки

```

MAIN MENU
INSULATION RESISTANCE
DIAGNOSTIC TEST
STEP VOLTAGE
WITHSTANDING VOLTAGE DC
VOLTAGE
CONFIGURATION
18.Mar.2008 12:00
  
```

**Рис. 5.** Главное меню

**Примечание:**

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

**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 при повторном нажатии кнопки, но результаты могут не соответствовать номинальным.

**Работа прибора от сети**

При подключении прибора к сети, когда он выключен, встроенное ЗУ будет заряжать батареи, но прибор будет по-прежнему выключен.

В нижнем левом углу ЖК - экрана появятся значок разъема и мигающий индикатор заряда батареи.

**Примечание:** Если батареи неисправны или отсутствуют, ЗУ не будет работать. В нижнем левом углу ЖК - экрана появится 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 ЖК - экрана появится значок разъема. Если прибор не в режиме измерения\*, внутреннее ЗУ будет заряжать батареи. В нижнем левом углу ЖК - экрана начнет мигать индикатор батареи.

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

\*Режим измерений                      Проведение измерений с помощью прибора.

#### **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 Конфигурация**

Функция конфигурации служит для выбора и регулировки параметров, которые не вводятся напрямую в процессе измерений (**Рис. 6**).

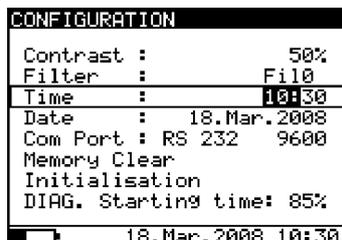
В нижней части экрана показано состояние питания.

При регулировке некоторых 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 полного стирания памяти:**

1. Выберите **Крнфигурация** в главном меню.
2. Выберите строку **Memory Clear**, используя стрелки ↑ и ↓.
3. Нажмите клавишу **SELECT**, появится сообщение "**Press MEM to confirm!**" (Нажмите MEM для подтверждения).
4. Нажмите клавишу **MEM** для полного стирания памяти или **ESC** для отмены действия.

**Рис. 6.** Режим конфигурации

Параметр	Значение	Примечание
<b>Контрастность</b>	0%..100%	Регулировка контрастности экрана
<b>Фильтр</b>	Fil1, Fil2, Fil3, Fil0	Выбор фильтра шумов, см. раздел 5.3. Функция фильтра
<b>Время</b>		Установка текущего времени (часы : минуты)
<b>Дата</b>		Установка текущей даты (число-месяц-год)
<b>Последовательный порт</b>	RS 232 2400, RS 232 4800, RS 232 9600, RS 232 19200,	Установите режим и точку подключения.
<b>Стирание</b>		Полное стирание памяти
<b>Инициализация</b>		Только для внутризаводского и сервисного обслуживания!
<b>ДИАГ. Время пуска</b>	0%..90%	Регулировка времени пуска функции ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ТЕСТА, в соответствии с Уном. Разъяснение см. в разделе 5.6.

**Таблица 1.** Параметры конфигурации

## 5 Измерения

### 5.1 Общие положения об испытаниях изоляции высоким напряжением постоянного тока

#### Назначение тестирования 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 обеспечения поддержания ее в рабочем состоянии. Для проверки изоляции материалов используются методы измерения высокими напряжениями.

#### Измерительные напряжения постоянного и переменного тока

Проверка постоянным напряжением также широко распространена, как и проверка переменным и / или пульсирующим. Постоянное напряжение может применяться для определения пробоя, особенно в местах, где высокие емкостные токи утечки влияют на измерения с использованием переменного или пульсирующего напряжения. Оно часто применяется для измерения сопротивления изоляции. В таких тестах напряжение определяется областью применения продукта. Это напряжение меньше того, которым определяют выдерживаемое напряжение, поэтому тесты могут проводиться более часто, без ущерба для исследуемого материала.

#### Типовые проверки изоляции

В основном, проверки сопротивления изоляции состоят из следующих процедур:

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

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

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

#### Электрическое представление изоляционного материала

Приведенный далее рисунок 7 отражает электрическую цепь, являющуюся эквивалентом изоляционного материала

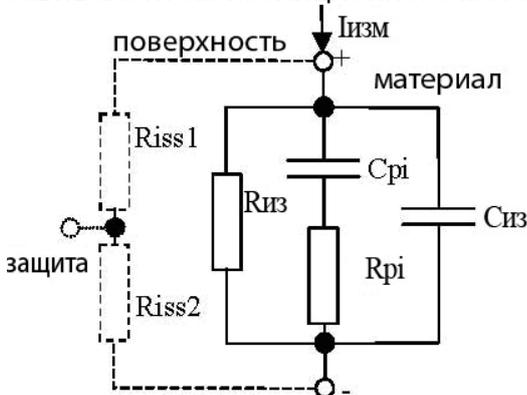


Рис. 7.

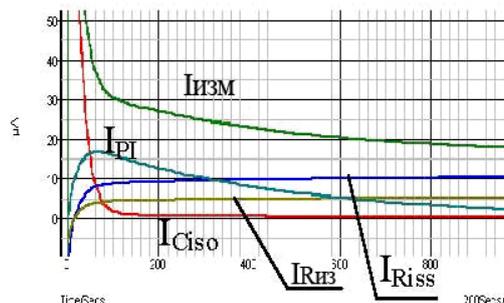


Рис. 8

$R_{iss1}$  и  $R_{iss2}$  – поверхностное сопротивление (положение возможного подключения защиты)  
 $R_{из}$  – действительное сопротивление изоляции материала  
 $C_{из}$  – емкость материала  
 $C_{pi}$ ,  $R_{pi}$  – отражает эффект поляризации.

**Рис. 8** 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 тераомметра 5 кВ.**

#### **Общая проверка сопротивления изоляции**

Фактически, каждый стандарт, характеризующий безопасность электрооборудования и установок, должен отражать общую проверку изоляции. При проверке невысоких значений (порядка МОм), преобладающим является основное сопротивление изоляции  $R_{из}$ . Результаты соответствуют действительности и быстро стабилизируются.

Важно принимать во внимание, что:

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

#### **Проверка зависимости от напряжения – пошаговое увеличение напряжения**

Этот тест показывает, было ли оказано электрическое или механическое воздействие на проверяемую изоляцию. В этом случае, количество и размер дефектов изоляции, таких как трещины, местный пробой, открытые токоведущие части, и т. д. увеличены, а суммарное напряжение пробоя уменьшено.

Чрезмерная влажность и загрязнение играют важную роль, особенно при механических нагрузках.

- Шаг измерительного напряжения обычно близок к значению, рекомендованному для проведения высоковольтных испытаний.
- Иногда рекомендуется, чтобы максимальное напряжение для этого теста не превышало 60 % от испытательного.

Если результаты успешных проверок свидетельствуют об уменьшении измеренного сопротивления изоляции, следует заменить изоляцию.

#### **Проверка зависимости времени – диагностический тест**

##### **ИНДЕКС ПОЛЯРИЗАЦИИ**

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

При приложении высокого напряжения к изоляции, электрические диполи располагаются в ней, вдоль приложенного электрического поля. Эти явления называются поляризацией. При поляризации молекул, возникает ток поляризации (поглощения), который уменьшает 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. Обычно, принимается отношение  $R_{ИЗ10мин}$  к  $R_{ИЗ1мин}$ , но это не является правилом.
- Тест 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 этот тест.

В основном, изоляция в нормальном состоянии покажет высокий индекс поляризации, в то время как поврежденная - низкий. Необходимо отметить, что это правило справедливо не всегда. Подробная информация содержится в справочнике Metrel **Методики проверки изоляции.**

Основные допустимые значения:

Значение $PI$	Состояние проверенного материала
1 до 1.5	не приемлемо (старые виды)
2 до 4 (обычно 3)	плохая изоляция (старые виды)
очень высокое сопротивление	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

Эффект поляризации (описанный выше) приводит к заряду емкости  $C_{pi}$ . Теоретически, этот заряд должен рассеиваться сразу после снятия напряжения с материала. На практике, это происходит иначе.

В совокупности с индексом поляризации ( $PI$ ), диэлектрический разряд ( $DD$ ) является альтернативным способом проверки качества и соответствия изоляционного материала. Материал, который разряжается быстро, будет показывать малые значения, в то время как материал с более длительным временем разряда покажет более высокие значения (см. таблицу выше, дополнительная информация – в разделе 5.6).

DD	Состояние проверенного материала
> 4	плохо
2 - 4	критично
< 2	хорошо

### **Высоковольтные испытания**

Некоторые стандарты позволяют использование постоянного напряжения в качестве альтернативы переменному, при высоковольтных испытаниях. Для этой цели, измерительное напряжение должно присутствовать определенное время. Результат теста положительный, если нет пробоя или искрения. Стандартами рекомендовано начинать тест при низком напряжении и увеличивать его со скоростью, при которой ток заряда (емкости  $C_{из}$ ) не превышает предельно допустимый. Тест обычно

занимает 1 мин. Проверка выдерживаемого напряжения или диэлектрический тест обычно применяется для:

- Типовых (приемочных) тестов, при подготовке новой продукции к производству,
- Стандартного (производственного) теста для проверки безопасности каждого изделия,
- Обслуживания и сервисной проверки любого оборудования, изоляция которого подвержена возможной деградации.

Некоторые примеры результатов испытаний постоянным напряжением:

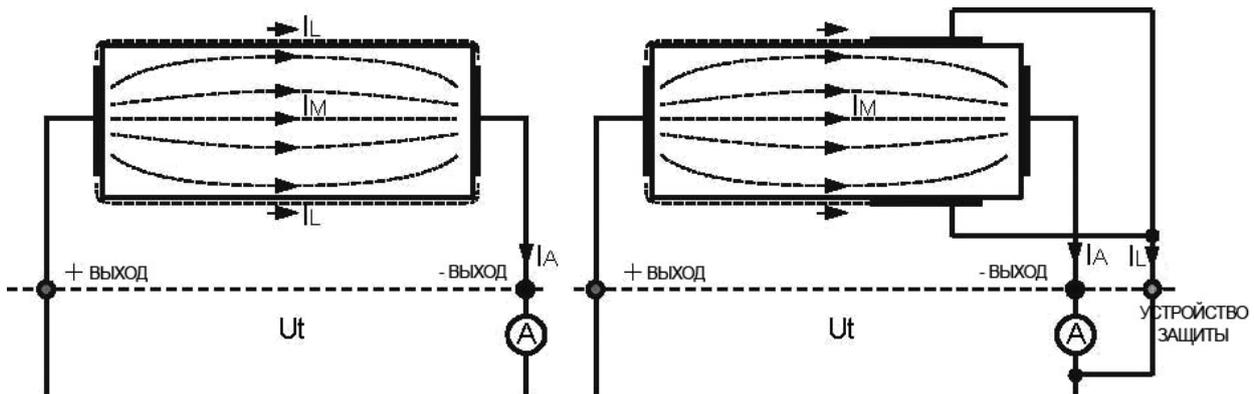
Стандарт (примерные значения)	Напряжение
EN/IEC 61010-1 КАТ II 300 В общая изоляция	1970 В
EN/IEC 61010-1 КАТ II 300 В двойная изоляция	3150 В
IEC 60439-1 (зазор между действующими частями...), выдерживаемое импульсное напряжение 4 кВ, 500 м	4700 В
IEC 60598-1	2120 В

### Измерение сопротивления изоляции в условиях высокой влажности

Качество измерения сопротивления изоляции при несоответствии рекомендованных условий окружающей среды может быть подвержено влиянию влажности. Влажность добавляет каналы поверхностной утечки на поверхности всей системы, то есть, на проверяемой изоляции, измерительных проводах, измерительном приборе. Такое влияние уменьшает допуски, особенно при высоком порядке сопротивления – ТОм. Худшим условием является наличие конденсата, что также может снизить безопасность. При высокой влажности рекомендуется проветрить область проведения теста перед и во время измерений. При наличии конденсата, систему измерений необходимо просушить; это может занять от нескольких часов до нескольких дней.

## 5.2 ЗАЩИТНЫЙ РАЗЪЕМ

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 9, приведенном ниже.



**Рис. 9.** 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 GUARD:  $R_{из} = U_t / I_A = U_t / I_M$  .....правильный.

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

### Примечание:

- Защитный разъем имеет внутреннее сопротивление (200 кОм).
- Прибор имеет два защитных разъема, для простоты подключения экранированных измерительных проводов.

## 5.3 Функция фильтра

Встроенные фильтры служат для уменьшения влияния шумов на результаты измерений. Эта функция дает более стабильные результаты, особенно при больших значениях сопротивления изоляции (проверка сопротивления изоляции, диагностический тест, пошаговое увеличение напряжения). В этих режимах состояние 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 с

*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 сетевой 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, вызванные или наложенные 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 установки показаний: Fil1 - до 60 с, Fil2 - до 70 с, а Fil3 - до 120 с.

- Важно уделить пристальное внимание выбору временных интервалов использования фильтров.
- Минимальное рекомендуемое время измерения при использовании фильтров равно соответствующему времени установки выбранной функции фильтра.

#### **Пример:**

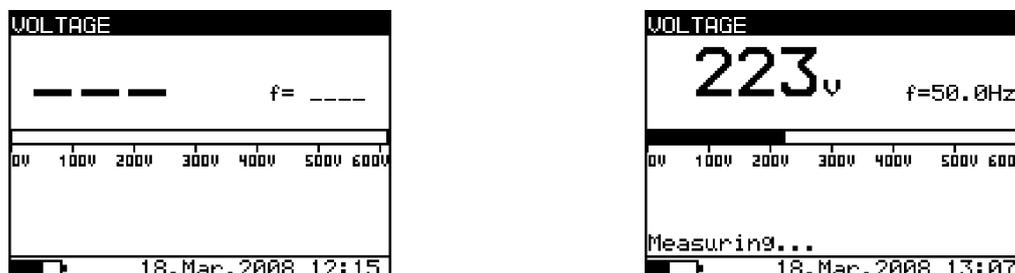
Ток шума 1 мА / 50 Гц добавляет примерно  $\pm 15$  % погрешности к измеренному значению при 1 ГОм.

Выбор функции FIL1 позволяет снизить погрешность до значений менее  $\pm 2$  %.

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

## 5.4 Измерение напряжения

При выборе этой функции возможны следующие варианты индикации (первичное состояние и вывод результатов по окончании измерений). См. *рис. 10* ниже.



*Рис. 10. Индикация функции измерения напряжения*

### Порядок проведения измерений:

- Подсоедините измерительные провода к прибору и объекту измерений.
- Нажмите клавишу **START** для начала измерений, начнутся длительные измерения.
- Нажмите клавишу **START** снова для остановки измерений.
- Результат (см. правое изображение на *Рис. 10*) может быть сохранен двойным нажатием клавиши **MEM**, см. раздел 6.1. Сохранение, чтение и стирание данных.

### Внимание!

- См. раздел Предупреждения для изучения правил безопасности!

## 5.5 Измерение сопротивления изоляции

При выборе этой функции возможны следующие варианты индикации (первичное состояние и вывод результатов по окончании измерений). На **Рис 11** показаны состояния, когда функция графика зависимости  $R(t)$  не активна.



Первичная индикация – **текстовый режим**

Экран результатов – **текстовый режим**

**Рис. 11.** Вид экрана измерения сопротивления изоляции – **функция графика зависимости  $R(t)$  не активна**

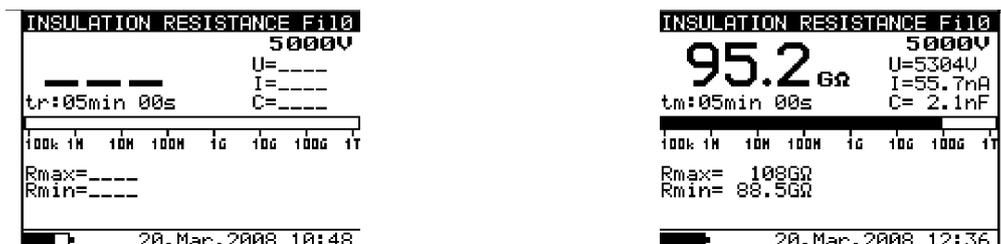
На **Рис 12** показаны состояния, когда функция графика зависимости  $R(t)$  активна. Когда функция графика зависимости  $R(t)$  активна, Вы можете легко переключаться с экрана результатов на первоначальный экран и обратно, по окончании измерений, а также между **текстовым** и **графическим** представлением путем нажатия клавиш  $\uparrow$  или  $\downarrow$ .

$\uparrow$  **графический режим**

$\downarrow$  **текстовый режим**

### Примечание:

- В процессе измерений переключение между режимами невозможно!!!

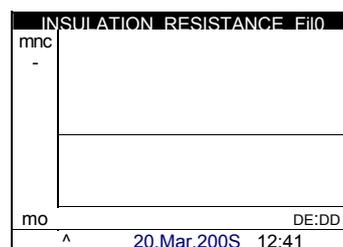


Первичный экран – **текстовый режим**

Экран результатов – **текстовый режим**



Первичный экран – **графический режим**



Экран результатов – **графический режим**

**Рис. 12.** Вид экрана измерения сопротивления изоляции – **функция графика зависимости  $R(t)$  активна**

**Порядок проведения измерений:**

- Подсоедините измерительные провода к прибору и объекту измерений.
- Выберите функцию **INSULATION RESISTANCE** (сопротивление изоляции) в главном меню.
- Нажмите клавишу **START/STOP** и отпустите ее, начнутся длительные измерения.
- Дождитесь стабилизации измеренных значений, затем снова нажмите клавишу **START/STOP** для остановки измерений или пока остановится таймер (если выбрано).
- Дождитесь окончания разрядки проверяемого объекта.
- Результат может быть сохранен двойным нажатием клавиши **MEM**, см. раздел 6.1. Сохранение, чтение и стирание данных.

Условные обозначения:

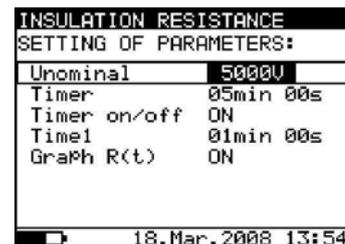
<b>СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ</b>	Название выбранной функции
Fil0 (Fil1, Fil2, Fil3)	Тип выбранного фильтра, см. раздел 5.3. Конфигурация
<b>5000 В</b>	Выбранное испытательное напряжение
U=5323 В	Измеренное значение испытательного напряжения
I=266 нА	Измеренное значение измерительного тока
<b><u>19.9 ГОм</u></b>	Сопротивление изоляции – <b>результат</b>
C=0.0 нФ	Емкость объекта измерений
tm:04 мин 26 сек	Временная информация – длительность
Bar	Аналоговое представление результата
Rmax=20.1 ГОм	Максимальное значение результата (только при активном таймере)
Rmin=19.9 ГОм	Минимальное значение результата (только при активном таймере)

**Примечания:**

- Если таймер не активирован, появится символ **OFF**, независимо от показаний таймера.
- В процессе измерений показания таймера означают время, необходимое для выполнения измерений (tr), а по окончании - длительность измерений (tm).
- Знак предупреждения о высоком напряжении высвечивается на экране в процессе измерений, для оповещения оператора о возможном опасном напряжении.
- Значение емкости измеряется во время окончательной разрядки объекта измерений.

**Установка параметров** для проверки сопротивления изоляции:

- Нажмите клавишу **SELECT**, появится меню установок, см. **Рис. 13**.
- Выберите параметр (строку) для установки, 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 установку.
- Завершите регулировку значений, нажав клавишу **ESC** или **START/STOP** (для непосредственного начала измерений). Последние отображенные установки сохранятся.



**Рис. 13.** Меню установок в режиме измерения сопротивления изоляции

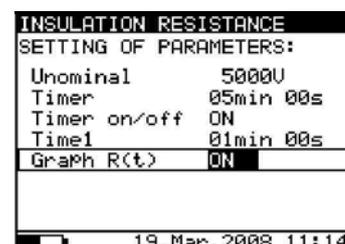
Условные обозначения:

Сопротивление изоляции		Название выбранной функции
Устанавливаемые параметры:		
Уномин	5000 В	Установка испытательного напряжения – шаг 25 В
Таймер	5 мин 00сек	Продолжительность измерения
Таймер вкл/выкл	ВКЛ	ВКЛ: таймер активен, ВЫКЛ: не активен
Время1	01мин 00сек	Время получения и отображения первых результатов R <sub>мин</sub> и R <sub>макс</sub>
Функция графика R(t)	ВКЛ	Активна / Не активна функция графика R(t)

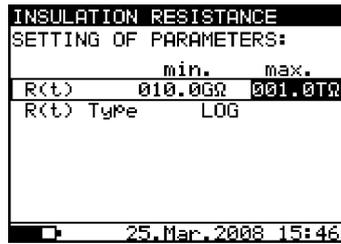
Таймер и Время1 - независимые таймеры. Максимальное время для каждого из них равно 30 мин 60 сек.

**Включение/отключение функции графика R(t) и Установка параметров функции графика R(t) в режиме проверки сопротивления изоляции:**

- Нажмите клавишу **SELECT**, на экране появится меню установок, как показано на **Рис. 14**.
- Выберите параметр **График R(t)**, используя клавиши  $\uparrow$  и  $\downarrow$ ;
- **Включите/отключите** функцию графика R(t), используя клавиши  $\leftarrow$  и  $\rightarrow$ .
- Нажмите клавишу **SELECT** для установки параметров графика R(t), как показано на **Рис. 15**. Нажмите клавишу **ESC** для возврата в меню общих установок режима проверки сопротивления изоляции.
- Завершите регулировку значений, нажав клавишу **ESC** или **START/STOP** (для непосредственного начала измерений). Последние отображенные установки сохранятся.



**Рис. 14.** Меню установок в режиме измерения сопротивления изоляции



**Рис. 15.** Меню установок функции графика  $R(t)$

**Примечания:**

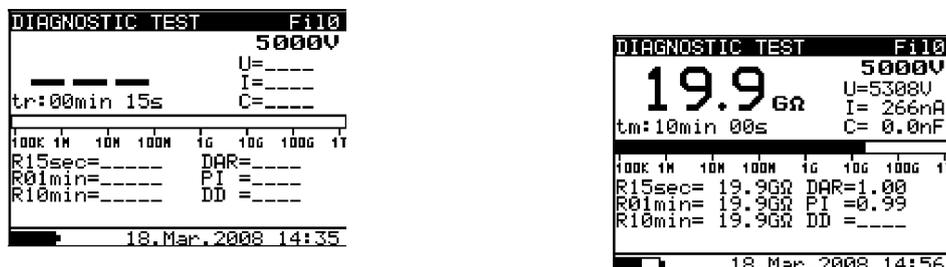
- Если таймер выключен, функция графика недоступна Graph  $R(t)$ .
- Период времени для функции  $R(t)$  равен значению таймера.
- Значение таймера может быть довольно большим (до 30 минут), поэтому применяется специальный алгоритм для выведения зависимости  $R(t)$  на экран.
- Курсоры функции  $R(t)$  можно активировать нажатием клавиши ←
- Курсоры функции  $R(t)$  можно перемещать клавишами ← и →.

**Внимание!**

- См. раздел Предупреждения для изучения правил безопасности!

## 5.6. Диагностическая проверка

При выборе этой функции возможны следующие варианты индикации (первичное состояние и вывод результатов по окончании измерений). На **рис. 16** показано состояние экрана с неактивной функцией R(t).



Первичный экран – текстовый режим

Экран результатов – текстовый режим

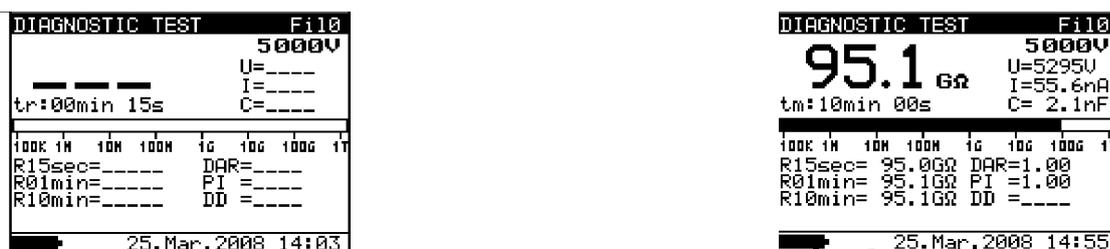
**Рис. 16.** Вид экрана при диагностической проверке - функция графика зависимости R(t) неактивна

На **рис. 17** показаны состояния, когда функция графика зависимости R(t) активна. Когда функция графика зависимости R(t) активна, Вы можете легко переключаться с экрана результатов на первоначальный экран и обратно, по окончании измерений, а также между текстовым и графическим представлением путем нажатия клавиш  $\uparrow$  или  $\downarrow$ .

- $\uparrow$  графический режим
- $\downarrow$  текстовый режим

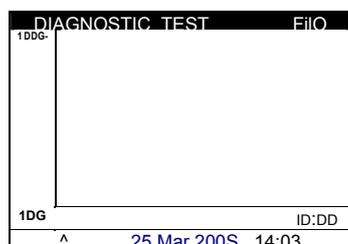
### Примечание:

- В процессе измерений переключение между режимами невозможно!!!

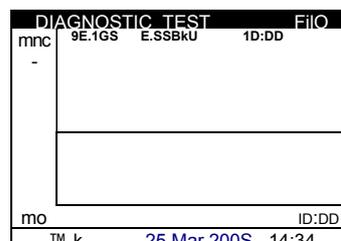


Первичный экран – текстовый режим

Экран результатов – текстовый режим



Первичный экран – графический режим



Экран результатов – графический режим

**Рис. 17.** Вид экрана при диагностической проверке - функция графика зависимости R(t) активна

Это продолжительный тест для определения качества материала изоляции. По результатам этого теста можно принимать решение о заблаговременной замене изоляционного материала.

### КОЭФФИЦИЕНТ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ (DAR)

DAR равен отношению значений сопротивления изоляции, измеренных после 15 сек и по прохождении 1 минуты. Измерительное напряжение постоянного тока применяется в течение всего периода измерений (также выполняется измерение сопротивления изоляции). По окончании измерений отображается значение DAR:

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

Типовые значения:

Значение DAR	Состояние проверяемого материала
< 1.25	Не приемлемо
< 1.6	Изоляция считается хорошей
> 1.6	Отлично

Примечание: При определении  $R_{из}$  (15 сек) учитывайте емкость проверяемого объекта. Она должна зарядиться в первый промежуток времени (15 сек).

Ориентировочное значение максимальной используемой емкости:

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

где:

t ..... первый отрезок времени (например, 15 сек)

U ..... напряжение измерительное.

Во избежание этой проблемы, увеличьте значение параметра **Время пуска при ДИАГ. тесте** в меню 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 **Время пуска при диагностическом тесте** и **Уномин** (номинальное измерительное напряжение). Использование функций фильтров (fil1, fil2, fil3) в режиме DAR не рекомендуется!

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

### ИНДЕКС ПОЛЯРИЗАЦИИ (PI)

PI равен отношению значений сопротивления изоляции, измеренных по прохождении 1 минуты и 10 минут. Измерительное напряжение постоянного тока применяется в течение всего периода измерений (также выполняется измерение сопротивления изоляции). По окончании измерений отображается значение PI:

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

Примечание: При определении  $R_{из}$  (1 мин) учитывайте емкость проверяемого объекта. Она должна зарядиться в первый промежуток времени (1 мин). Ориентировочное значение максимальной используемой емкости:

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

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 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 **Время пуска при диагностическом тесте** и **Уномин** (номинальное измерительное напряжение).

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

## ТЕСТИРОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА (DD)

Тест DD является диагностической проверкой изоляции, проводимой после выполнения измерения сопротивления изоляции. Обычно, изоляционный материал оставляют подключенным к измерительному напряжению на 10 ÷ 30 мин, а затем разряжают, перед проведением теста DD. По истечении 1 минуты измеряется ток разряда, для определения поглощения заряда изоляционного материала. Высокий ток поглощения указывает на загрязнение изоляции, в основном, из-за влажности:

$$DD = \frac{I_{\text{разр}1\text{мин}} [\text{мА}]}{U [В] C [\text{Ф}]},$$

где:

$I_{\text{разр}1\text{мин}}$ ..ток разряда, измеренный по истечении 1 мин после разряда

U .....напряжение измерительное

C ..... емкость объекта измерений.

**Порядок выполнения измерений:**

- Выберите функцию **ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ТЕСТ** в **ГЛАВНОМ МЕНЮ**.
- Подсоедините измерительные провода 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, чтение и стирание информации.

**Условные обозначения:**

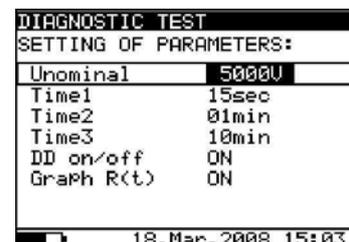
<b>ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ТЕСТ</b>	Название выбранной функции
<b>Fi10 (Fi11, Fi12, Fi13)</b>	Тип активного фильтра, см. раздел 5.3. Конфигурация
5000 В	Значение испытательного напряжения – шаг 25 В
U=5295 В	Измеренное значение напряжения испытательного напряжения
I=55.6 нА	Измеренное значение испытательного тока
<b>10.5 ГОм</b>	<b>Результат</b> измерения сопротивления изоляции
C=2.1 нФ	Емкость объекта измерений
Tr:00 мин 15 сек	Установленное значение таймера
Bar	Аналоговое представление результата Rиз
R15sec=10.6 ГОм	Значение сопротивления, измеренное по истечении 1-го отрезка времени
R01min=10.5 ГОм	Значение сопротивления, измеренное по истечении 2-го отрезка времени
R10min=10.5 ГОм	Значение сопротивления, измеренное по истечении 3-го отрезка времени
DAR=1.67	Значение DAR, равное R01мин / R15сек
PI=1.21	Значение PI, равное R03/R02 здесь R10min/R01min
DD=	Результат определения DD

**Примечания:**

- Знак предупреждения о высоком напряжении высвечивается на экране в процессе измерений, для оповещения оператора о возможном опасном напряжении.
- Значение емкости измеряется во время окончательной разрядки объекта измерений.
- При необходимости, прибор измеряет DD, когда значение измеренной емкости находится в пределах от 5 нФ до 50 мкФ.

**Установка параметров для диагностического теста:**

- Нажмите клавишу **SELECT**, на экране появится меню Установки, см. рисунок 18
- Выберите параметр (строку) для установки, используя клавиши  $\uparrow$  и  $\downarrow$
- Отрегулируйте значение, используя клавиши  $\leftarrow$  и  $\rightarrow$ .
- Завершите регулировку значений, нажав клавишу **ESC** или **START/STOP** (для непосредственного начала измерений). Последние отображенные установки сохранятся.

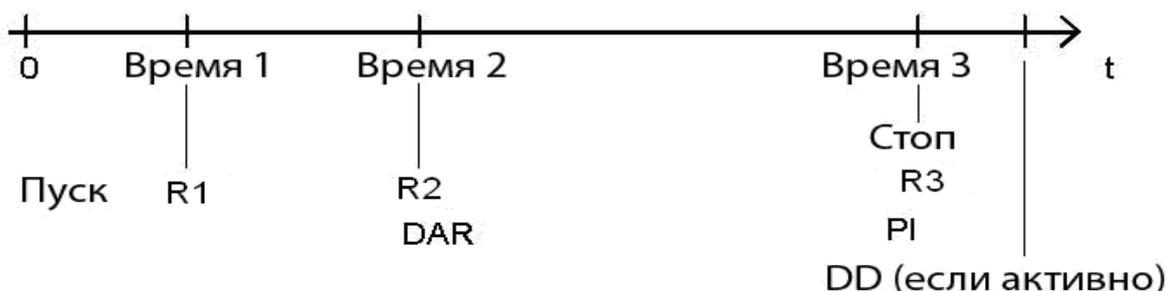


**Рис. 18.** Вид меню диагностической проверки

## Условные обозначения:

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ТЕСТ		Название выбранной функции
УСТАНОВЛИВАЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ:		
Уномин	5000 В	Установленное значение испытательного напряжения – шаг 25 В
Время1	15 сек	Момент времени измерения R1, здесь R15сек
Время2	01 мин	Момент времени измерения R2, здесь R01мин и вычисления DAR
Время3	03 мин	Момент времени измерения R3, здесь R03мин и вычисления PI
DD вкл/выкл	ВКЛ	ВКЛ: DD активно, ВЫКЛ: DD не активно
Функция R(t)	ВКЛ	Вкл/Выкл функции R(t)

Время1, Время2 и Время3 - 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 19**, приведенном ниже, показана взаимосвязь таймеров.

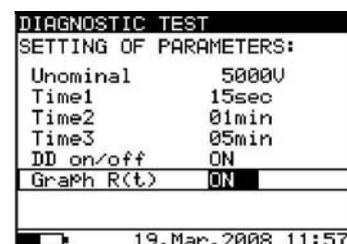


$$\begin{aligned} \text{Время 1} &\leq \text{Время 2} \\ \text{Время 2} &\leq \text{Время 3} \end{aligned}$$

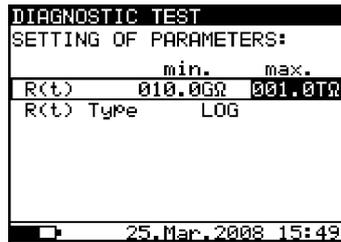
**Рис. 19.** Взаимосвязь таймеров

**Включение/отключение функции графика R(t) и Установка параметров функции графика R(t) в режиме диагностической проверки:**

- Нажмите клавишу **SELECT**, на экране появится меню установок, как показано на **Рис. 20**.
- Выберите параметр **График R(t)**, используя клавиши  $\uparrow$  и  $\downarrow$ ;
- **Включите/отключите** функцию **графика R(t)**, используя клавиши  $\leftarrow$  и  $\rightarrow$ .
- Нажмите клавишу **SELECT** для установки параметров **графика R(t)**, как показано на **Рис. 21**. Нажмите клавишу **ESC** для возврата в меню общих установок режима **диагностической проверки**.
- Завершите регулировку значений, нажав клавишу **ESC** или **START/STOP** (для непосредственного начала измерений). Последние отображенные установки сохраняются.



**Рис. 20.** Вид меню установок при диагностической проверке



*Рис. 21. Меню установок функции R(t)*

**Примечания:**

- Длительность измерений зависимости R(t) равна значению Таймера 3.
- Значение таймера может быть довольно большим (до 30 минут), поэтому применяется специальный алгоритм для выведения зависимости R(t) на экран.
- Курсоры функции R(t) можно активировать нажатием клавиши ←
- Курсоры функции R(t) можно перемещать клавишами ← и →.

**Внимание!**

- См. раздел Предупреждения для изучения правил безопасности!

## 5.7 Проверка сопротивления изоляции пошаговым изменением напряжения

При выборе этой функции возможны следующие варианты индикации (первичное состояние и вывод результатов по окончании измерений). На Рис. 22 показан вид экрана при отключенной функции R(t).

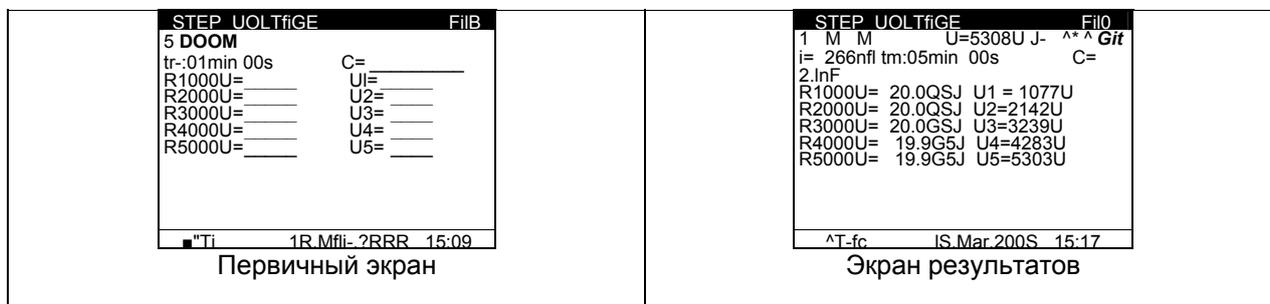


Рис. 22. Вид экрана в режиме пошагового изменения напряжения- функция R(t) неактивна

На Рис. 23 показаны состояния, когда функция графика зависимости R(t) активна. Когда функция графика зависимости R(t) активна, Вы можете легко переключаться с экрана результатов на первоначальный экран и обратно, по окончании измерений, а также между текстовым и графическим представлением путем нажатия клавиш ↑ или ↓.

- ↑ графический режим
- ↓ текстовый режим

**Примечание:**

- В процессе измерений переключение между режимами невозможно!!!

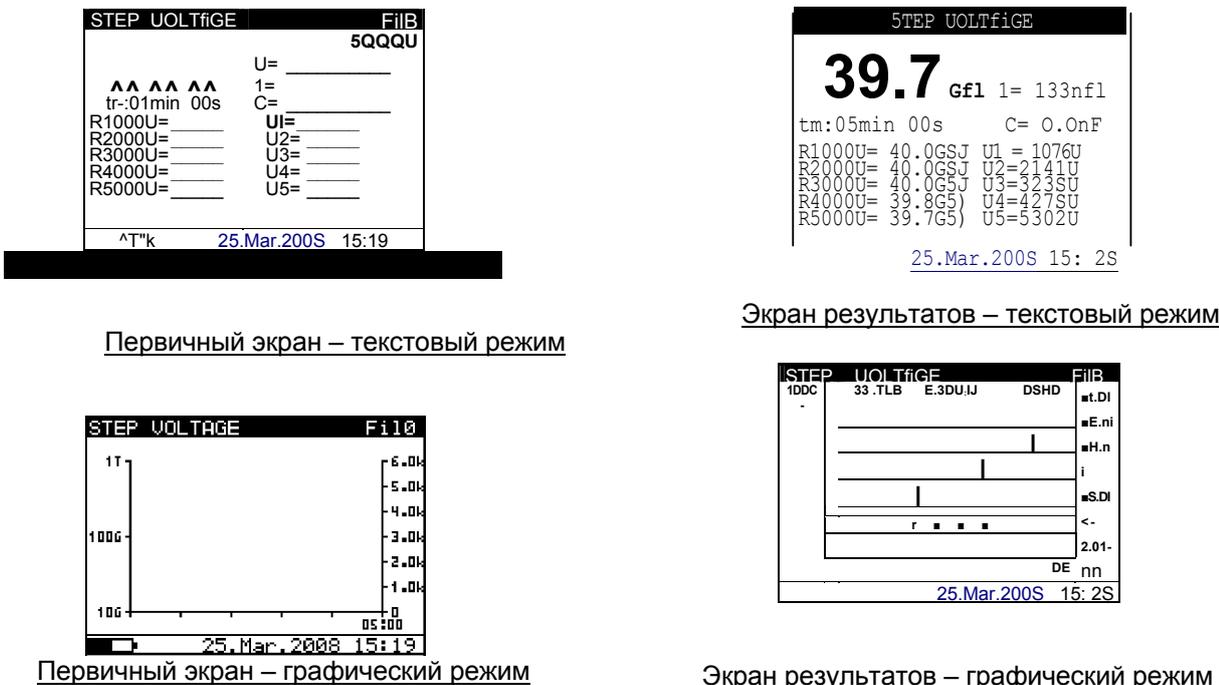


Рис. 23. Вид экрана при пошаговом изменении напряжения - функция графика зависимости R(t) активна

Изоляция проверяется на пяти равных отрезках времени с измерительным напряжением от одной пятой шкалы до полной шкалы (см. рисунок 24). Эта функция показывает зависимость измеренного сопротивления изоляции от измерительного напряжения

#### Порядок выполнения измерений:

- Подсоедините измерительные провода 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, чтение и стирание информации.

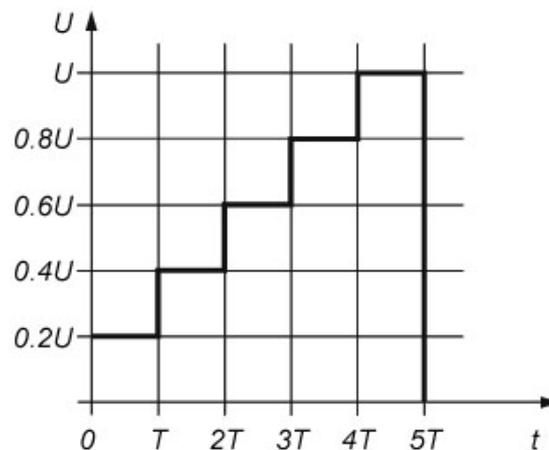


Рис. 24. Пошаговое изменение напряжения

Условные обозначения:

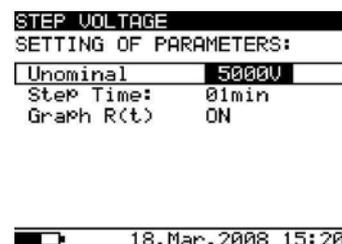
ПОШАГОВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ	Название выбранной функции
Fi10 (Fi11, Fi12, Fi13)	Тип активного фильтра, см. раздел 5.3. Конфигурация
5000V	Значение испытательного напряжения – шаг 125
U=5308V	Измеренное значение испытательного напряжения
I=266nA	Измеренное значение испытательного тока
19.9GΩ	<b>Результат</b> измерения сопротивления изоляции
C=1.2nF	Емкость объекта измерений
Tm:05min 00s	Длительность измерений
R1000V=20.0GΩ	Последний результат 1 <sup>го</sup> этапа
R2000V=20.0GΩ	Последний результат 2 <sup>го</sup> этапа
R3000V=20.0GΩ	Последний результат 3 <sup>го</sup> этапа
R4000V=19.9GΩ	Последний результат 4 <sup>го</sup> этапа
R5000V=19.9GΩ	Последний результат 5 <sup>го</sup> этапа
U1=1077V	Напряжение 1 <sup>го</sup> шага
U2=2142V	Напряжение 2 <sup>го</sup> шага
U3=3239V	Напряжение 3 <sup>го</sup> шага
U4=4283V	Напряжение 4 <sup>го</sup> шага
U5=5308V	Напряжение 5 <sup>го</sup> шага

**Примечания**

- Временная информация отображается от начала измерений до окончания каждого этапа.
- Временная информация отражает общую длительность измерений после их окончания.
- Знак предупреждения о высоком напряжении высвечивается на экране в процессе измерений, для оповещения оператора о потенциально опасном напряжении.
- Значение емкости измеряется во время окончательной разрядки объекта измерений.

**Установка параметров** для проверки пошаговым изменением напряжения:

- Нажмите клавишу **SELECT**, на экране появится меню Установки, см. рисунок 25.
- Выберите параметр (строку) для установки, используя клавиши  $\uparrow$  и  $\downarrow$ ;
- Отрегулируйте значение, используя клавиши  $\leftarrow$  и  $\rightarrow$ . Завершите регулировку значений, нажав клавишу **ESC** или **START/STOP** (для непосредственного начала измерений). Последние отображенные установки сохранятся.



**Рис. 25.** Меню установок при пошаговой проверке

Условные обозначения:

ПОШАГОВАЯ ПРОВЕРКА		Название выбранной функции
УСТАНОВЛИВАЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ:		
УНОМИН	5000 В	Значение измерительного напряжения – шаг
Время шага	01 мин	Длительность измерений одного шага
Функция R(t)	ВКЛ	ВКЛ/ВЫКЛ Функции R(t)

**Примечание:**

- Максимальное значение времени шага равно 30 мин.
- Включение/отключение функции графика R(t) и Установка параметров функции графика R(t) в режиме диагностической проверки:
- Нажмите клавишу **SELECT**, на экране появится меню установок, как показано на Рис. 26.
- Выберите параметр График R(t), используя клавиши **T** и **I**;
- Включите/отключите функцию графика R(t), используя клавиши  $\leftarrow$  и  $\rightarrow$
- Нажмите клавишу **SELECT** для установки параметров графика R(t), как показано на Рис. 27. Нажмите клавишу **ESC** для возврата в меню общих установок режима пошагового изменения напряжения.
- Завершите регулировку значений, нажав клавишу **ESC** или **START/STOP** (для непосредственного начала измерений). Последние отображенные установки сохранятся.



**Рис. 26.** Меню установок при режиме пошагового изменения сопротивления

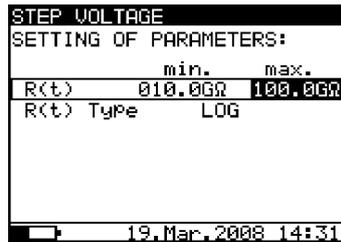


Рис. 27. Меню установок функции  $R(t)$

**Примечания:**

- Время измерения зависимости  $R(t)$  равно значению времени шага, умноженному на 5.
- Значение таймера может быть довольно большим (до 150 минут), поэтому применяется специальный алгоритм для выведения зависимости  $R(t)$  на экран.
- Курсоры функции  $R(t)$  можно активировать нажатием клавиши ←
- Курсоры функции  $R(t)$  можно перемещать клавишами ← и →.

**Внимание!**

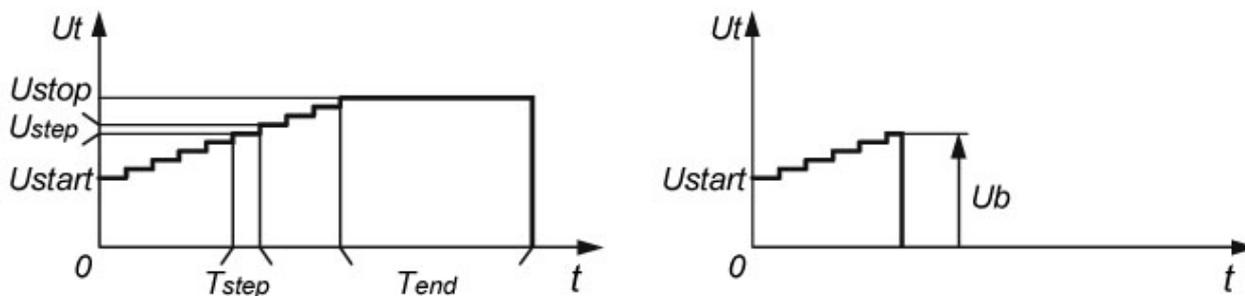
- См. раздел Предупреждения для изучения правил безопасности!

## 5.8 Высоковольтные испытания

Эта функция содержит два типа проверок:

- Проверка напряжения пробоя высоковольтных устройств, например, выпрямителей
- Проверка электрической прочности изоляции.

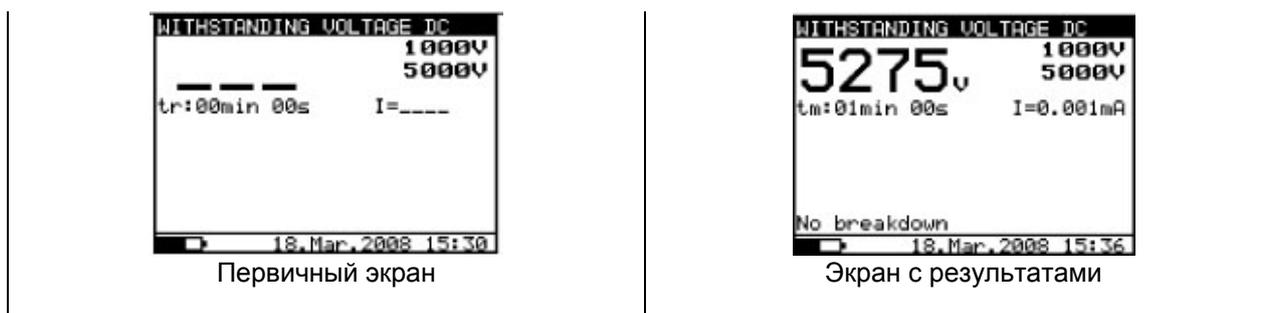
Обе функции требуют определения тока пробоя. В этом режиме измерительное напряжение увеличивается шаг за шагом, от начального до конечного значения, в течение предустановленного времени и останавливается на конечном значении по окончании этого времени, как показано на **рисунке 28**.



**Рис. 28.** Вид измерительного напряжения без пробоя (слева) и с пробоем (справа)

- Ut .....Измерительное напряжение
- Ustop .....Конечное значение измерительного напряжения
- Ustep .....Шаг напряжения, равный примерно 25 В (фиксированное значение – не регулируется)
- Ustart .. Первичное измерительное напряжение
- Tstep.....Время шага
- Tend.....Время действия испытательного напряжения, достигшего конечного значения
- t.....Время
- Ub .....Напряжение пробоя

При выборе этой функции на экране отображаются следующие режимы. **На рис. 29** показаны первичный экран и экран результатов после выполнения измерений.



**Рис. 29.** Вид экрана при определении высоковольтных испытаниях

Условные обозначения:

Высоковольтные испытания	Название выбранной функции
1000 В	Начальное испытательное напряжение
5000 В	Конечное испытательное напряжение
5275 В	Измеренное значение испытательного напряжения
1=0.001 мА	Измеренное значение испытательного тока
tm:01 мин 00 сек	Временная информация

#### Порядок выполнения измерений:

- Подсоедините измерительные провода к прибору и объекту измерений.
- Нажмите клавишу **START/STOP** для начала измерений.
- Дождитесь истечения времени таймера или пока случится пробой, (отображения результатов).
- Дождитесь разряда объекта измерений.
- Результат может быть сохранен двойным нажатием клавиши **MEM**, как описано в разделе 6.1. Сохранение, чтение и стирание информации

#### Примечание:

Пробой определяется, когда измеренный ток достигает или превышает установленный уровень  $I_{trig}$ .

#### Примечания:

- Таймер отражает время, необходимое для выполнения каждого шага измерений и общую продолжительность измерений после их выполнения.
- Знак предупреждения о высоком напряжении высвечивается на экране в процессе измерений, для оповещения оператора о потенциально опасном напряжении.

Условные обозначения:

Высоковольтные испытания	Название выбранной функции	
УСТАНОВЛИВАЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ:		
Uнач	1000 В	Начальное измерительное напряжение, шаг 25 В
Uоконч	5000 В	Конечное измерительное напряжение, шаг 25 В
Tшаг	00 мин 00 сек	Время шага
Tкон	01 мин 00 сек	Длительность действия напряжения, достигшего конечного значения
Iтригг	1.000 мА	Установленный ток утечки триггера, шаг = 10 мкА

#### Установка параметров для выдерживаемого напряжения:

- Нажмите клавишу **SELECT**, (на экране появится меню Установки, см. рисунок 30);
- Выберите параметр (строку) для установки, используя клавиши  $\uparrow$  и  $\downarrow$ ;
- Отрегулируйте значение, используя клавиши  $\leftarrow$  и  $\rightarrow$ . Переход к следующему подпараметру осуществляется нажатием клавиши **SELECT** (при наличии 2-х или более подпараметров) и повторите установку.
- Завершите регулировку значений, нажав клавишу **ESC** или **START/STOP** (для непосредственного начала измерений). Последние отображенные установки сохранятся.

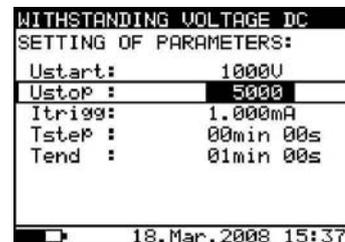


Рис. 30. Меню установок

#### Примечания:

Тшаг и Ткон - независимые таймеры. Максимальное время для каждого из них равно 30 мин 60 с. Ткон стартует по окончании периода изменения. Период изменения может быть вычислен по формуле:

$$\text{Тизмен} \approx \text{Тшаг}(\text{Уоконч} - \text{Унач}) / 25 \text{ В}$$

Если Тшаг установлено на 00 мин 00 сек, тогда изменение напряжения увеличивается примерно на 25 В за 2 сек.

**Внимание!**

- См. раздел Предупреждения для изучения правил безопасности!

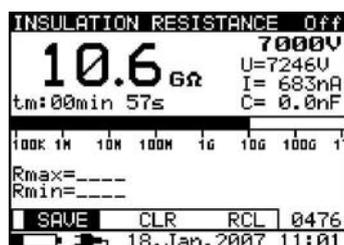
## 6. Работа с результатами измерений

### 6.1. Операции сохранения, чтения и стирания

Прибор обладает возможностью сохранения результатов в память. Это необходимо для обеспечения возможности проведения измерений с последующим чтением результатов, выполнения их анализа и печати или передачи на компьютер для последующей обработки.

После нажатия клавиши **MEM**, вид меню будет соответствовать показанному на рис. 31. Предлагаются опции сохранения, чтения и стирания.

**SAVE I** CLR RCL nnnn



**Примечания:**

*Рис. 31. Меню сохранения*

Символы **nnnn** означают порядковый номер сохраняемого результата.

С помощью клавиш ← и → можно выполнить следующие действия:

- Сохранить результат: Выберите **СОХРАНИТЬ** и подтвердите операцию нажатием клавиши **MEM**. Если активна функция R(t), ее результат будет автоматически сохранен с основным результатом измерения.
- Выбор сохраненного результата: Выберите **RCL** и подтвердите операцию нажатием клавиши **MEM**, будет отображен последний результат. Верхняя строка меню изменится на:  
Показать результат без выведения графика R(t):

pRecall: 0006 |

Показать результат с выведением графика R(t):

pRecall: 0007 G |

“0006” и “0007” означают порядковый номер сохраненного результата. Литера «G» символизирует график R(t), если выбран. Результаты можно прокручивать с помощью клавиш ↑ и ↓. Для того, чтобы наблюдать график R(t), нажмите клавишу **SELECT**, для возврата к текстовому представлению результатов нажмите **ESC**. Выход из меню просмотра - клавиша **ESC** или **Start**.

- Для стирания последнего сохраненного результата: выберите **CLR** и подтвердите выбор нажатием **MEM**.

Для полного стирания памяти см. раздел 4.2. Конфигурация.

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

<b>Функция</b>	<b>Перечень сохраненных данных</b>
<b>Напряжение</b>	Наименование функции Измеренное напряжение Частота измеренного напряжения Порядковый номер сохраненного результата Дата * Время *
<b>Сопротивление изоляции</b>	Наименование функции Измеренное значение сопротивления изоляции Установленное испытательное напряжение Измеренное значение испытательного напряжения Измеренное значение испытательного тока Емкость объекта измерений Длительность измерений Максимальное значение измеренного сопротивления Минимальное значение измеренного сопротивления Порядковый номер сохраненного результата Дата * Время *
<b>Диагностический тест</b>	Наименование функции Последнее измеренное сопротивление изоляции Установленное испытательное напряжение Измеренное значение испытательного напряжения Измеренное значение испытательного 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 *
<b>Высоковольтные испытания</b>	Наименование функции Последнее измеренное значение испытательного напряжения Установленное начальное напряжение Установленное окончательное напряжение Установленное значение тока триггера Измеренное значение испытательного тока Установленный шаг времени измерения Установленное время окончания Фактическое время измерения (при окончательном измерительном напряжении) Порядковый номер сохраненного результата

<b>Пошаговое изменение напряжения</b>	Наименование функции
	Последнее измеренное сопротивление изоляции
	Установленное испытательное напряжение
	Измеренное значение испытательного напряжения
	Измеренное значение испытательного тока
	Емкость объекта измерений
	Длительность измерений
	Сопротивление, измеренное на первом этапе при своем номинальном напряжении
	Измеренное значение испытательного напряжения на первом этапе
	Сопротивление, измеренное на втором этапе при своем номинальном напряжении
	Измеренное значение испытательного напряжения на втором этапе
	Сопротивление, измеренное на третьем этапе при своем номинальном напряжении
	Измеренное значение испытательного напряжения на третьем этапе
	Сопротивление, измеренное на четвертом этапе при своем номинальном напряжении
	Измеренное значение испытательного напряжения на четвертом этапе
	Сопротивление, измеренное на последнем этапе при своем номинальном напряжении
	Измеренное значение испытательного напряжения на последнем этапе
Порядковый номер сохраненного результата	
Дата *	
Время *	

**Примечание:**

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

## 6.2 Передача данных на ПК

Сохраненные результаты можно передавать на ПК. Специальное программное обеспечение – **TeraLink-PRO** обладает возможностью определения прибора и загрузки данных.

**Как передавать сохраненные данные:**

Подключите COM - разъем ПК к прибору, используя кабель RS232 или USB

- Включите ПК и прибор.
- В меню КОНФИГУРАЦИЯ прибора (раздел 4.2), установите вид соединения (RS232 или USB) и скорость передачи данных соответственно. Далее, необходимо выйти из меню КОНФИГУРАЦИЯ нажатием клавиши ESC.
- Запустите на ПК программу **Teralink.exe**. Выберите разъем и скорость передачи данных (Конфигурация / Соединительный разъем). Вы увидите функцию **Автопоиск** при выборе разъема. Если функция **Автопоиск** не сработала в первый раз, попробуйте снова.
- ПК и прибор автоматически определяют друг друга.

Программа **Teralink** предоставляет следующие возможности:

- загрузка данных;
- их стирание и хранение;
- изменение и загрузка пользовательских данных;
- простой отчет;
- подготовка файла к вставке в соответствующую форму.

Программа **Teralink.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 сервис-центр, к поставщику или производителю.

### 7.2 Первоначальная установка и зарядка батарей

Батарейный отсек располагается в нижней части корпуса прибора и закрыт крышкой (см. **Рис. 32**). При первоначальной установке батарей необходимо:

- ◆ **Отсоединить все принадлежности и кабель питания от прибора, перед открытием крышки отсека батарей, во избежание электрического удара.**
- ◆ **Снять крышку отсека батарей.**
- ◆ **Правильно установить батареи (см. рисунок 32), в противном случае прибор не будет работать!**
- ◆ **После вышеперечисленного крышка отсека батарей должна быть установлена обратно и закреплена.**

Подключите прибор к источнику питания на 14 часов, для полного заряда батарей. (Типовой ток заряда равен 300 мА).

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

### 7.3 Замена и зарядка батарей

Конструкция прибора предусматривает питание от аккумуляторных батарей, с поддержкой от сети. ЖК – экран отображает индикатор состояния батарей (в нижней левой части экрана). При появлении индикатора низкого заряда, подключите прибор к источнику питания на 14 часов для перезарядки батарей. Типовой ток заряда равен 300 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 питания прибора в течение 4 часов.

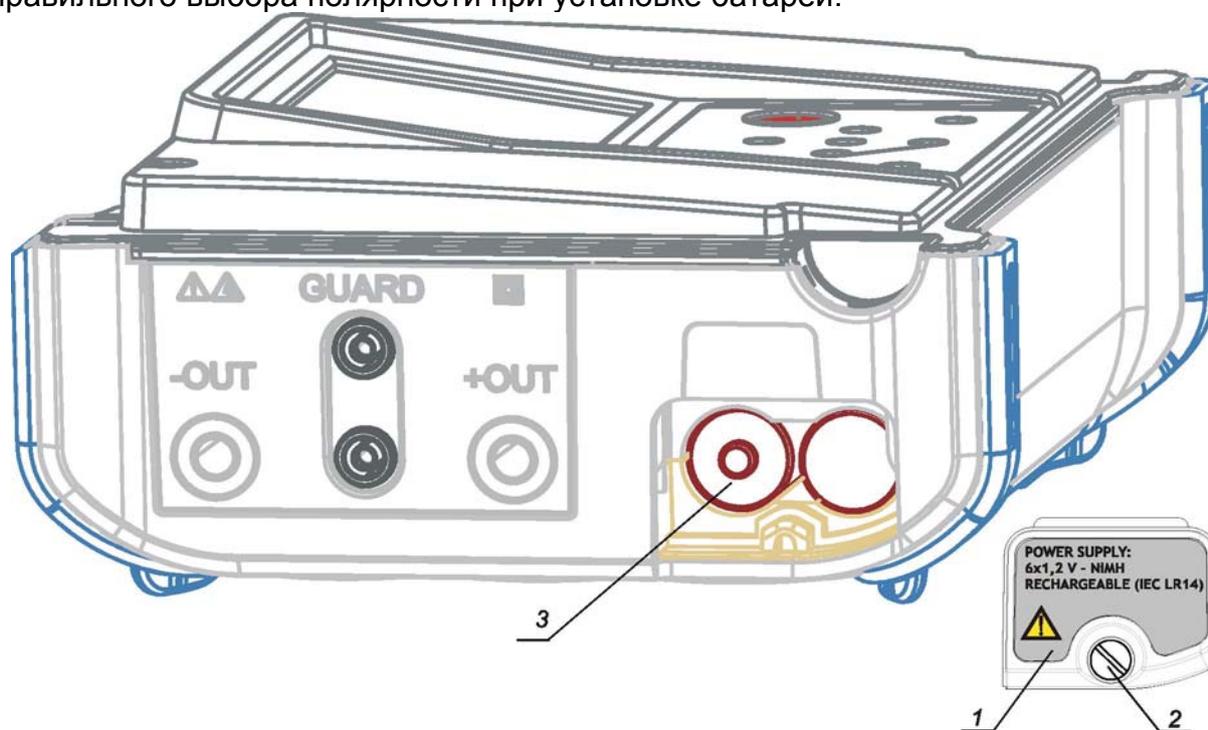
**(Измерения при 5 кВ)**

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

Батарейный отсек располагается в нижней части корпуса прибора и закрыт крышкой (см. **Рис. 32**). При неисправности батарей, необходимо:

- ◆ Выключить питание и отсоединить все принадлежности и кабель питания, перед открыванием крышки отсека батарей, во избежание электрического удара.
- ◆ Снимите крышку отсека батарей.
- ◆ Замените все шесть элементов питания на аналогичные.
- ◆ Правильно установить батареи (см. рисунок 32), в противном случае прибор не будет работать!
- ◆ Крышка отсека батарей должна быть установлена обратно и закреплена.
- ◆ Прибор будет работать от сети только при наличии аккумуляторных батарей внутри.

Номинальное напряжение питания равно 7.2 В постоянного тока. Используйте шесть NiMH элементов питания, размер которых соответствует IEC LR14 (габариты: диаметр = 26 мм, высота = 46 мм). См. **Рис. 32**, приведенный ниже, для правильного выбора полярности при установке батарей.



**Рис. 32.** Правильно установленные батареи

- 1 ..... Крышка отсека батарей.
- 2 ..... Винт (необходимо выкрутить для замены батарей).
- 3 ..... Правильно установленные батареи.

Руководствуйтесь указаниями производителя при обращении с батареями и их обслуживании.



**ОТСОЕДИНИТЕ ВСЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРОВОДА И  
ВЫКЛЮЧИТЕ ПРИБОР ПЕРЕД СНЯТИЕМ КРЫШКИ  
ОТСЕКА БАТАРЕЙ! ОПАСНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ!**

## 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 Сервис

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

## 8 Техническая спецификация

### 8.1 Измерения

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

#### Сопротивление изоляции

Номинальное измерительное напряжение: от 250 В до 5 кВ,  
 Ток измерительного генератора: шаг 25 В  
 Измерительный ток КЗ: >1 мА; 5 мА.  
 Автоматический разряд объекта измерений: да

Диапазон измерений  $R_{из}$ : от 0.12 МОм до 10 ТОм<sup>\*)</sup>

Диапазон $R_{из}$	Разрешение	Точность
0 ÷ 999 кОм	1 кОм	±(5 % от показаний + 3 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	±(15 % от показаний + 3 емр)

\* Значение полной шкалы сопротивления изоляции определяется из следующего уравнения:

$$R_{\text{полной шкалы}} = 2 \text{ ГОм} * U_{\text{изм}}[\text{В}]$$

Измерительное  
напряжение  
постоянного тока:

Значение  
напряжения: от 250 В до 5 кВ.  
 Точность: -0 / +10 % + 20 В.  
 Выходная  
мощность: 5 Вт макс.

Диапазон измерительного	Разрешение	Точность
0 ÷ 5500 В	1 В	±(3 % от показаний + 3 В)

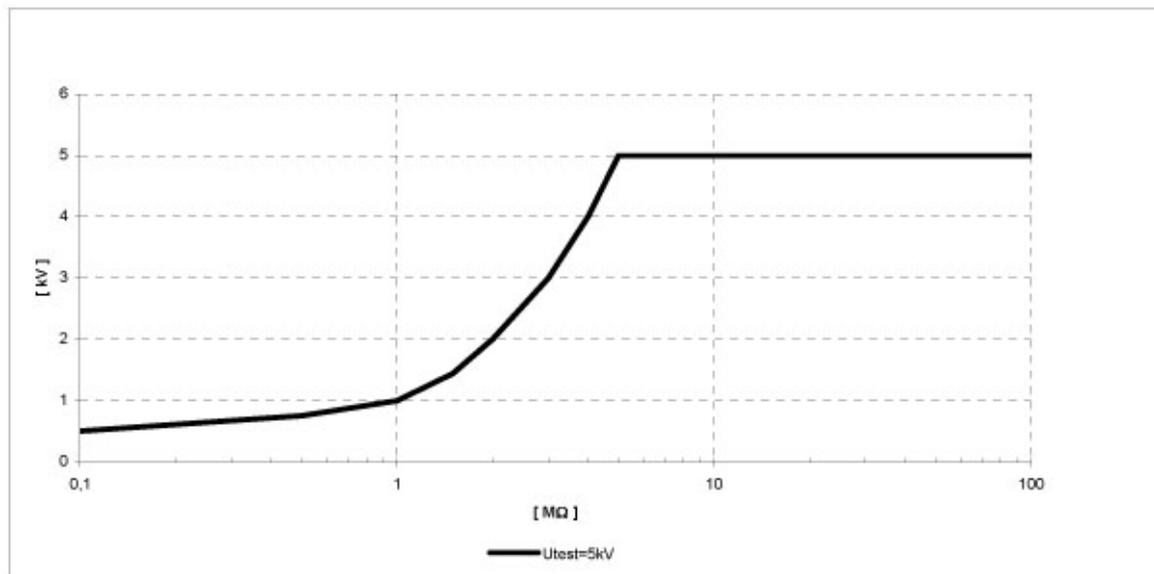
Ток:

Диапазон $I$ (мА)	Разрешение	Точность
1 ÷ 5.5 мА	10 мкА	±(5 % от показаний + 0.05 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, среднеквадратический).
Fil0	1.5
Fil1	2.5
Fil2	4.5
Fil3	5

### Зависимость производительности генератора от сопротивления



### Коэффициент диэлектрического поглощения DAR

Диапазон DAR	Разрешение	Точность
0 ÷ 99.9	0.01	±(5% от показаний + 2 емр)

### Индекс поляризации PI

Диапазон PI	Разрешение	Точность
0 ÷ 99.9	0.01	±(5% от показаний + 2 емр)

### Тестирование диэлектрического разряда DD

Диапазон DD	Разрешение	Точность
0 ÷ 99.9	0.01	±(5% от показаний + 2 емр)

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

### Пошаговое изменение напряжения

Измерительное напряжение постоянного тока:

Значение

напряжения:

Любое значение до 1000 В (200 В, 400 В, 600 В, 800 В, 1000 В) и 5 кВ (1000 В, 2000 В, 3000 В, 4000 В, 5000 В), с шагом 125 В.

Точность:

-0 / +10 % + 20 В.

Диапазон измерительного	Разрешение	Точность
0 ÷ <u>5500 В</u>	1 В	±(3 % от показаний + 3 В)

Ток утечки

Диапазон Iтригг (мА)	Разрешение	Точность
0 ÷ 5,5	1 мкА	±(3 % от показаний + 3 емр)

**Высоковольтные испытания**

Измерительное напряжение постоянного тока:

Значение напряжения: от 250 В до 5 кВ, шаг 25 В.

Точность: -0 / +10 % + 20 В.

Диапазон измерительного напряжения (В)	Разрешение	Точность
0 ÷ 5500V	1 В	±(3 % от показаний + 3 В)

Ток утечки

Диапазон Iтригг (мА)	Разрешение	Точность
0 ÷ 5,5	1 мкА	±(3 % от показаний + 3 емр)

**Напряжение**

Напряжение переменного или постоянного тока

Диапазон внешнего напряжения (В)	Разрешение	Точность
0 ÷ 600	1 В	±(3 % от показаний + 4 В)

Частота внешнего напряжения

Диапазон (Гц)	Разрешение	Точность
От 0 до 45 ÷ 65	0.1 Гц	±0.2 Гц

Примечание:

- При частоте от 0 до 45 Гц отображается <45 Гц
- При частоте более 65 Гц отображается >65 Гц
- при напряжении менее 10 В частота будет равна ---

Сопротивление на входе: 3 МОм ± 10 %

**Емкость**

Диапазон измерения С: 50 мкФ\*

Диапазон С	Разрешение	Точность
0 ÷ 99.9 нФ	0.1 нФ	±(5 % от показаний + 4 нФ)
100 ÷ 999 нФ	1 нФ	
1 ÷ 50 мкФ	10 нФ	

С измеряется при R &gt; 5 Мом

\*Значение полной шкалы емкости определяется следующим уравнением:

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

## 8.2 Технические характеристики

Питание .....	7.2 V DC (6 × 1.2V NiMH IEC LR14)
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) .....	31 x 13 x 25 см
Вес (с батареями, без принадлежностей)	.. 3 кг
Визуальный и звуковой сигнал .....	да
Экран .....	ЖК матричный экран с подсветкой -
(160x116)	
Память .....	Долговременная внутренняя память,
.....	1000 числовых 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% RH (0 ÷ 40 °C), без конденсата
Номинальная (рекомендованная) влажность	40 ÷ 60 % RH
Номинальная высота над уровнем моря ...	до 2000 м

### 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.....	200 кОм ± 10 %

### РАЗРЯДКА

Каждый раз по окончании измерений.

Разрядное сопротивление: ..... 300 кОм ± 10 %

### ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ ПОРТ RS232

Соединение RS232 .....	гальванически развязанный
Скорость передачи данных: .....	4800, 9600, 19200 кбит/с, 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 В.

**ЧАСЫ**

Встроенные часы

Отображаются постоянно; значения сохраняются с каждым результатом соответственно.