



# ВОЛЬТМЕТРЫ УНИВЕРСАЛЬНЫЕ

# Серии АКИП-2103

## РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ



Москва

## Оглавление

<b>1</b>	<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>НАЗНАЧЕНИЕ</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ</b> .....	<b>6</b>
3.1	Вольтметр АК ИП-2103 .....	6
3.1.1	Функциональные возможности .....	6
3.1.2	Измерение постоянного напряжения .....	6
3.1.3	Измерение переменного напряжения .....	7
3.1.4	Измерение постоянного тока .....	7
3.1.5	Измерение переменного тока .....	8
3.1.6	Измерение электрического сопротивления .....	8
3.1.7	Измерение частоты и периода .....	9
3.1.8	Измерение емкости.....	9
3.1.9	Измерение температуры.....	9
3.1.10	Проверка р-п переходов .....	9
3.1.11	Прозвон цепей .....	9
3.1.12	Параметры сканера .....	9
3.1.13	Математическая обработка.....	10
3.1.14	Прочие параметры и режимы .....	10
3.2	Вольтметр АК ИП-2103/1 .....	11
3.2.1	Функциональные возможности .....	11
3.2.2	Измерение постоянного напряжения .....	11
3.2.3	Измерение переменного напряжения .....	12
3.2.4	Измерение постоянного тока .....	12
3.2.5	Измерение переменного тока .....	13
3.2.6	Измерение электрического сопротивления .....	13
3.2.7	Измерение частоты и периода .....	13
3.2.8	Измерение емкости.....	14
3.2.9	Измерение температуры.....	14
3.2.10	Проверка р-п переходов .....	14
3.2.11	Прозвон цепей .....	14
3.2.12	Параметры сканера .....	14
3.2.13	Математическая обработка.....	15
3.2.14	Прочие параметры и режимы .....	15
3.3	Вольтметр АК ИП-2103/2 .....	16
3.3.1	Функциональные возможности .....	16
3.3.2	Измерение постоянного напряжения .....	16
3.3.3	Измерение переменного напряжения .....	17
3.3.4	Измерение постоянного тока .....	17
3.3.5	Измерение переменного тока .....	18
3.3.6	Измерение электрического сопротивления .....	18
3.3.7	Измерение частоты и периода .....	18
3.3.8	Измерение емкости.....	19
3.3.9	Измерение температуры.....	19
3.3.10	Проверка р-п переходов .....	19
3.3.11	Прозвон цепей .....	19
3.3.12	Математическая обработка.....	19
3.3.13	Прочие параметры и режимы .....	19
<b>4</b>	<b>СОСТАВ ПРИБОРА</b> .....	<b>21</b>
4.1	Опции.....	21
<b>5</b>	<b>МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ</b> .....	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ</b> .....	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ</b> .....	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАЦИИ</b> .....	<b>25</b>
8.1	Передняя панель .....	25
8.2	Задняя панель.....	26

<b>9</b>	<b>ДИСПЛЕЙ</b>	<b>27</b>
9.1	Основной дисплей	27
9.2	Дисплей в графическом режиме	27
9.3	Отображение гистограмм	27
9.4	Двойные измерения	28
9.5	Многоканальные измерения	28
9.6	Меню настройки прибора и измерений и режимов работы	28
9.7	Разделы дисплея	29
9.7.1	Верхняя часть дисплея (1)	29
9.7.2	Средняя часть дисплея (2)	29
9.7.3	Нижняя часть дисплея (3)	30
<b>10</b>	<b>Общие сведения из теории измерений</b>	<b>31</b>
<b>11</b>	<b>ОСНОВНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ</b>	<b>41</b>
11.1	Измерение постоянного напряжения	41
11.2	Измерение переменного напряжения	42
11.3	Измерение постоянного тока	43
11.4	Измерение переменного тока	44
11.5	Измерение сопротивления	45
11.5.1	Двухпроводное измерение сопротивления	45
11.5.2	Четырехпроводное измерение сопротивления	46
11.6	Измерение емкости	47
11.7	Измерение частоты	47
11.8	Проверка целостности цепи	48
11.9	Тестирование р – n переходов	49
11.10	Измерение температуры	51
11.11	Измерение отношений постоянных напряжений	52
11.12	Работа со сканером (АКИП-2103 и АКИП-2103/1)	53
<b>12</b>	<b>МЕНЮ КОНФИГУРАЦИЙ ИНТЕРФЕЙСОВ (АКИП-2103 и АКИП-2103/1)</b>	<b>60</b>
12.1	Выбор интерфейса	60
12.2	Интерфейс USB	60
12.3	Интерфейс LAN	60
12.4	Интерфейс GPIB	62
12.5	Интерфейс RS-232	62
<b>13</b>	<b>КОМАНДЫ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ</b>	<b>63</b>
13.1	Введение в язык SCPI	63
13.2	Общие команды стандарта IEEE-488.2	64
13.3	Перечень команд SCPI	65
13.4	Основы программирования на языке SCPI	71
13.5	Модель состояний SCPI	88
13.6	Сообщения об ошибках	94
<b>14</b>	<b>ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ</b>	<b>95</b>
14.1	Номинальные характеристики и тип предохранителя	95
14.2	Замена предохранителя	95
14.3	Чистка и уход за поверхностью	95
<b>15</b>	<b>ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ</b>	<b>96</b>
15.1	Условия хранения прибора:	96
15.2	Длительное хранение	96
<b>16</b>	<b>ПРАВИЛА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ</b>	<b>97</b>
16.1	Тара, упаковка и маркировка упаковки	97
16.2	Условия транспортирования	97
<b>17</b>	<b>ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА</b>	<b>98</b>

## **1 ВВЕДЕНИЕ**

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для лиц, работающих с прибором, а также для обслуживающего персонала.

Руководство включает в себя все данные о приборе, указания по работе.

В связи с постоянной работой по совершенствованию изделия, повышающей его надежность и улучшающей условия эксплуатации, в конструкцию могут быть внесены незначительные изменения, не отражённые в настоящем издании.

При эксплуатации прибора в условиях тропического климата необходимо эксплуатировать его в помещении с кондиционированием воздуха. При эксплуатации прибора в помещении без кондиционирования воздуха необходимо дополнительное предварительное включение прибора на время не менее двух часов с целью его прогрева.

Порядок технического обслуживания прибора, ремонта и проведения закрытой калибровки прибора описан в руководстве по обслуживанию (РО)

## 2 НАЗНАЧЕНИЕ

Вольтметр универсальные серии **АКИП-2103** предназначены для измерения постоянных напряжений и силы тока, среднеквадратичных значений переменных напряжений и силы тока, электрического сопротивления.

Вольтметры обеспечивают возможность измерения частоты переменного напряжения.

Вольтметры обеспечивают математическую и логическую обработку результатов измерения по встроенным программам.

Вольтметры обеспечивают возможность работы в составе автоматизированной системы измерения по стыкам GPIB (опция) и USB.

2.1 Вольтметры по условиям применения (эксплуатации) предназначены для работы в условиях:

- температура окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 35°C;
- относительная влажность воздуха до 80% при температуре до 25°C.

Вольтметры питаются переменным напряжением (220±10%) или (120±10%) В, частотой 45-440 Гц.

2.2 Вольтметры могут применяться для контроля и измерения электрических параметров при производстве радиоэлектронной аппаратуры и электро-, радиоэлементов, при научных и экспериментальных исследованиях в лабораторных и цеховых условиях.

Содержание данного Руководства по эксплуатации **не может быть воспроизведено в какой-либо форме (копирование, воспроизведение, тиражирование и др.) или способом (в печатных или электронных СМИ) - в любом случае без предшествующего разрешения компании изготовителя или официального дилера.**

### Внимание:

1. Все изделия запатентованы, их торговые марки и знаки зарегистрированы. Изготовитель оставляет за собой право без дополнительного уведомления изменить спецификации изделия и конструкцию (внести не принципиальные изменения, не влияющие на его технические характеристики). При небольшом количестве таких изменений, коррекция эксплуатационных документов не проводится.



2. В соответствии с **ГК РФ** (ч.IV, статья 1227, п. 2): **«Переход права собственности на вещь не влечет переход или предоставление интеллектуальных прав на результат интеллектуальной деятельности»**, соответственно приобретение данного средства измерения не означает приобретение прав на его конструкцию, отдельные части, программное обеспечение, руководство по эксплуатации и т.д. Полное или частичное копирование, опубликование и тиражирование руководства по эксплуатации запрещено.

### Информация о сертификации

Вольтметры универсальные серии **АКИП-2103**, прошли испытания для целей утверждения типа и включены в Государственный реестр средств измерений РФ №87807-22.

**Внимание: Изготовитель оставляет за собой право вносить в схему и конструкцию прибора не принципиальные изменения, не влияющие на его технические данные. При небольшом количестве таких изменений, коррекция эксплуатационных документов не проводится.**

### 3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

#### 3.1 Вольтметр АКП-2103

##### 3.1.1 Функциональные возможности

- Измерение постоянного напряжения;
- Измерение переменного напряжения;
- Измерение постоянного тока;
- Измерение переменного тока;
- Измерение электрического сопротивления по 2-х и 4-х проводной схеме;
- Измерение электрической емкости;
- Измерение температуры;
- Измерения частоты и периода переменного напряжения;
- Проверка р-п переходов и прозвонка цепей

Формат индикации и макс. индицируемое число приведены в таблице 3-1.

Табл. 3-1-1

Формат индикации	Максимально индицируемое число
6 1/2	1200000

**Все погрешности, приведенные ниже, обеспечиваются в течение 365 дней после калибровки прибора. Дата калибровки указана в системном меню.**

##### 3.1.2 Измерение постоянного напряжения

3.1.2.1 Основная погрешность вольтметра при измерения постоянного напряжения при формате индикации 6 1/2 не превышает значений, приведенных в табл. 3-2.

**Примечание:** Здесь и далее предел допускаемой основной погрешности нормируется:

- После двух часов прогрева;
- В течении 1 года после проведения калибровки

Табл. 3-1-2

Предел измерения, В	Цена ед. мл. разряда	Предел допускаемой основной погрешности $T_k 23 \pm 5^\circ C$
0,1	0,1 мкВ	$\pm(0,005 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,0035\% \text{ от диапазона})$
1	1 мкВ	$\pm(0,0035 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,0005\% \text{ от диапазона})$
10	10 мкВ	$\pm(0,003 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,0004\% \text{ от диапазона})$
100	0,1 мВ	$\pm(0,0045 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,0006\% \text{ от диапазона})$
1000	1 мВ	$\pm(0,0045 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,001\% \text{ от диапазона})$

**Примечание:**  $U_{изм}$  – значение измеряемого напряжения

$T_k$  – температура, при которой проводилась калибровка

3.1.2.3 Входное сопротивление вольтметров при измерении постоянного напряжения:

- не менее 10 МОм на пределах 100В и 1000В
- не менее 10 ГОм \* на пределах 100мВ, 1В и 10В.

\* Изменение входного сопротивления осуществляется в меню «КОНФИГ» («Input R»). Сопротивление устанавливается на значение >10 ГОм для пределов 100 мВ, 1 В и 10 В. [Запоминается в энергозависимой памяти]. Последовательность установки – см. в п.10.2.

3.1.2.4 Коэффициент подавления помех нормального вида частотой питающей сети при измерении постоянного напряжения не менее 60 дБ.

3.1.2.5 Коэффициент подавления помех общего вида постоянного и переменного тока частотой питающей сети 50 Гц при измерении постоянного напряжения не менее 140 дБ в нормальных условиях при сопротивлении небаланса 1 кОм.

### 3.1.3 Измерение переменного напряжения

3.1.3.1 Вольтметр обеспечивает измерение среднеквадратичного значения (True RMS) переменного напряжения в диапазоне частот от 3 Гц до 300 кГц.

3.1.3.2 Основная погрешность вольтметра при измерения переменного напряжения при формате индикации 6 1/2 не превышает значений приведенных в табл. 3-1-3

Табл. 3-1-3

Предел измерения, В	Разрешение	Предел допускаемой основной погрешности (% от изм. знач. + % от диапазона)					
		3-5 Гц	5-10 Гц	10 Гц-20 кГц	20-50 кГц	50-100 кГц	100-300 кГц
0,1	0,1 мкВ	±(1.0%+0,04)	(0.35%+0,04)	±(0.06%+0,04)	±(0.12%+0,05)	±(0.6%+0,08)	±(4.0%+0,05)
1	1 мкВ						
10	10 мкВ						
100	100 мкВ						
750	1 мВ						

**Примечание:**

- $U_{изм}$  – значение измеряемого напряжения
- ТК – температура, при которой проводилась калибровка
- Основная погрешность нормируется при коэффициенте амплитуды по напряжению ( $KaU = U_{пик.}/U_{ср.кв.} \leq 3.0$  во всем диапазоне измерений.

3.1.3.3 Дополнительная погрешность обусловленная пик-фактором:

Табл. 3-1-4

$K_{a(U)}$ , отн.ед	Предел дополнительной погрешности
3-4	$\pm 0,0032 \times U_{изм}$
4-5	$\pm 0,0045 \times U_{изм}$

### 3.1.4 Измерение постоянного тока

3.1.4.1 Вольтметр обеспечивает измерение силы постоянного тока с конечным значением 3 А. Формат индикации и максимально индицируемое число приведены в таблице 3-1-1.

3.1.4.2 Основная погрешность вольтметра при измерения постоянного напряжения при формате индикации 6 1/2 не превышает значений, приведенных в табл. 3-1-5

Табл. 3-1-5

Предел измерения	Разрешение	Предел допускаемой основной погрешности
1 мкА	1 пА	$\pm(0,05 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,025 \% \text{ от диапазона})$
10 мкА	10 пА	$\pm(0,05 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,025 \% \text{ от диапазона})$
100 мкА	100 пА	$\pm(0,05 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,025 \% \text{ от диапазона})$
1 мА	1 нА	$\pm(0,05 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,020 \% \text{ от диапазона})$
10 мА	0,01 мкА	$\pm(0,05 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,020 \% \text{ от диапазона})$
100 мА	0,1 мкА	$\pm(0,05 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,005 \% \text{ от диапазона})$
1 А	1 мкА	$\pm(0,1 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,010 \% \text{ от диапазона})$
3 А	10 мкА	$\pm(0,2 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,020 \% \text{ от диапазона})$
10 А	10 мкА	$\pm(0,22 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,025 \% \text{ от диапазона})$

**Примечание:**  $I_{изм}$  – значение измеряемого напряжения

$T_K$  – температура, при которой проводилась калибровка

3.1.4.3 Сопротивление входной цепи при измерении силы переменного тока не более 5 Ом на пределе измерения до 100 мА и не более 0,1 Ом на пределе измерения до 1 и 3 А.

### 3.1.5 Измерение переменного тока

3.1.5.1 Вольтметр обеспечивает измерение истинного среднеквадратичного значения (True RMS) силы переменного тока в диапазоне частот от 3 Гц до 5 кГц на пределах измерения 1 и 3 А.

3.1.5.2 Основная погрешность вольтметра при измерении переменного тока в диапазоне от 1% до 100% относительно верхнего предела измерений при формате индикации 6 1/2 не превышает значений приведенных в табл. 3-1-6

Табл. 3-1-6

Предел измерения	Разрешение	Предел допускаемой основной погрешности (% от изм. знач. + % от диапазона)			
		3...5 Гц	5...10 Гц	10 Гц...5 кГц	5...10 кГц
100 мкА	100 пА	$\pm (1.0\%+0,04)$	$\pm (0.3\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$
1 мА	1 нА	$\pm (1.0\%+0,04)$	$\pm (0.3\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$
10 мА	10 нА	$\pm (1.0\%+0,04)$	$\pm (0.3\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$
100 мА	100 нА	$\pm (1.0\%+0,04)$	$\pm (0.3\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$
1 А	1 мкА	$\pm (1.0\%+0,04)$	$\pm (0.3\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$	$\pm (0.23\%+0,04)$
3 А	10 мкА	$\pm (1.0\%+0,06)$	$\pm (0.35\%+0,04)$	$\pm (0.23\%+0,04)$	$\pm (0.23\%+0,04)$
10А	10 мкА	$\pm (1.1\%+0,06)$	$\pm (0.4\%+0,06)$	$\pm (0.23\%+0,04)$	$\pm (1\%+0,07)$

**Примечание:**  $I_{изм}$  – значение измеряемого напряжения

$T_K$  – температура, при которой проводилась калибровка

3.1.5.3 Сопротивление входной цепи при измерении силы переменного тока не более 0,05 Ом.

### 3.1.6 Измерение электрического сопротивления

3.1.6.1 Вольтметр обеспечивает измерение сопротивления постоянному току на диапазонах с конечными значениями 100 Ом, 1 кОм, 10 кОм, 100 кОм, 1 МОм, 10 МОм и 100 МОм по четырех проводной схеме измерения и по двух проводной схеме измерения. Формат индикации и максимально индицируемое число приведены в таблице 3-1.

3.1.6.2 Основная погрешность вольтметра при измерении сопротивления постоянному току при формате индикации 6 1/2 не превышает значений приведенных в табл. 3-1-7

Табл. 3-1-7

Предел измерения	Разрешение	Предел допускаемой основной погрешности	Сила тока в цепи
100 Ом	0,1 МОм	$\pm(0,01 * \frac{R_{измер}}{100} + 0,004 \% \text{ от диапазона})$	1 мА
1 кОм	1 МОм	$\pm(0,01 * \frac{R_{измер}}{100} + 0,001 \% \text{ от диапазона})$	1 мА
10 кОм	10 МОм		100 мкА
100 кОм	0,1 Ом		10 мкА
1 МОм	1 Ом		10 мкА
10 МОм	10 Ом	$\pm(0,04 * \frac{R_{измер}}{100} + 0,001 \% \text{ от диапазона})$	1 мкА
100 МОм	0,1 кОм	$\pm(0,8 * \frac{R_{измер}}{100} + 0,010 \% \text{ от диапазона})$	1 нА / 10 МОм
1000 МОм	1 кОм	$\pm(3 * \frac{R_{измер}}{100} + 0,010 \% \text{ от диапазона})$	1 нА / 10 МОм

**Примечание:**  $R_{изм}$  – значение измеряемого сопротивления

### 3.1.7 Измерение частоты и периода

3.1.7.1 Вольтметр обеспечивает измерение частоты в пределах 3 Гц-300 кГц и периода в пределах 25 мс - 3,3333 мкс при переменном напряжении в диапазоне напряжений 100 мВ-750В.

3.1.7.2 Основная погрешность вольтметра при измерении частоты и периода при формате индикации 6 1/2 не превышает значений приведенных в табл. 3-1-8

Табл. 3-1-8

Предел измерения	Частота	Предел допускаемой основной погрешности
100 мВ ... 750 В	3 ... 10 Гц	$\pm(0.07 * \frac{\text{Измер}}{100})$
	10 ... 100 Гц	$\pm(0.03 * \frac{\text{Измер}}{100})$
	100 Гц ... 1 кГц	$\pm(0.007 * \frac{\text{Измер}}{100})$
	1 ... 300 кГц	$\pm(0.007 * \frac{\text{Измер}}{100})$

Где **Измер** – измеренное значение частоты или периода

### 3.1.8 Измерение емкости

3.1.8.1 Основная погрешность вольтметра при измерении емкости при формате индикации 6 1/2 не превышает значений приведенных в табл. 3-1-9

Табл. 3-1-9

Предел измерения	Тестовый ток	Предел допускаемой основной погрешности
1 нФ	10 мкА	$\pm(0,5 * \frac{C_{\text{измер}}}{100} + 0,5 \% \text{ от диапазона})$
10 нФ	10 мкА	$\pm(0,4 * \frac{C_{\text{измер}}}{100} + 0,1 \% \text{ от диапазона})$
100 нФ	100 мкА	
1 мкФ	100 мкА	
10 мкФ	100 мкА	
100 мкФ	1 мА	

Где **C Измер** – измеренное значение емкости

### 3.1.9 Измерение температуры

3.1.9.1 Вольтметр обеспечивает измерение температуры по шкалам Цельсия и Фаренгейта при использовании термопар типа «K, N, R, T, E» и термометров сопротивления Pt100.

3.1.9.2 Диапазон измерения температур вольтметра составляет -250°C до +1760°C, разрешении составляет 0,1°C.

3.1.9.3 Погрешность вольтметра при измерении температуры определяется погрешностью первичного преобразователя.

### 3.1.10 Проверка p-n переходов

Табл. 3-1-10

Предел измерения	Цена ед. мл разряда	Тестовый ток	Предел допускаемой основной погрешности при температуре 23±5°C*
10 В	10 мкВ	1 мА	0,008+0,010

± (% от измеренного значения + % от установленного предела измерения)

### 3.1.11 Прозвон цепей

Табл. 3-1-11

Предел измерения	Цена ед. мл разряда	Тестовый ток	Предел допускаемой основной погрешности при температуре 23±5°C*
1000 Ом	10 мОм	1 мА	0,008+0,020

± (% от измеренного значения + % от установленного предела измерения)

### 3.1.12 Параметры сканера

Технические характеристики 10/20-канального сканера к АК ИП-2103 (**опция**)

- Количество входных каналов – 10/20, каждый канал имеет 2-х контактное входное реле (тип разъема – под винт). Каналы могут быть сконфигурированы на 4-х контактный ввод (с помощью 4-х проводов из к-та сканера).
- Тип реле – электромеханическое.
- Скорость переключения <5 мс.
- Максимальные параметры входного сигнала: ~125В / 110В пост.; 3 А.
- Количество переключений: не менее  $10^5$ .
- Переходное сопротивление контактов: не более 1 Ом.
- Падение постоянного напряжения на переходе: не более 1 мкВ.
- Постоянный ток смещения на переходе: не более 100 пА.
- Потери в коммутаторе на переменном напряжении (при условии согласования генератора и нагрузки 50 Ом): не более 0,1 дБ на частоте 100 кГц.

### 3.1.13 Математическая обработка

Вольтметр обеспечивает математическую и логическую обработку результатов измерения по программам:

- определение минимального значения;
- определение максимального значения;
- определение среднего значения из заданного числа измерений;
- измерение переменного напряжения в относительных единицах;
- измерение мощности в относительных единицах (дБ/дБм);
- допусковой контроль

**Примечание:** выбор программ осуществляется в меню.

### 3.1.14 Прочие параметры и режимы

3.1.14.1 Вольтметр имеет режимы работы

- Внутренний запуск
- Внешний запуск (импульсы ТТЛ, макс 5В)
- Выдача сигнала конца измерения
- Ручной выбор пределов измерения
- Автоматический выбор пределов измерения
- Измерение;
- Установка «нуля»

3.1.14.2 Вольтметр имеет изолированный от корпуса «плавающий» вход. Электрическая прочность изоляции между входными гнездами и клеммой  обеспечивает максимальное значение рабочего напряжения равного 600 В.

3.1.14.3 Вольтметр выдерживает в течении 1 минуты без пробоя напряжение 1500 В между корпусом прибора и цепями сети.

3.1.14.4 Вольтметр выдерживает в течении 1 минуты без пробоя напряжение 1500 В между корпусом прибора и измерительными гнездами.

3.1.14.5 Сопротивление изоляции между корпусом прибора и цепями сети не менее 20 МОм.

3.1.14.6 Сопротивление между выводом защитного заземления и корпусом вольтметра не более 0,5 Ом.

3.1.14.7 Прибор обеспечивает возможность смены адреса при работе в системе с КОП от 00 до 30.

3.1.14.8 Прибор обеспечивает соединение с персональным компьютером (ПК) через USB интерфейс.

3.1.14.9 Прибор обеспечивает свои технические характеристики по истечении времени установления рабочего режима, равного двум часам. Время готовности прибора без гарантированной погрешности не более 15 мин.

3.1.14.10 Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением  $(220 \pm 10\%)$  или  $(120 \pm 10\%)$  В, частотой 45-440 Гц.

3.1.14.11 Мощность, потребляемая прибором от сети при номинальном напряжении, не превышает 25 ВА.

3.1.14.12 Прибор сохраняет свои технические характеристики в течение 8 ч непрерывной работы. Время непрерывной работы не включает в себя время установления рабочего режима прибора.

3.1.14.13 Рабочие условия применения (эксплуатации):

- температура окружающего воздуха, °С — от плюс 10 до плюс 35;

- относительная влажность воздуха, % — до 80 при температуре до 25°C;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) — от 106 до 60 от (795 до 450).

3.1.14.14 Предельные условия транспортирования: температура окружающего воздуха, °С — от минус 10 до плюс 40;

- относительная влажность воздуха, % — 90;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) — 84-106,7 (630-800).

После пребывания в предельных условиях время выдержки прибора в нормальных условиях не менее 2ч.

3.1.14.15 Габаритные размеры прибора 210X85X350 мм. Масса прибора (без упаковки) не более 4.3 кг.

3.1.14.16 Нароботка на отказ прибора To не менее 10000 ч.

3.1.14.17 Гамма - процентный ресурс не менее 10000 ч при  $\gamma = 90\%$ .

3.1.14.18 Гамма - процентный срок службы не менее 15 лет при  $\gamma = 90\%$ .

3.1.14.19 Гамма - процентный срок хранения не менее 10 лет для отапливаемых хранилищ или 5 лет для неотапливаемых хранилищ при  $\gamma=90\%$ .

## 3.2 Вольтметр АКИП-2103/1

### 3.2.1 Функциональные возможности

- Измерение постоянного напряжения;
- Измерение переменного напряжения;
- Измерение постоянного тока;
- Измерение переменного тока;
- Измерение электрического сопротивления по 2-х и 4-х проводной схеме;
- Измерение электрической емкости;
- Измерение температуры;
- Измерения частоты и периода переменного напряжения;
- Проверка p-n переходов и прозвонка цепей

Формат индикации и макс. индицируемое число приведены в таблице 3-2-1.

Табл. 3-2-1

Формат индикации	Максимально индицируемое число
6 1/2	1200000

**Все погрешности, приведенные ниже, обеспечиваются в течение 365 дней после калибровки прибора. Дата калибровки указана в системном меню.**

### Измерение постоянного напряжения

#### 3.2.2 Измерение постоянного напряжения

3.2.2.1 Основная погрешность вольтметра при измерения постоянного напряжения при формате индикации 6 1/2 не превышает значений, приведенных в табл. 3-2.

**Примечание:** Здесь и далее предел допускаемой основной погрешности нормируется:

- После двух часов прогрева;
- В течении 1 года после проведения калибровки

Табл. 3-2-2

Предел измерения, В	Цена ед. мл. разряда	Предел допускаемой основной погрешности
		$T_k 23 \pm 5^\circ C$
0,1	0,1 мкВ	$\pm(0,005 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,0035\% \text{ от диапазона})$
1	1 мкВ	$\pm(0,004 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,0007\% \text{ от диапазона})$
10	10 мкВ	$\pm(0,0035 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,0005\% \text{ от диапазона})$
100	0,1 мВ	$\pm(0,006 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,0006\% \text{ от диапазона})$
1000	1 мВ	$\pm(0,006 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,001\% \text{ от диапазона})$

**Примечание:**  $U_{изм}$  – значение измеряемого напряжения

$T_k$  – температура, при которой проводилась калибровка

3.2.2.2 Входное сопротивление вольтметров при измерении постоянного напряжения:

- не менее 10 МОм на пределах 100В и 1000В
- не менее 10 ГОм \* на пределах 100мВ, 1В и 10В.

\* Изменение входного сопротивления осуществляется в меню «КОНФИГ» («Input R»). Сопротивление устанавливается на значение >10 ГОм для пределов 100 мВ, 1 В и 10 В. [Запоминается в энергозависимой памяти]. Последовательность установки – см. в п.10.2.

3.2.2.3 Коэффициент подавления помех нормального вида частотой питающей сети при измерении постоянного напряжения не менее 60 дБ.

3.2.2.4 Коэффициент подавления помех общего вида постоянного и переменного тока частотой питающей сети 50 Гц при измерении постоянного напряжения не менее 140 дБ в нормальных условиях при сопротивлении небаланса 1 кОм.

### 3.2.3 Измерение переменного напряжения

3.2.3.1 Вольтметр обеспечивает измерение среднеквадратичного значения (True RMS) переменного напряжения в диапазоне частот от 3 Гц до 300 кГц.

3.2.3.2 Основная погрешность вольтметра при измерения переменного напряжения при формате индикации 6 1/2 не превышает значений приведенных в табл. 3-3

Табл. 3-2-3

Предел измерения, В	Разрешение	Предел допускаемой основной погрешности (% от изм. знач. + % от диапазона)					
		3-5 Гц	5-10 Гц	10 Гц-20 кГц	20-50 кГц	50-100 кГц	100-300 кГц
0,1	0,1 мкВ	±(1.0%+0,04)	(0.35%+0,04)	±(0.06%+0,04)	±(0.12%+0,05)	±(0.6%+0,08)	±(4.0%+0,05)
1	1 мкВ						
10	10 мкВ						
100	100 мкВ						
750	1 мВ						

**Примечание:**

- $U_{изм}$  – значение измеряемого напряжения
- ТК – температура, при которой проводилась калибровка
- Основная погрешность нормируется при коэффициенте амплитуды по напряжению ( $K_{aU} = U_{пик.}/U_{ср.кв.}$ ) ≤ 3.0 во всем диапазоне измерений.

3.2.2.3 Дополнительная погрешность обусловленная пик-фактором:

Табл. 3-2-4

$K_{a(U)}$ , отн.ед	Предел дополнительной погрешности
3-4	$\pm 0,0032 \times U_{изм}$
4-5	$\pm 0,0045 \times U_{изм}$

### 3.2.4 Измерение постоянного тока

3.2.4.1 Вольтметр обеспечивает измерение силы постоянного тока с конечным значением 3 А. Формат индикации и максимально индицируемое число приведены в таблице 3-1.

3.2.4.2 Основная погрешность вольтметра при измерения постоянного напряжения при формате индикации 6 1/2 не превышает значений приведенных в табл. 3-2-5

Табл. 3-2-5

Предел измерения	Разрешение	Предел допускаемой основной погрешности
10 мА	0,01 мкА	$\pm(0,05 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,020 \% \text{ от диапазона})$
100 мА	0,1 мкА	$\pm(0,05 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,005 \% \text{ от диапазона})$
1 А	1 мкА	$\pm(0,1 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,010 \% \text{ от диапазона})$
3 А	10 мкА	$\pm(0,2 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,020 \% \text{ от диапазона})$

**Примечание:**  $I_{изм}$  – значение измеряемого напряжения

$T_k$  – температура, при которой проводилась калибровка

3.2.3.3 Сопротивление входной цепи при измерении силы переменного тока не более 5 Ом на пределе измерения до 100 мА и не более 0,1 Ом на пределе измерения до 1 и 3 А.

### 3.2.5 Измерение переменного тока

3.2.5.1 Вольтметр обеспечивает измерение истинного среднеквадратичного значения (True RMS) силы переменного тока в диапазоне частот от 3 Гц до 5 кГц на пределах измерения 1 и 3 А.

3.2.5.2 Основная погрешность вольтметра при измерении переменного тока в диапазоне от 1% до 100% относительно верхнего предела измерений при формате индикации 6 1/2 не превышает значений приведенных в табл. 3-2-5

Табл. 3-2-5

Предел измерения	Разрешение	Предел допускаемой основной погрешности (% от изм. знач. + % от диапазона)			
		3...5 Гц	5...10 Гц	10 Гц...5 кГц	5...10 кГц
10 мА	10 нА	$\pm (1.0\%+0,04)$	$\pm (0.3\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$
100 мА	100 нА	$\pm (1.0\%+0,04)$	$\pm (0.3\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$
1 А	1 мкА	$\pm (1.0\%+0,04)$	$\pm (0.3\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$	Не нормируется
3 А	10 мкА	$\pm (1.0\%+0,06)$	$\pm (0.35\%+0,04)$	$\pm (0.23\%+0,04)$	Не нормируется

**Примечание:**  $I_{изм}$  – значение измеряемого напряжения

$T_k$  – температура, при которой проводилась калибровка

3.2.5.3 Сопротивление входной цепи при измерении силы переменного тока не более 0,05 Ом.

### 3.2.6 Измерение электрического сопротивления

3.2.6.1 Вольтметр обеспечивает измерение сопротивления постоянному току на диапазонах с конечными значениями 100 Ом, 1 кОм, 10 кОм, 100 кОм, 1 МОм, 10 МОм и 100 МОм по четырех проводной схеме измерения и по двух проводной схеме измерения. Формат индикации и максимально индицируемое число приведены в таблице 3-1.

3.2.6.2 Основная погрешность вольтметра при измерении сопротивления постоянному току при формате индикации 6 1/2 не превышает значений приведенных в табл. 3-6

Табл. 3-2-6

Предел измерения	Разрешение	Предел допускаемой основной погрешности	Сила тока в цепи
100 Ом	0,1 МОм	$\pm(0,01 * \frac{R_{измер}}{100} + 0,004 \% \text{ от диапазона})$	1 мА
1 кОм	1 МОм	$\pm(0,01 * \frac{R_{измер}}{100} + 0,001 \% \text{ от диапазона})$	1 мА
10 кОм	10 МОм		100 мкА
100 кОм	0,1 Ом		10 мкА
1 МОм	1 Ом		10 мкА
10 МОм	10 Ом	$\pm(0,04 * \frac{R_{измер}}{100} + 0,001 \% \text{ от диапазона})$	1 мкА
100 МОм	0,1 кОм	$\pm(0,8 * \frac{R_{измер}}{100} + 0,010 \% \text{ от диапазона})$	1 нА / 10 МОм

**Примечание:**  $R_{изм}$  – значение измеряемого сопротивления

### 3.2.7 Измерение частоты и периода

3.2.7.1 Вольтметр обеспечивает измерение частоты в пределах 3 Гц-300 кГц и периода в пределах 25 мс - 3,3333 мкс при переменном напряжении в диапазоне напряжений 100 мВ-750В.

3.2.7.2 Основная погрешность вольтметра при измерении частоты и периода при формате индикации 6 1/2 не превышает

Табл. 3-2-7

Предел измерения	Частота	Предел допускаемой основной погрешности
100 мВ ... 750 В	3 ... 10 Гц	$\pm(0.1 * \frac{Измер}{100})$

	10 ... 100 Гц	$\pm(0,03 * \frac{\text{Измер}}{100})$
	100 Гц ... 1 кГц	$\pm(0,01 * \frac{\text{Измер}}{100})$
	1 ... 300 кГц	$\pm(0,01 * \frac{\text{Измер}}{100})$

Где **Измер** – измеренное значение частоты или периода

### 3.2.8 Измерение емкости

3.2.8.1 Основная погрешность вольтметра при измерении емкости при формате индикации 6 1/2 не превышает значений приведенных в табл. 3-1-9

Табл. 3-2-8

Предел измерения	Тестовый ток	Предел допускаемой основной погрешности
1 нФ	10 мкА	$\pm(0,4 * \frac{C_{\text{измер}}}{100} + 0,1 \% \text{ от диапазона})$
10 нФ	10 мкА	
100 нФ	100 мкА	
1 мкФ	100 мкА	
10 мкФ	100 мкА	
100 мкФ	1 мА	

Где **C Измер** – измеренное значение емкости

### 3.2.9 Измерение температуры

3.2.9.1 Вольтметр обеспечивает измерение температуры по шкалам Цельсия и Фаренгейта при использовании термпар типа «К, N, R, T, E» и термометров сопротивления Pt100.

3.2.9.2 Диапазон измерения температур вольтметра составляет -250°C до +1760°C, разрешении составляет 0,1°C.

3.2.9.3 Погрешность вольтметра при измерении температуры определяется погрешностью первичного преобразователя.

### 3.2.10 Проверка р-п переходов

Табл. 3-2-9

Предел измерения	Цена ед. мл разряда	Тестовый ток	Предел допускаемой основной погрешности при температуре 23±5°C*
10 В	10 мкВ	1 мА	0,008+0,010

± (% от измеренного значения + % от установленного предела измерения)

### 3.2.11 Прозвон цепей

Табл. 3-2-10

Предел измерения	Цена ед. мл разряда	Тестовый ток	Предел допускаемой основной погрешности при температуре 23±5°C*
1000 Ом	10 мОм	1 мА	0,008+0,020

± (% от измеренного значения + % от установленного предела измерения)

### 3.2.12 Параметры сканера

Технические характеристики 10/20-канального сканера к АК ИП-2103/1 (**опция**)

- Количество входных каналов – 10/20, каждый канал имеет 2-х контактное входное реле (тип разъема – под винт). Каналы могут быть сконфигурированы на 4-х контактный ввод (с помощью 4-х проводов из к-та сканера).
- Тип реле – электромеханическое.
- Скорость переключения <5 мс.
- Максимальные параметры входного сигнала: ~125В / 110В пост.; 3 А.
- Количество переключений: не менее 10<sup>5</sup>.
- Переходное сопротивление контактов: не более 1 Ом.
- Падение постоянного напряжения на переходе: не более 1 мкВ.

- Постоянный ток смещения на переходе: не более 100 пА.
- Потери в коммутаторе на переменном напряжении (при условии согласования генератора и нагрузки 50 Ом): не более 0,1 дБ на частоте 100 кГц.

### 3.2.13 Математическая обработка

Вольтметр обеспечивает математическую и логическую обработку результатов измерения по программам:

- определение минимального значения;
- определение максимального значения;
- определение среднего значения из заданного числа измерений;
- измерение переменного напряжения в относительных единицах;
- измерение мощности в относительных единицах (дБ/дБм);
- допусковой контроль

**Примечание:** выбор программ осуществляется в меню.

### 3.2.14 Прочие параметры и режимы

3.2.14.1 Вольтметр имеет режимы работы

- Внутренний запуск
- Внешний запуск (импульсы ТТЛ, макс 5В)
- Выдача сигнала конца измерения
- Ручной выбор пределов измерения
- Автоматический выбор пределов измерения
- Измерение;
- Установка «нуля»

3.2.14.2 Вольтметр имеет изолированный от корпуса «плавающий» вход. Электрическая прочность изоляции между входными гнездами и клеммой  обеспечивает максимальное значение рабочего напряжения равно 600 В.

3.2.14.3 Вольтметр выдерживает в течении 1 минуты без пробоя напряжение 1500 В между корпусом прибора и цепями сети.

3.2.14.4 Вольтметр выдерживает в течении 1 минуты без пробоя напряжение 1500 В между корпусом прибора и измерительными гнездами.

3.2.14.5 Сопротивление изоляции между корпусом прибора и цепями сети не менее 20 МОм.

3.2.14.6 Сопротивление между выводом защитного заземления и корпусом вольтметра не более 0,5 Ом.

3.2.14.7 Прибор обеспечивает возможность смены адреса при работе в системе с КОП от 00 до 30.

3.2.14.8 Прибор обеспечивает соединение с персональным компьютером (ПК) через USB интерфейс.

3.2.14.9 Прибор обеспечивает свои технические характеристики по истечении времени установления рабочего режима, равно двум часам. Время готовности прибора без гарантированной погрешности не более 15 мин.

3.2.14.10 Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением (220±10%) или (120±10%) В, частотой 45-440 Гц.

3.2.14.11 Мощность, потребляемая прибором от сети при номинальном напряжении, не превышает 25 ВА.

3.2.14.12 Прибор сохраняет свои технические характеристики в течение 8 ч непрерывной работы. Время непрерывной работы не включает в себя время установления рабочего режима прибора.

3.2.14.13 Рабочие условия применения (эксплуатации):

- температура окружающего воздуха, °С — от плюс 10 до плюс 35;
- относительная влажность воздуха, % — до 80 при температуре до 25°С;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) — от 106 до 60 от (795 до 450).

3.2.14.14 Предельные условия транспортирования: температура окружающего воздуха, °С — от минус 10 до плюс 40;

- относительная влажность воздуха, % — 90;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) — 84-106,7 (630-800).

После пребывания в предельных условиях время выдержки прибора в нормальных условиях не менее 2ч.

3.2.14.15 Габаритные размеры прибора 210X85X350 мм. Масса прибора(без упаковки) не более 4.3 кг.

3.2.14.16 Нарabотка на отказ прибора To не менее 10000 ч.

3.2.14.17 Гамма - процентный ресурс не менее 10000 ч при  $\gamma = 90\%$ .

3.2.14.18 Гамма - процентный срок службы не менее 15 лет при  $\gamma = 90\%$ .

3.2.14.19 Гамма - процентный срок хранения не менее 10 лет для отапливаемых хранилищ или 5 лет для неотапливаемых хранилищ при  $\gamma=90\%$ .

### 3.3 Вольтметр АКIP-2103/2

#### 3.3.1 Функциональные возможности

- Измерение постоянного напряжения;
- Измерение переменного напряжения;
- Измерение постоянного тока;
- Измерение переменного тока;
- Измерение электрического сопротивления по 2-х и 4-х проводной схеме;
- Измерение электрической емкости;
- Измерение температуры;
- Измерения частоты и периода переменного напряжения;
- Проверка p-n переходов и прозвонка цепей

Формат индикации и макс. индицируемое число приведены в таблице 3-3-1.

Табл. 3-3-1

Формат индикации	Максимально индицируемое число
6 1/2	1200000

**Все погрешности, приведенные ниже, обеспечиваются в течение 365 дней после калибровки прибора. Дата калибровки указана в системном меню.**

#### 3.3.2 Измерение постоянного напряжения

3.3.2.1 Основная погрешность вольтметра при измерения постоянного напряжения при формате индикации 6 1/2 не превышает значений, приведенных в табл. 3-3-2.

**Примечание:** Здесь и далее предел допускаемой основной погрешности нормируется:

- После двух часов прогрева;
- В течении 1 года после проведения калибровки

Табл. 3-3-2

Предел измерения, В	Цена ед. мл. разряда	Предел допускаемой основной погрешности $T_k 23\pm 5^\circ C$
0,1	0,1 мкВ	$\pm(0,009 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,0065\% \text{ от диапазона})$
1	1 мкВ	$\pm(0,008 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,001\% \text{ от диапазона})$
10	10 мкВ	$\pm(0,0075 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,0005\% \text{ от диапазона})$
100	0,1 мВ	$\pm(0,085 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,0006\% \text{ от диапазона})$
1000	1 мВ	$\pm(0,085 * \frac{U_{измер}}{100} + 0,001\% \text{ от диапазона})$

**Примечание:**  $U_{изм}$  – значение измеряемого напряжения

$T_k$  – температура, при которой проводилась калибровка

3.3.2.2 Входное сопротивление вольтметров при измерении постоянного напряжения:

- не менее 10 МОм на пределах 100В и 1000В
- не менее 10 ГОм \* на пределах 100мВ, 1В и 10В.

\* Изменение входного сопротивления осуществляется в меню «КОНФИГ» («Input R»). Сопротивление устанавливается на значение >10 ГОм для пределов 100 мВ, 1 В и 10 В. [Запоминается в энергозависимой памяти]. Последовательность установки – см. в п.10.2.

3.3.2.3 Коэффициент подавления помех нормального вида частотой питающей сети при измерении постоянного напряжения не менее 60 дБ.

3.3.2.4 Коэффициент подавления помех общего вида постоянного и переменного тока частотой питающей сети 50 Гц при измерении постоянного напряжения не менее 140 дБ в нормальных условиях при сопротивлении небаланса 1 кОм.

### 3.3.3 Измерение переменного напряжения

3.3.3.1 Вольтметр обеспечивает измерение среднеквадратичного значения (True RMS) переменного напряжения в диапазоне частот от 3 Гц до 300 кГц.

3.3.3.2 Основная погрешность вольтметра при измерения переменного напряжения при формате индикации 6 1/2 не превышает значений приведенных в табл. 3-3

Табл. 3-3-3

Предел измерения, В	Разрешение	Предел допускаемой основной погрешности (% от изм. знач. + % от диапазона)					
		3-5 Гц	5-10 Гц	10 Гц-20 кГц	20-50 кГц	50-100 кГц	100-300 кГц
0,1	0,1 мкВ	±(1.0%+0,03)	(0.38%+0,03)	±(0.09%+0,03)	±(0.15%+0,05)	±(0.63%+0,08)	±(4.0%+0,05)
1	1 мкВ						
10	10 мкВ						
100	100 мкВ						
750	1 мВ						

**Примечание:**

- $U_{изм}$  – значение измеряемого напряжения
- Тк – температура, при которой проводилась калибровка
- Основная погрешность нормируется при коэффициенте амплитуды по напряжению ( $K_{aU} = U_{пик.}/U_{ср.кв.} \leq 3.0$  во всем диапазоне измерений.

3.3.3 Дополнительная погрешность обусловленная пик-фактором:

Табл. 3-3-4

$K_{a(U)}$ , отн.ед	Предел дополнительной погрешности
3-4	$\pm 0,0032 \times U_{изм}$
4-5	$\pm 0,0045 \times U_{изм}$

### 3.3.4 Измерение постоянного тока

3.3.4.1 Вольтметр обеспечивает измерение силы постоянного тока с конечным значением 3 А. Формат индикации и максимально индицируемое число приведены в таблице 3-3-1.

3.3.4.2 Основная погрешность вольтметра при измерения постоянного напряжения при формате индикации 6 1/2 не превышает значений приведенных в табл. 3-3-5

Табл. 3-3-5

Предел измерения	Разрешение	Предел допускаемой основной погрешности
10 мА	0,01 мкА	$\pm(0,05 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,020 \% \text{ от диапазона})$
100 мА	0,1 мкА	$\pm(0,05 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,005 \% \text{ от диапазона})$
1 А	1 мкА	$\pm(0,1 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,010 \% \text{ от диапазона})$
3 А	10 мкА	$\pm(0,2 * \frac{I_{измер}}{100} + 0,020 \% \text{ от диапазона})$

**Примечание:**  $I_{изм}$  – значение измеряемого напряжения

$T_k$  – температура, при которой проводилась калибровка

3.3.3.3 Сопротивление входной цепи при измерении силы переменного тока не более 5 Ом на пределе измерения до 100 мА и не более 0,1 Ом на пределе измерения до 1 и 3 А.

### 3.3.5 Измерение переменного тока

3.3.5.1 Вольтметр обеспечивает измерение истинного среднеквадратичного значения (True RMS) силы переменного тока в диапазоне частот от 3 Гц до 5 кГц на пределах измерения 1 и 3 А.

3.3.5.2 Основная погрешность вольтметра при измерении переменного тока в диапазоне от 1% до 100% относительно верхнего предела измерений при формате индикации 6 1/2 не превышает значений приведенных в табл. 3-3-7

Табл. 3-3-7

Предел измерения	Разрешение	Предел допускаемой основной погрешности (% от изм. знач. + % от диапазона)			
		3...5 Гц	5...10 Гц	10 Гц...5 кГц	5...10 кГц
10 мА	10 нА	$\pm (1.0\%+0,04)$	$\pm (0.3\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$
100 мА	100 нА	$\pm (1.0\%+0,04)$	$\pm (0.3\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$
1 А	1 мкА	$\pm (1.0\%+0,04)$	$\pm (0.3\%+0,04)$	$\pm (0.1\%+0,04)$	Не нормируется
3 А	10 мкА	$\pm (1.0\%+0,06)$	$\pm (0.35\%+0,04)$	$\pm (0.23\%+0,04)$	Не нормируется

**Примечание:**  $I_{изм}$  – значение измеряемого напряжения  
 $T_K$  – температура, при которой проводилась калибровка

3.3.5.3 Сопротивление входной цепи при измерении силы переменного тока не более 0,05 Ом.

### 3.3.6 Измерение электрического сопротивления

3.3.6.1 Вольтметр обеспечивает измерение сопротивления постоянному току на диапазонах с конечными значениями 100 Ом, 1 кОм, 10 кОм, 100 кОм, 1 МОм, 10 МОм и 100 МОм по четырех проводной схеме измерения и по двух проводной схеме измерения. Формат индикации и максимально индицируемое число приведены в таблице 3-1.

3.3.6.2 Основная погрешность вольтметра при измерении сопротивления постоянному току при формате индикации 6 1/2 не превышает значений приведенных в табл. 3-3-8

Табл. 3-3-8

Предел измерения	Разрешение	Предел допускаемой основной погрешности	Сила тока в цепи
100 Ом	0,1 МОм	$\pm(0,014 * \frac{R_{измер}}{100} + 0,007 \% \text{ от диапазона})$	1 мА
1 кОм	1 МОм	$\pm(0,014 * \frac{R_{измер}}{100} + 0,001 \% \text{ от диапазона})$	1 мА
10 кОм	10 МОм		100 мкА
100 кОм	0,1 Ом		10 мкА
1 МОм	1 Ом		10 мкА
10 МОм	10 Ом	$\pm(0,04 * \frac{R_{измер}}{100} + 0,001 \% \text{ от диапазона})$	1 мкА
100 МОм	0,1 кОм	$\pm(0,8 * \frac{R_{измер}}{100} + 0,010 \% \text{ от диапазона})$	1 нА / 10 МОм

**Примечание:**  $R_{изм}$  – значение измеряемого сопротивления

### 3.3.7 Измерение частоты и периода

3.3.7.1 Вольтметр обеспечивает измерение частоты в пределах 3 Гц-300 кГц и периода в пределах 25 мс - 3,3333 мкс при переменном напряжении в диапазоне напряжений 100 мВ-750В.

3.3.7.2 Основная погрешность вольтметра при измерении частоты и периода при формате индикации 6 1/2 не превышает

Табл. 3-3-9

Предел измерения	Частота	Предел допускаемой основной погрешности
100 мВ ... 750 В	3 ... 10 Гц	$\pm(0.1 * \frac{Измер}{100})$
	10 ... 100 Гц	$\pm(0.05 * \frac{Измер}{100})$
	100 Гц ... 1 кГц	$\pm(0.02 * \frac{Измер}{100})$

	1 ... 300 кГц	$\pm(0,012 * \frac{\text{Измер}}{100})$
--	---------------	---

Где **Измер** – измеренное значение частоты или периода

### 3.3.8 Измерение емкости

3.3.8.1 Основная погрешность вольтметра при измерении емкости при формате индикации 6 1/2 не превышает

Табл. 3-3-10

Предел измерения	Тестовый ток	Предел допускаемой основной погрешности
1 нФ	10 мкА	$\pm(0,5 * \frac{C_{\text{измер}}}{100} + 0,5 \% \text{ от диапазона})$  $\pm(0,4 * \frac{C_{\text{измер}}}{100} + 0,1 \% \text{ от диапазона})$
10 нФ	10 мкА	
100 нФ	100 мкА	
1 мкФ	100 мкА	
10 мкФ	100 мкА	
100 мкФ	1 мА	

Где **C Измер** – измеренное значение емкости

### 3.3.9 Измерение температуры

3.3.9.1 Вольтметр обеспечивает измерение температуры по шкалам Цельсия и Фаренгейта при использовании термопар типа «K, N, R, T, E» и термометров сопротивления Pt100.

3.3.9.2 Диапазон измерения температур вольтметра составляет -250°C до +1760°C, разрешении составляет 0,1°C.

3.3.9.3 Погрешность вольтметра при измерении температуры определяется погрешностью первичного преобразователя.

### 3.3.10 Проверка p-n переходов

Табл. 3-3-11

Предел измерения	Цена ед. мл разряда	Тестовый ток	Предел допускаемой основной погрешности при температуре 23±5°C*
10 В	10 мкВ	1 мА	0,008+0,010

± (% от измеренного значения + % от установленного предела измерения)

### 3.3.11 Прозвон цепей

Табл. 3-3-12

Предел измерения	Цена ед. мл разряда	Тестовый ток	Предел допускаемой основной погрешности при температуре 23±5°C*
1000 Ом	10 мОм	1 мА	0,008+0,020

± (% от измеренного значения + % от установленного предела измерения)

### 3.3.12 Математическая обработка

Вольтметр обеспечивает математическую и логическую обработку результатов измерения по программам:

- определение минимального значения;
- определение максимального значения;
- определение среднего значения из заданного числа измерений;
- измерение переменного напряжения в относительных единицах;
- измерение мощности в относительных единицах (дБ/дБм);
- допусковой контроль;

**Примечание:** выбор программ осуществляется в меню.

### 3.3.13 Прочие параметры и режимы

3.3.13.1 Вольтметр имеет режимы работы;

- Внутренний запуск;
- Внешний запуск (импульсы ТТЛ, макс 5В) ;
- Выдача сигнала конца измерения;
- Ручной выбор пределов измерения;
- Автоматический выбор пределов измерения;
- Измерение;

- Установка «нуля»;

3.3.13.2 Вольтметр имеет изолированный от корпуса «плавающий» вход. Электрическая прочность изоляции между входными гнездами и клеммой  обеспечивает максимальное значение рабочего напряжения равного 600 В.

3.3.13.3 Вольтметр выдерживает в течении 1 минуты без пробоя напряжение 1500 В между корпусом прибора и цепями сети.

3.3.13.4 Вольтметр выдерживает в течении 1 минуты без пробоя напряжение 1500 В между корпусом прибора и измерительными гнездами.

3.3.13.5 Сопrotивление изоляции между корпусом прибора и цепями сети не менее 20 МОм.

3.3.13.6 Сопrotивление между выводом защитного заземления и корпусом вольтметра не более 0,5 Ом.

3.3.13.7 Прибор обеспечивает возможность смены адреса при работе в системе с КОП от 00 до 30. (Кроме АК ИП-2103/2)

3.3.13.8 Прибор обеспечивает соединение с персональным компьютером (ПК) через USB интерфейс. (Кроме АК ИП-2103/2)

3.3.13.9 Прибор обеспечивает свои технические характеристики по истечении времени установления рабочего режима, равного двум часам. Время готовности прибора без гарантированной погрешности не более 15 мин.

3.3.13.10 Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением (220±10%) или (120±10%) В, частотой 45-440 Гц.

3.3.13.11 Мощность, потребляемая прибором от сети при номинальном напряжении, не превышает 25 ВА.

3.3.13.12 Прибор сохраняет свои технические характеристики в течение 8 ч непрерывной работы. Время непрерывной работы не включает в себя время установления рабочего режима прибора.

3.3.13.13 Рабочие условия применения (эксплуатации):

- температура окружающего воздуха, °С — от плюс 10 до плюс 35;
- относительная влажность воздуха, % — до 80 при температуре до 25°С;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) — от 106 до 60 от (795 до 450).

3.3.13.14 Предельные условия транспортирования: температура окружающего воздуха, °С — от минус 10 до плюс 40;

- относительная влажность воздуха, % — 90;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) — 84-106,7 (630-800).

После пребывания в предельных условиях время выдержки прибора в нормальных условиях не менее 2ч.

3.3.13.15 Габаритные размеры прибора 210X85X350 мм. Масса прибора (без упаковки) не более 4.3 кг.

3.3.13.16 Нарabотка на отказ прибора Т<sub>о</sub> не менее 10000 ч.

3.3.13.17 Гамма - процентный ресурс не менее 10000 ч при γ = 90%.

3.3.13.18 Гамма - процентный срок службы не менее 15 лет при γ = 90%.

3.3.13.19 Гамма - процентный срок хранения не менее 10 лет для отапливаемых хранилищ или 5 лет для неотапливаемых хранилищ при γ=90%.

## 4 СОСТАВ ПРИБОРА

таблица 4.1

Наименование	Кол-во	Примечание
Вольтметр	1	
Сетевой шнур	1	
Измерительные провода	2	(красн., черн)
Кабель USB	1	
Руководство по эксплуатации	1	

### 4.1 Опции

Термопара типа «К» ( <b>опция</b> №011)	-	по отд. Заказу
Адаптер подключения RTD ( <b>опция</b> №05)	-	по отд. Заказу
10-канальный сканнер ( <b>опция</b> №01)	-	по отд. Заказу
20-канальный сканер ( <b>опция</b> №09)	-	по отд. заказу
Интерфейс GPIB/ КОП ( <b>опция</b> №04)	-	по отд. заказу
Интерфейс RS-232 ( <b>опция</b> №06)	-	по отд. заказу
Короткозамыкатель 4-х контактный ( <b>опция</b> №10)	-	по отд. заказу

## **5   МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ**

Наименование и условное обозначение прибора, товарный знак предприятия нанесены в верхней части лицевой панели.

Заводской порядковый номер прибора расположен на задней панели.

Прибор пломбируется самоклеющимися (саморазрушающимися при вскрытии) прибора пломбами, которые расположены на задней панели.

## **6 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

После длительного хранения следует произвести внешний осмотр, а затем поверку согласно методике поверки.

При внешнем осмотре необходимо проверить:

1. сохранность пломб;
2. комплектность согласно табл. 4.1;
3. отсутствие внешних механических повреждений, влияющих на точность показаний прибора;
4. прочность крепления органов управления, четкость фиксации их положений;
5. наличие предохранителей;
6. чистоту разъемов и гнезд;
7. состояние лакокрасочных покрытий, гальванических покрытий и четкость гравировки;
8. состояние соединительных кабелей и переходов.

При работе прибора категорически запрещается ставить его на переднюю и заднюю панели, что может привести к поломке органов управления и ввода сетевого шнура.

## 7 УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

По требованиям электробезопасности Вольтметры удовлетворяют нормам ОСТ 4.275.003-77 класса защиты 1.

Вольтметры включается в сеть трехжильным кабелем (два фазных провода и заземляющая жила).

Соблюдение следующих правил безопасности значительно уменьшит возможность поражения электрическим током:

7.1 Старайтесь не подвергать себя воздействию высокого напряжения - это опасно для жизни. Снимайте защитный кожух и экраны только по мере необходимости.

7.2 Постарайтесь использовать только одну руку (правую), при регулировке цепей, находящихся под напряжением. Избегайте небрежного контакта с любыми частями оборудования, потому что эти касания могут привести к поражению высоким напряжением.

7.3 Работайте по возможности в сухих помещениях с изолирующим покрытием пола или используйте изолирующий материал под вашим стулом и ногами. Если оборудование переносное, поместите его при обслуживании на изолированную поверхность.

7.4 Постарайтесь изучить цепи, с которыми Вы работаете, для того, чтобы избежать участков с высокими напряжениями. Помните, что электрические цепи могут находиться под напряжением даже после выключения оборудования.

7.5 Металлические части оборудования с двухпроводными шнурами питания не имеют заземления. Это не только представляет опасность поражения электрическим током, но также может вызвать повреждение оборудования.

7.6 Никогда не работайте один. Необходимо, чтобы в пределах досягаемости находился персонал, который сможет оказать вам первую помощь в случае поражения электрическим током.

### Термины и условные обозначения по технике безопасности

В данном руководстве и на панелях прибора используются следующие предупредительные символы и надписи:



**ВНИМАНИЕ!** Указание на состояние прибора, при котором возможно поражение электрическим током.



**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ.** Указание на состояние прибора, следствием которого может стать его неисправность.



**ОПАСНО** – высокое напряжение



**ВНИМАНИЕ** – смотри Инструкцию



Корпус прибора



Зажим защитного заземления



Зажим рабочего заземления

## 8 ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАЦИИ

### 8.1 Передняя панель

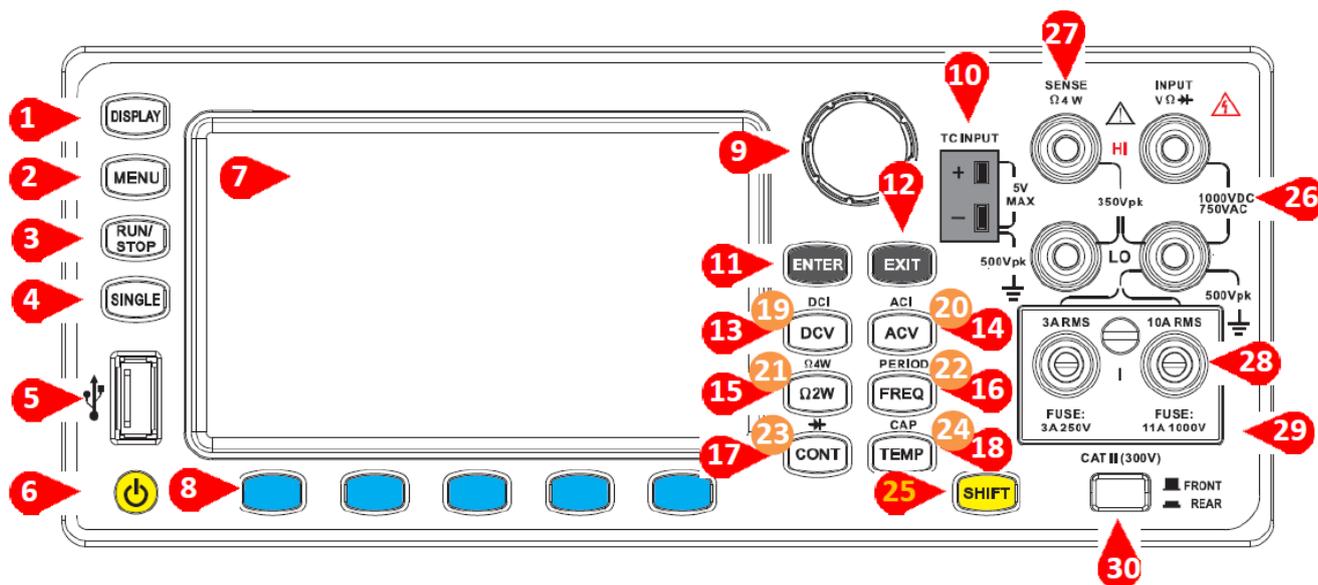


Рис. 8.1 передняя панель

<b>1</b>	Кнопка изменения режима отображения на дисплее
<b>2</b>	Кнопка входа в меню прибора
<b>3</b>	Кнопка управления запуском вольтметра
<b>4</b>	Однократный запуск измерений на вольтметре
<b>5</b>	USB порт для подключения флешки
<b>6</b>	Кнопка включения прибора
<b>7</b>	Дисплей прибора
<b>8</b>	Софт кнопки под дисплеем меняющие свое назначение в зависимости от меню на дисплее
<b>9</b>	Поворотный переключатель
<b>10</b>	Гнездо для подключения термопары (только АКПП-2103)
<b>11</b>	Кнопка подтверждения выбора настройки / доступа в следующее меню
<b>12</b>	Кнопка отмены действия / выхода из меню
<b>13/19</b>	<b>Кнопка двойного назначения DC V / DC I</b> DC V – измерения постоянного напряжения
<b>14/20</b>	<b>Кнопка двойного назначения AC V</b> AC V – измерения переменного напряжения AC I – измерения переменного тока, при нажатии кнопки <b>Shift</b> и <b>AC V</b>
<b>15/21</b>	<b>Кнопка измерения сопротивления двойного назначения</b> 2W Ω – измерения сопротивления постоянному току по 2-х проводной схеме, выбор режима высвечивается на индикаторе надписью ОНМ с соответствующей размерностью; 4W Ω – измерения сопротивления постоянному току по 4-х проводной схеме, при нажатии кнопки <b>Shift</b> и <b>2W Ω</b>
<b>16/22</b>	<b>Кнопка двойного назначения</b> <b>FREQ</b> – Частота (измерение частоты), при измерении на индикаторе присутствует надпись «HZ» с соответствующей размерностью. <b>Period</b> – измерение периода, при нажатии кнопки <b>Shift</b> и <b>FREQ</b>
<b>17/23</b>	<b>Кнопка двойного назначения</b> <b>CONT</b> – выбор режима звуковой прозвонки цепи (целостности), на индикаторе появится символ «ОНМ »» ▶ – При нажатии кнопки <b>Shift</b> и <b>CONT</b> , прибор устанавливает режим тестирования диодов

<b>18/24</b>	<b>Кнопка двойного назначения</b> Измерение температуры с помощью термометра сопротивления. Измерение емкости при нажатии <b>Shift</b> и <b>TEMP</b>
<b>25</b>	<b>Префиксная кнопка</b> выбора режимов, обозначенных над основными кнопками. Нажатие на кнопку высвечивает на индикаторе надпись «Shift»
<b>26</b>	Клеммы основных измерений
<b>27</b>	Клеммы для дополнительных проводов используемых для измерения сопротивления по 4-х проводной схеме
<b>28</b>	Клеммы для измерения тока
<b>29</b>	Отсек с предохранителями
<b>30</b>	Кнопка выбора измерительных клемм (на передней панели ( <b>FRONT</b> ) / на задней панели ( <b>REAR</b> )) только АКП-2103 и АКП-2103/1

## 8.2 Задняя панель

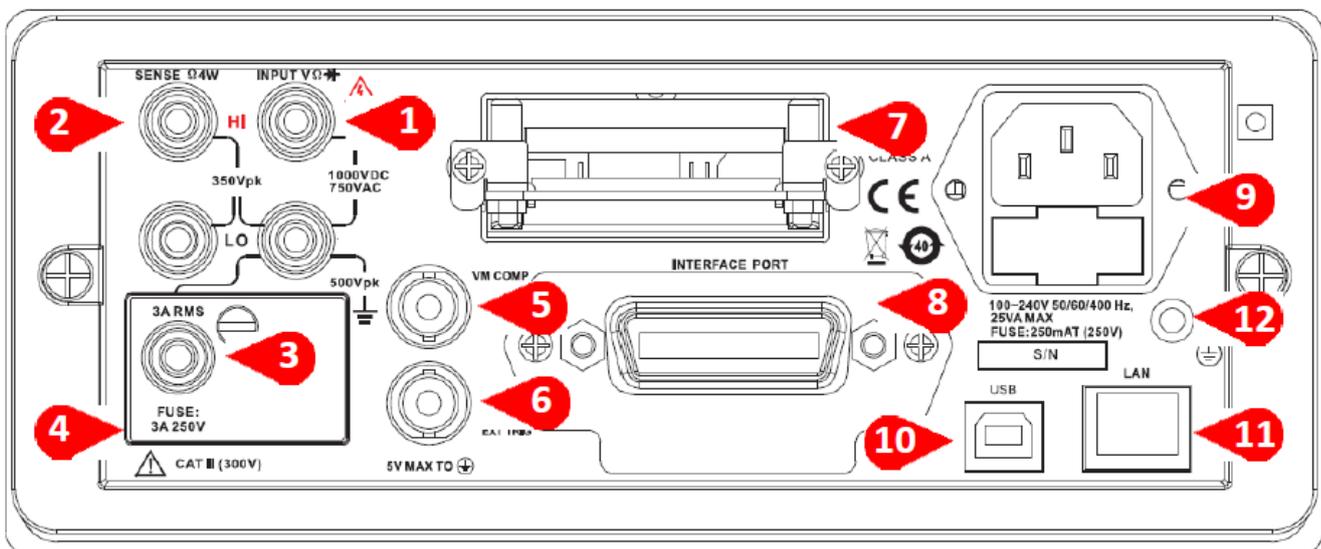


Рис. 2 Задняя панель

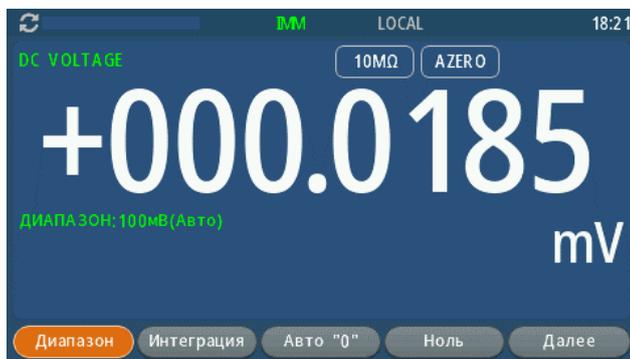
<b>1</b>	<b>HI, LO</b>	Клеммы для всех измерений, исключая измерения тока и температуры (2103 и 2103/1)
<b>2</b>	<b>LO, I</b>	Клеммы для токовых измерений (AC/DC) (2103 и 2103/1)
<b>3</b>	<b>3 A rms</b>	Токовый вход для измерений сигналов малой мощности (до 3 А) (2103 и 2103/1)
<b>4</b>		Крышка отсека с предохранителями (2103 и 2103/1)
<b>5</b>	<b>VM COMP</b>	Выход синхронизации
<b>6</b>	<b>EX TRIG</b>	Вход внешней синхронизации
<b>7</b>	<b>СЛОТ</b>	Для установки 10/20 канального сканнера ( <b>опция</b> ). Закрит технологической заглушкой. (Только 2103 и 2103/1)
<b>8</b>	<b>GPIB</b>	Интерфейс GPIB/КОП (опция) (2103 и 2103/1)
<b>9</b>		Сетевой разъем для подключения кабеля питания
<b>10</b>	<b>USB</b>	Интерфейс USB (2103 и 2103/1)
<b>11</b>	<b>LAN</b>	Разъем интерфейса LAN (2103 и 2103/1)
<b>12</b>		Клемма подключения заземления

## 9 ДИСПЛЕЙ

На экране могут отображаться измерения (одно, два или три), графики, гистограммы, меню настройки прибора, режимы работы, регулировка подсветки, установки времени и даты.

### 9.1 Основной дисплей

Измерение постоянного напряжения является заводской настройкой по умолчанию при первом включении питания прибора. Может быть изменено на пользовательскую настройку.



### 9.2 Дисплей в графическом режиме

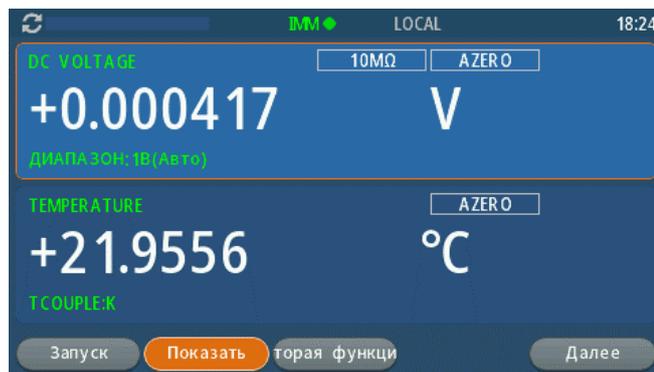
На графике отображаются автоматически масштабируемые результаты измерения.



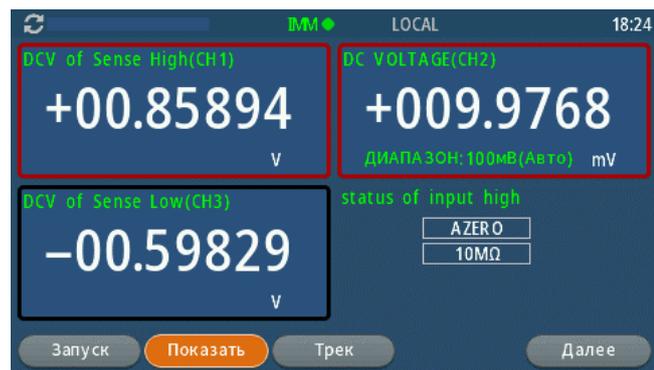
### 9.3 Отображение гистограмм



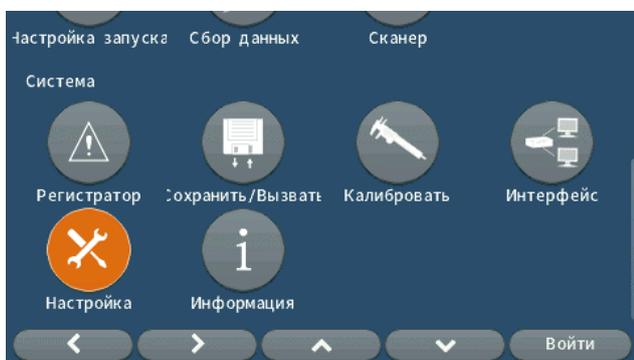
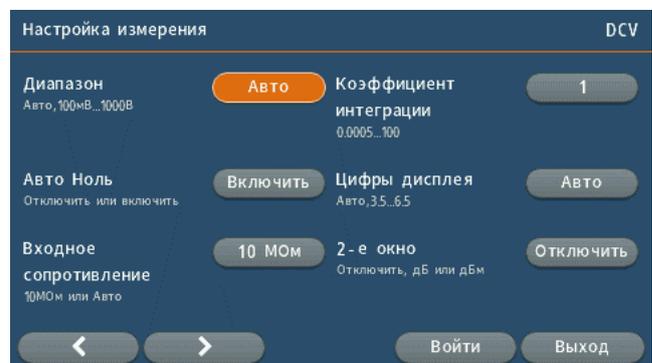
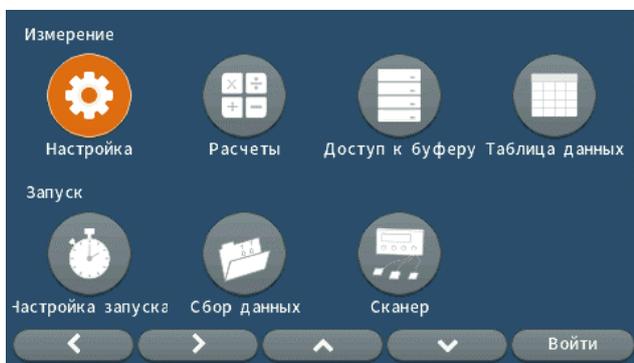
## 9.4 Двойные измерения



## 9.5 Многоканальные измерения



## 9.6 Меню настройки прибора и измерений и режимов работы



## 9.7 Разделы дисплея

Дисплей прибора разбит на три области



### 9.7.1 Верхняя часть дисплея (1)

- - Состояние буфера памяти прибора
- - режимы работы запуска прибора
  - IMM - непрерывный
  - IMM STOP - сбор измерений остановлен
  - EXT - внешний запуск измерений
  - TIME - запуск измерений по времени
  - MAN - ручной запуск измерений
  - INT - Внутренний
- **LOCAL** - управление прибором с передней панели или через интерфейс (отображается RMT)
- **18:30** - Системное время прибора

### 9.7.2 Средняя часть дисплея (2)

- DC VOLTAGE - режим измерений
- 10 MΩ - входное сопротивление
- A ZERO - автоматическая установка нуля
- -000.0030 - измеренное значение
- Диапазон: 100 мВ - диапазон измерений
- - иконки дополнительных режимов прибора
- максимальное измеренное значение

### 9.7.3 Нижняя часть дисплея (3)

Иконки функций, которыми могут управлять кнопки под дисплеем. Данные функции могут изменяться в зависимости от выбранного измерения.

Доступные функции в зависимости от режима измерения вольтметра.

Режим измерения	Назначение многофункциональных кнопок под дисплеем
<b>DCV</b> Постоянное напряжение	Диапазон, Интеграция, Авто 0, Ноль, Фильтр, Математика, Удержание, Высокий Z, Запуск, Показать
<b>DCI</b> Постоянный ток	Диапазон, Интеграция, Авто 0, Ноль, Фильтр, Математика, Удержание, Запуск, Показать
<b>ACV</b> Переменное напряжение	Диапазон, Полоса пропускания, Ноль, Фильтр, Математика, Удержание, Запуск, Показать
<b>ACI</b> Переменный ток	Диапазон, Полоса пропускания, Ноль, Фильтр, Математика, Удержание, Запуск, Показать
<b><math>\Omega 2W</math></b> 2-х проводное измерение сопротивления	Диапазон, Интеграция, Авто 0, Ноль, Фильтр, Математика, Удержание, Запуск, Показать
<b><math>\Omega 4W</math></b> 4-х проводное измерение сопротивления	Диапазон, Интеграция, Ноль, Фильтр, Математика, Удержание, Запуск, Показать
<b>FREQ</b> Измерение частоты	Измерение, диапазон, Апертура, Полоса пропускания, Ноль, фильтр, Математика, Удержание, Запуск, Показать
<b>RATIO</b> Отношение	Диапазон, Интеграция, Ноль, Фильтр, Математика, Удержание, Запуск, Показать
<b>CONT</b> Проверка целостности цепи	Порог, Звуковой сигнал, Запуск, Показать
<b>DIOD</b> Диоды	Уровень смещения, Звуковой сигнал, Запуск, Показать
<b>TEMP</b> Измерение температуры	Преобразователь, Тип, Интеграция, Ноль, Фильтра, Математика, Удержание, Авто 0, Запуск, Показать
<b>CAP</b> Измерение емкости	Диапазон, Ноль, Фильтр, Удержание, Запуск, Показать

## 10 Общие сведения из теории измерений

Вольтметры серии **АКИП-2103** выполняют измерения с прецизионной точностью. Пользователь должен предпринимать необходимые меры с целью устранения потенциальных источников дополнительных погрешностей измерений. В данном разделе описаны общеизвестные источники погрешностей при выполнении измерений и приведены рекомендации, позволяющие устранять эти погрешности.

### Погрешности, обусловленные термо-ЭДС

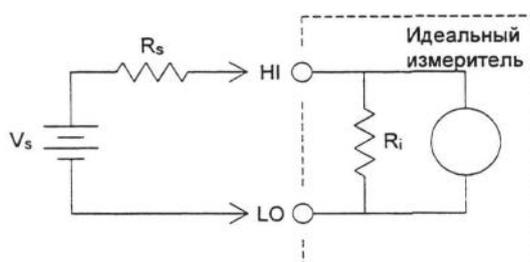
Наиболее известным источником погрешностей являются термо-ЭДС, возникающие при измерениях постоянных напряжений низкого уровня. Входные гнезда АКИП-2103 изготовлены из медного сплава. Приведенная ниже таблица показывает средние значения термо-ЭДС для соединений между различными материалами.

Медь-	Приблизительное значение в мкВ/°С
Медь	<0.3
Золото	0.5
Серебро	0.5
Латунь	3
Бериллиевая медь	5
Алюминий	5
Ковар или сплав	40
42 Кремний	500
Окись меди	1000
Кадмиево-оловянный припой	0.2
Оловянно-свинцовый припой	5

Напряжения термо-ЭДС создаются при подключении прибора к объекту измерения с использованием проводников из разных металлов, имеющих разные температуры. Переход (спай) металл-металл образует термопару, которая вырабатывает напряжение, пропорциональное температуре перехода. Пользователь должен предпринять необходимые меры предосторожности, чтобы свести к минимуму уровень напряжений на термопарах и разницу температур при измерениях постоянных напряжений низкого уровня. Самые лучшие соединения получаются при тугом скручивании медных проводников.

### Погрешности, обусловленные нагрузкой (измерение постоянного напряжения)

Погрешности измерения, обусловленные нагрузкой, возникают, когда сопротивление измеряемого объекта составляет достаточно большой процент от собственного входного сопротивления вольтметра (см. рис. ниже).



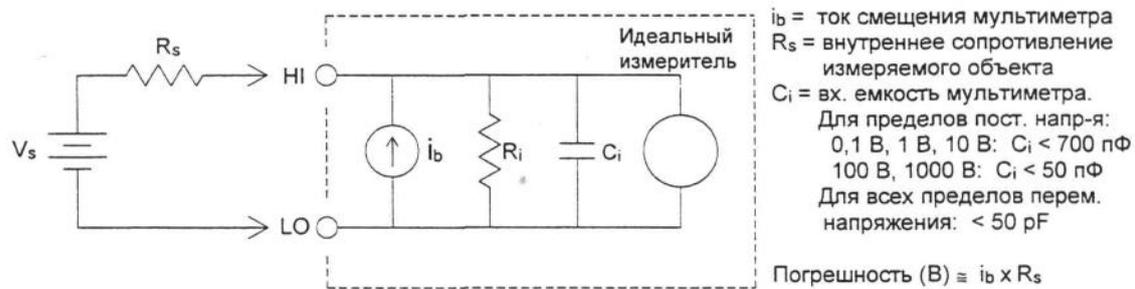
$V_s$  = идеальное напряжение измеряемого объекта  
 $R_s$  = внутр. сопротивление измеряемого объекта  
 $R_i$  = входн. сопротивл. мультиметра (10 МОм или > 10 Гом)

$$\text{Погрешность (\%)} = \frac{100 \times R_s}{R_s + R_i}$$

Для уменьшения погрешностей, обусловленных нагрузкой, и снижения уровня шумовых помех учитывайте значение входного сопротивления вольтметра.

### Погрешности, обусловленные токами утечки

Входная емкость вольтметра подзарядается за счет входных токов смещения, когда входные гнезда разомкнуты. В диапазоне температур от 0°C до 30°C измерительная схема вольтметра создает входной ток смещения около 30 пА. При температуре выше 30°C каждое ее повышение на 8°C удваивает величину тока смещения. Этот ток создает небольшие напряжения смещения, величина которых зависит от внутреннего сопротивления измеряемого объекта. Эффект становится ощутимым при внутреннем сопротивлении более 100 кОм или при рабочей температуре, значительно превышающей 30°C.



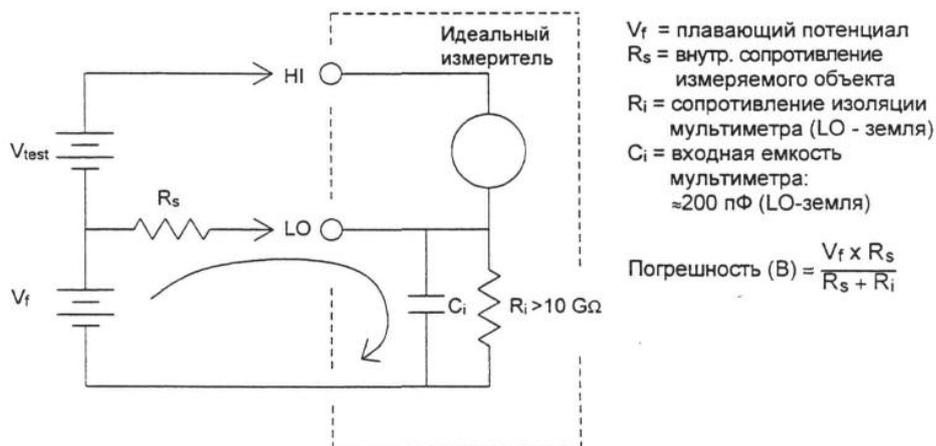
### Подавление помех сети электропитания

Способность подавления паразитных сигналов необходима для интегрирующих АЦП. Методы интегрирования предусматривают подавление сетевых помех, наложенных на постоянное напряжение на входе. Иными словами, это называется подавлением помех нормального вида. Подавление помех нормального вида достигается, если вольтметр измеряет среднее значение входного сигнала, интегрируя его в течение какого-то фиксированного интервала времени. Если установить время интегрирования равным целому числу циклов колебания сетевого напряжения, в течение которых помеха присутствует на входе, то погрешности (и их гармонические составляющие), связанные с этой помехой, будут усреднены приблизительно до нуля.

Для подавления сетевых частотных помех и их гармоник вольтметр АКИП-2103 обеспечивает три значения времени интегрирования АЦП. При подключении сети питания он измеряет частоту сети (50 или 60 Гц), а затем устанавливает надлежащее время интегрирования. Ниже в таблице приведены конкретные данные по подавлению помех, достигаемые в зависимости от различных конфигураций. Для достижения большей разрешающей способности и улучшения подавления помех рекомендуется устанавливать более длительное время интегрирования.

### Подавление помех общего вида

В идеальном случае вольтметр полностью изолирован от заземленных схем. Однако, между низкопотенциальной входной клеммой LO вольтметр и заземлением существует конечное сопротивление. Оно может быть причиной возникновения погрешностей при измерении малых напряжений, уровень которых плавно меняется относительно потенциала точки заземления.



### Помехи, обусловленные возникновением контуров в магнитном поле

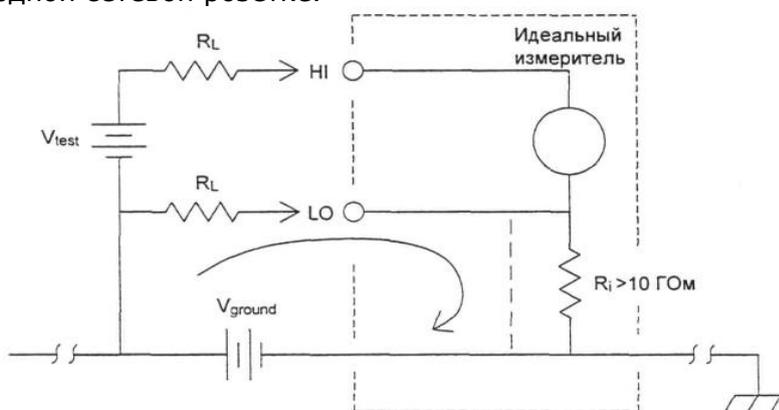
При выполнении измерений вблизи магнитных полей рекомендуется предпринять необходимые меры предосторожности, чтобы избегать наводки напряжений в измерительных кабелях. Особенно следует проявлять осторожность при работе рядом с проводниками, несущими большие токи. Чтобы уменьшить площадь контуров наводки помех, следует подключать вольтметр к измеряемому объекту измерительными кабелями в виде витых пар или поместить в оболочку, чтобы они как можно плотнее прилегли друг к другу. Наводки помех могут возникать также в свободно провисающих или вибрирующих измерительных кабелях. При работе вблизи магнитных полей обязательно следует прочно их закрепить. Для

уменьшения влияния источников магнитных полей по возможности рекомендуется использовать экранирующие материалы или удалять измеряемый объект с вольтметром на безопасное расстояние.

### **Помехи, обусловленные возникновением паразитных контуров с замыканием через землю**

При измерении напряжений в схемах, где вольтметр и измеряемый объект имеют две разные точки заземления, образуется паразитный контур через землю. Как показано ниже, любая разность потенциалов между двумя точками заземления ( $V_{ground}$ ) вызывает протекание тока по измерительным кабелям. Это приводит к возникновению погрешностей в виде паразитного шума и напряжения смещения (обычно связанных с работой сети питания), которые накладываются на измеряемое напряжение.

Наилучшим способом устранения паразитных контуров через землю является изоляция измерительных схем вольтметра от земли: соединять входные гнезда с землей не рекомендуется. Если же вольтметр необходимо заземлить, то следует подсоединить его и измеряемый объект к одной общей точке заземления. Это уменьшит или устранил вообще какую-либо разность потенциалов между точками заземления обоих устройств. При возможности следует также обеспечить подключение вольтметра и измеряемого объекта к одной сетевой розетке.



$R_L$  = сопротивление измерительного кабеля

$R_i$  = сопротивление изоляции вольтметра

$V_{ground}$  = падение напряжения на шине заземления

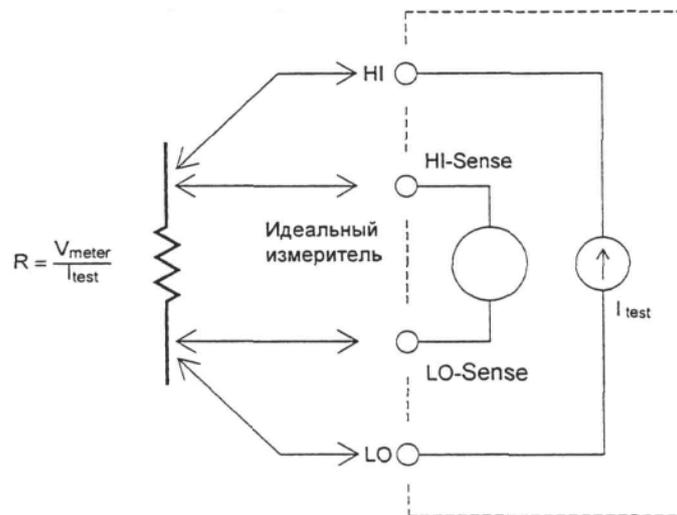
### **Измерение сопротивления**

Вольтметр АК ИП-2103 обеспечивает два метода измерения сопротивления: 2-проводное и 4-проводное. В обоих случаях испытательный ток протекает от высокопотенциального гнезда HI и далее через измеряемый резистор. При 2-проводном измерении падение напряжения на измеряемом резисторе считывается внутри вольтметра. По этой причине измеряется также сопротивление измерительных кабелей. При 4-проводном измерении требуются дополнительно два отдельных «считывающих» проводника. Поскольку в проводниках считывания ток отсутствует, их сопротивление не вносит дополнительной погрешности в измеряемую величину сопротивления.

**Примечание:** источники погрешностей, рассмотренные выше для измерения постоянных напряжений, имеют место также и при измерении сопротивления. Ниже рассматриваются те источники погрешностей, которые возникают исключительно при измерении сопротивления.

### **4-проводное измерение сопротивления**

При измерении малых сопротивлений наиболее точным методом является 4-проводное измерение. В этом случае автоматически уменьшаются сопротивление измерительных кабелей и контактные сопротивления. 4-проводное измерение сопротивлений используется при автоматических испытаниях, где между вольтметром и измеряемым объектом существуют кабели большой длины, многочисленные межсоединения или коммутаторы. Рекомендуемые соединения при 4-проводном измерении показаны ниже.



### Устранение погрешностей, обусловленных сопротивлением измерительных кабелей

Для устранения погрешностей смещения, обусловленных сопротивлением измерительных кабелей при 2-проводных измерениях, рекомендуется:

1. Закоротить свободные концы измерительных кабелей. Вольтметр выведет на индикатор значение сопротивления этих кабелей.
2. Нажать кнопку НОЛЬ на под экраном прибора. При замкнутых концах кабелей вольтметр выведет на индикатор значение «0» Ом.

### Эффекты, обусловленные рассеянием мощности

При измерении резисторов, предназначенных для температурных измерений (или резистивных устройств с большими температурными коэффициентами) вольтметр будет рассеивать какую-то мощность в объекте измерения. Если рассеяние мощности стало проблемой, следует установить более высокий предел измерения для снижения погрешности до приемлемого уровня. В нижеследующей таблице приведено несколько примеров.

Предел	Ток тестирования	Мощность, рассеиваемая в объекте измерения на верхней точке шкалы
100 Ом	1 мА	100 мкВт
1 кОм	1 мА	1 мВт
10 Ом	100 мкА	100 мкВт
100 кОм	10 мкА	10 мкВт
1 МОм	5 мкА	30 мкВт
10 МОм	500 нА	3 мкВт

### Эффекты, обусловленные временем установления

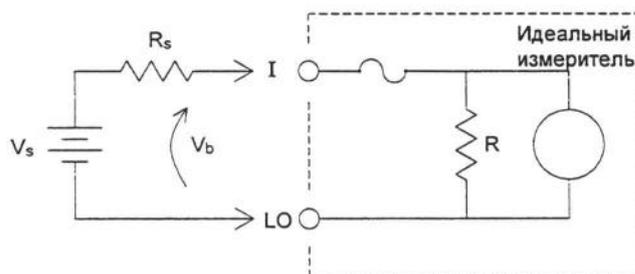
Вольтметры серии АК ИП-2103 способны устанавливать автоматические задержки времени установления, которые достаточны для измерения сопротивления с суммарной емкостью кабеля и устройства менее 100 пФ. Это важно при измерении сопротивлений выше 100 кОм. Установление в этих случаях может быть длительным из-за больших постоянных времени RC-цепи. Некоторые прецизионные резисторы и многофункциональные калибраторы используют параллельные конденсаторы большой емкости (от 1000 пФ до 0,1 мкФ) с большими значениями сопротивления для фильтрации токов помехи, инжектируемых внутренними схемами. Неидеальные емкости кабелей и других устройств могут иметь значительно большее время установления по сравнению с ожидаемым почти на величину постоянной времени RC-цепи из-за эффектов поглощения в диэлектрике. Погрешности измеряются в процессе установления с момента начального подключения объекта измерения и после переключения предела измерения.

### Погрешности при измерениях высокого сопротивления

При измерении больших сопротивлений могут возникнуть значительные погрешности из-за величины сопротивления изоляции и чистоты поверхности. Необходимо принять меры предосторожности для поддержания «чистоты» системы измерения высокого сопротивления. В измерительных кабелях и присоединительных устройствах могут возникать токи утечки из-за поглощения влаги изоляционными материалами и «грязных» поверхностных пленок. Нейлон и поливинилхлорид (ПВХ) относятся к разряду не очень качественных изоляторов ( $10^9$  Ом) по сравнению с изоляторами из политетрафторэтилена ( $10^{13}$  Ом) (Teflon® Teflon - зарегистрированный товарный знак фирмы E.I. duPont de Nemours and Co.). При измерении сопротивления 1 МОм во влажных условиях утечка из нейлоновых или поливинилхлоридных изоляторов может вполне быть источником погрешности величиной 0,1 %.

### Погрешности измерения постоянного тока

При последовательном подключении вольтметра к тестируемой схеме для измерения тока всегда возникает какая-то погрешность измерения. Эта погрешность возникает из-за последовательного напряжения нагрузки. Напряжение возникает на сопротивлении проводников и сопротивлении токового шунта вольтметра, как это показано ниже.



$V_s$  = напряжение источника

$R_s$  = сопротивление источника измеряемого объекта

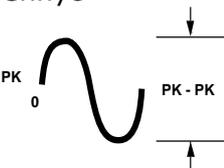
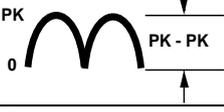
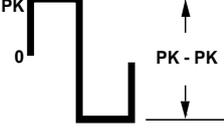
$V_b$  = напряжение нагрузки вольтметра

$R$  = токовый шунт вольтметра

$$\text{Погрешность (\%)} = \frac{100\% \cdot V_b}{V_s}$$

### Измерение истинного среднеквадратического значения переменных величин

Вольтметры, показывающие истинные среднеквадратические значения (подобные серии АК ИП- 2103), измеряют теплотворную способность подаваемого напряжения. В отличие от вольтметров, измеряющих среднее значение, при измерении истинного среднеквадратического значения определяется мощность, рассеиваемая на резисторе. Эта мощность пропорциональна квадрату измеряемого истинного среднеквадратического значения напряжения независимо от формы сигнала. Вольтметр, показывающий среднее значение переменного напряжения, также калибруется на измерение истинного среднеквадратического значения, но только для синусоидальных сигналов. Для сигналов другой формы измеритель средних значений выполняет измерения с существенными погрешностями, как показано ниже.

Форма сигнала	Пересчетные коэффициенты для показаний прибора			
	От пика до пика	От нуля до пика	RMS	AVG
Синус 	2.828	1.414	1.000	0.900
Двухполупериодный выпрямленный синус 	1.414	1.414	1.000	0.900
Однополупериодный выпрямленный синус 	2.828	2.828	1.414	0.900
Прямоугольный сигнал 	1.800	0.900	0.900	0.900
Прямоугольный сигнал 	1.800	1.800	1.272	0.900

При выполнении измерений переменного напряжения и переменного тока вольтметра измеряет истинные среднеквадратические значения со связью по переменному току. Это отличается от указанного выше измерения истинного среднеквадратического значения переменного напряжения с постоянной составляющей. Измеряется только теплотворная способность переменных составляющих входного сигнала (постоянная составляющая отбрасывается). Для синусоидальных, треугольных и прямоугольных сигналов переменные значения и переменные значения с постоянными составляющими равны, поскольку эти сигналы не содержат смещения по постоянному току. Несимметричные сигналы, такие как последовательности импульсов, содержат постоянные напряжения, которые отбрасываются при измерениях истинных среднеквадратических значений со связью по переменному току.

Измерение истинных среднеквадратических значений со связью по переменному току рекомендуется для малых переменных сигналов в присутствии больших смещений по постоянному току. Такая ситуация вполне обычна, например, при измерениях пульсаций на выходе источников питания постоянного тока. Однако, в некоторых случаях пользователю может понадобиться истинное среднеквадратическое значение суммы переменной и постоянной составляющих. Его можно определить, сделав отдельно измерения переменной и

постоянной составляющих и скомбинировав результаты показаний указанным ниже способом. При этом для наиболее эффективного подавления помех постоянную составляющую следует измерять, интегрируя входной сигнал в течение 10 полных циклов сети питания (с разрешением 6 разрядов).

$$ac + dc = \sqrt{ac^2 + dc^2}$$

**Погрешности, обусловленные пик-фактором (для несинусоидальных входных сигналов)**

Всеобщим заблуждением является, когда считают, что поскольку вольтметр измеряет истинные среднеквадратические значения переменного напряжения, то все метрологические характеристики по погрешности измерения синусоидальных сигналов распространяются и на любые другие формы сигналов. Фактически форма входного сигнала может очень сильно влиять на погрешность измерения. Стандартным способом описания форм сигналов является задание пик-фактора.

**Пик-фактор** - это отношение пикового значения к среднеквадратическому значению рассматриваемого сигнала.

Например, для последовательности импульсов пик-фактор приблизительно равен корню квадратному из обратной величины коэффициента заполнения, как указано в таблице предыдущей страницы. В общем случае, чем больше пик-фактор, тем больше энергия, содержащаяся в более высокочастотных гармонических составляющих сигнала. Во всех вольтметрах погрешность измерения зависит от пик-фактора измеряемого сигнала. Погрешности, обусловленные пик-фактором, для АК ИП-2103 указаны в технических характеристиках в разделе 3. Следует отметить, что погрешности, обусловленные пик-фактором, не распространяются на входные сигналы частотой менее 100 Гц, когда используется частотный фильтр медленного действия.

Погрешности, обусловленные пик-фактором, можно оценить следующим образом:

Суммарная погрешность = Погрешность (синусоида) + Погрешность (пик-фактор) + Погрешность (ширина полосы)

Погрешность (синусоида): погрешность синусоидального сигнала, указанная в разделе 3.

Погрешность (пик-фактор): дополнительная погрешность из-за пик-фактора, указанная в разделе 3.

Погрешность (ширина полосы): расчетная погрешность, обусловленная шириной полосы (BW), как указано ниже.

$$\text{Погрешность из - за ширины полосы} = \frac{C.F.^2 \cdot F}{4\pi \cdot BW}, \text{ где}$$

C.F. = пик-фактор сигнала

F = частота основной гармоники входного сигнала

BW = полоса частот вольтметра на уровне -3 дБ (для АК ИП-2103 - 300 кГц)

**Пример:** Рассчитать приблизительную погрешность измерения для последовательности импульсов 1В на входе прибора при пик-факторе, равном 3, и основной частоте 20 кГц. Для данного случая принимаются в расчет характеристики погрешности вольтметра, гарантированные на срок межповерочного интервала: ± (0,26% + 100 ед. мл разряда).

Суммарная погрешность = 0.26% + 1,27% + 1.7% = 3.34%

**Погрешности, обусловленные нагрузкой (измерение переменного напряжения)**

При измерении переменного напряжения характеристики входа АК ИП-2103 выглядят следующим образом: сопротивление 1 МОм при параллельной емкости 100 пФ. Понятно, что кабели, подводящие на вход вольтметра измеряемый сигнал, добавляют дополнительную емкость и нагрузку. Ниже в таблице указаны приблизительные входные сопротивления вольтметра для различных частот.

Частота входного сигнала	Входное сопротивление
100 Гц	1 МОм
1 кГц	850 кОм
10 кГц	160 кОм
100 кГц	16 кОм

Для низких частот

$$\text{Погрешность (\%)} = \frac{100 \cdot R_s}{R_s + 1 \text{ МОм}}$$

Дополнительная погрешность для высоких частот

$$\text{Погрешность (\%)} = 100 \cdot \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + (2\pi \cdot F \cdot R_s \cdot C_{IN})^2}} - 1 \right], \text{ где}$$

$R_s$  = внутреннее сопротивление измеряемого объекта

$F$  = частота входного сигнала

$C_{IN}$  = входная емкость (100 пФ) плюс емкость кабелей

### **Измерения ниже полной шкалы установленного предела**

Самые точные измерения переменных величин можно выполнять, когда измеряемая вольтметром величина находится на полной шкале установленного предела. Автоматическое переключение предела происходит при 10% и 120% от полной шкалы установленного предела. Эти особенности вольтметра позволяют измерять некоторые входные сигналы на полной шкале одного предела и на 10% от полной шкалы от следующего более высокого предела. Естественно, что погрешность измерения на одном и другом пределах будут существенно отличаться. С целью получения наименьшей погрешности измерения следует вручную устанавливать самый низкий возможный предел измерения.

### **Погрешности, обусловленные самопрогревом при измерении высокого напряжения**

Если на вход вольтметра подать среднеквадратическое значение напряжения более 300 В, произойдет самопрогрев внутренних элементов схемы нормализации входного сигнала. Погрешности, обусловленные этим самопрогревом, учтены в технических характеристиках вольтметра. Однако температурные изменения внутри вольтметра из-за самопрогрева могут вызвать дополнительную погрешность на других пределах измерения переменного напряжения. Эта дополнительная погрешность составит менее 0,02%, но она исчезает через несколько минут.

### **Погрешности, обусловленные температурным коэффициентом и перегрузкой**

Вольтметр использует метод измерения переменных величин, при котором измеряются и устраняются внутренние напряжения смещения при установке других родов работы или пределов измерения. Если оставить вольтметр на одном и том же пределе на длительное время, в течение которого окружающая температура существенно изменится (или в случае недостаточного времени прогрева вольтметра), внутренние смещения могут измениться. В этом случае температурный коэффициент обычно имеет величину 0,002% от предела на 1°C, но он автоматически устраняется при установке другого рода работы или другого предела.

Если ручное переключение предела приводит к состоянию перегрузки, то точность измерения внутренних смещений на установленном пределе может ухудшиться. Обычно в этом случае может быть внесена дополнительная погрешность 0,01% от этого предела, но она автоматически устраняется при устранении состояния перегрузки и последующем изменении рода работы или предела.

### **Погрешности измерения сигналов низкого уровня**

При измерении переменных напряжений менее 100 мВ следует учитывать, что эти измерения особенно подвержены возникновению погрешностей, обусловленных посторонними источниками помех. Например, оголенный измерительный кабель будет действовать в качестве антенны, и нормально функционирующий вольтметр будет измерять принимаемые сигналы (ВЧ наводки). Весь измерительный тракт, включая электросеть, будет функционировать как антенный контур. Токи, циркулирующие в этом контуре, создадут напряжения помех на всех импедансах, включенных последовательно с входом вольтметра. По этой причине подводить на вход вольтметра переменные напряжения низкого уровня следует только с использованием экранированных кабелей. При этом экран следует подсоединять к низкопотенциальной клемме LO.

По возможности настоятельно рекомендуется вольтметр и источник переменного напряжения подключать к одной сетевой розетке. Также следует свести к минимуму площадь неизбежно возникающих контуров через землю. Особенно подвержены восприятию помех высокоимпедансные источники, низкоимпедансные источники подвержены помехам в меньшей степени. Уменьшить импеданс источника на высоких частотах можно путем установки конденсатора параллельно с входными гнездами вольтметра. В каждом конкретном случае следует провести небольшое исследование по подбору конденсатора с подходящим номиналом.

Большинство посторонних помех никак не связано с входным сигналом. Погрешность измерения при этом можно определить следующим соотношением:

$$\text{Измеренное напряжение} = \sqrt{V_{IN}^2 + N_{noise}^2}$$

Помехи, связанные с входными сигналами, хотя и редки, но особенно вредны. Эти помехи всегда непосредственно влияют на входной сигнал. Измерение сигнала низкого уровня, имеющего частоту равную частоте сети питания, является распространенным случаем, когда возникают помехи такого рода.

### **Погрешности, обусловленные помехами общего вида**

Помехи такого рода возникают, когда на низкопотенциальное гнездо LO вольтметра подается переменное напряжение относительно земли. Самый распространенный случай возникновения помех общего вида встречается при подключении с обратной полярностью выхода калибратора переменного напряжения к входу вольтметра. В идеальном случае вольтметр считывает независимо от способа подключения одни и те же величины. Однако взаимные влияния источника и вольтметра могут испортить такую идеальную ситуацию.

Из-за наличия емкости между низкопотенциальным входным гнездом LO и землей (для вольтметра приблизительно равной 100 пФ) источник в зависимости от способа подключения к входу будет иметь различные нагрузки. Величина погрешности зависит от реакции источника на эту нагрузку. Измерительная схема вольтметра, хотя и очень хорошо экранирована, реагирует на подключение с обратной полярностью совершенно по-другому из-за очень небольших расхождений в величине паразитной емкости относительно земли. Наибольшие погрешности у вольтметра возникают при высокочастотных входных напряжениях высокого уровня. Как правило, дополнительная погрешность вольтметра составляет 0,06% для напряжения 100 В с частотой 100 кГц, поданного на вход с обратной полярностью. Для сведения к минимуму переменных напряжений общего вида можно воспользоваться методами заземления, описанными для решения проблем подавления помех общего вида при измерении постоянных напряжений.

### **Погрешности при измерении переменного тока**

Погрешности напряжения нагрузки, возникающие при измерении постоянного тока, имеют место и при измерении переменного тока. Однако напряжение нагрузки для переменного тока больше из-за последовательной индуктивности и присоединенных проводников. Напряжение нагрузки увеличивается при увеличении входной частоты. Из-за наличия упомянутых последовательно включенных индуктивности и присоединительных проводников некоторые схемы при измерении в них переменного тока могут войти в режим генерации.

### **Погрешности измерения частоты и периода**

Для измерения частоты и периода в вольтметре используется метод вычисления обратной величины. При таком методе для любой входной частоты разрешающая способность измерения сохраняется постоянной. Нормализацию входных сигналов выполняет схема вольтметра, предназначенная для измерения переменных напряжений. Все частотомеры подвержены возникновению погрешностей при измерении сигналов низкого уровня и низкой частоты. Особенно существенными являются воздействия как внутренних, так и внешних помех при измерениях «медленно» меняющихся сигналов. Погрешность обратно пропорциональна частоте измеряемого сигнала. Погрешности возникают также при попытке измерения частоты (или периода) входного сигнала после изменения на входе постоянного напряжения смещения. Поэтому перед выполнением частотных измерений необходимо, чтобы полностью установился блокирующий конденсатор постоянного тока на входе вольтметра.

Выполнение высокоскоростных измерений постоянных величин и сопротивления

Для устранения погрешностей, обусловленных образованием внутренних термо-ЭДС и токов смещения, вольтметр выполняет процедуру автоматической установки нуля. Фактически измерение состоит из измерения на входных гнездах, а затем измерения внутреннего напряжения смещения. Для повышения точности измерения погрешность, обусловленная внутренним напряжением смещения, вычитается из результата измерения на входе. Такая операция компенсирует воздействия изменений напряжения смещения, возникающих из-за температурных колебаний. Для выполнения измерений на максимально высокой скорости автоматическая установка нуля выключается. Это более чем в два раза повысит скорость снятия показаний при измерениях постоянного напряжения, сопротивления и постоянного тока. На другие роды работ автоматическая установка нуля никакого влияния не оказывает.

### **Выполнение высокоскоростных измерений переменных величин**

Роды работ по измерению переменного напряжения и переменного тока реализуют три различных низкочастотных фильтра. Эти фильтры позволяют найти компромисс между высокоточными измерениями на низких частотах и повышенной скоростью снятия показаний. Время установления фильтра быстрого действия составляет 0,1 мс, и его использование полезно для частот выше 200 Гц. Время установления среднескоростного фильтра составляет 1 с, и он рекомендуется для измерений на частотах выше 20 Гц. Соблюдая некоторые меры предосторожности, измерения переменных величин можно выполнять со скоростями до 50 показаний в секунду. Для устранения неизбежных задержек при автоматическом переключении пределов рекомендуется переключать пределы вручную. Каждый фильтр позволяет снимать до 50 показаний в секунду, если установить на ноль предварительно программируемые задержки установления запуска. Однако из-за неполного установления фильтра результаты измерения могут оказаться не очень точными. В прикладных задачах, где уровни между соседними замерами изменяются в широких пределах, среднескоростной фильтр будет полностью устанавливаться при скорости измерения 1 показание в секунду, а фильтр быстрого действия - при скорости 10 показаний в секунду.

Если уровни между соседними замерами изменяются незначительно, для каждого нового показания требуется небольшое время установления. В этом особом случае среднескоростной фильтр обеспечивает скорость измерений до 5 показаний в секунду, а фильтр быстрого действия - до 50 показаний в секунду, но с повышенной погрешностью. В том случае, когда между соседними замерами меняется постоянный уровень, может потребоваться дополнительное время установления. Схема блокировки постоянной составляющей вольтметра имеет постоянное время установления, равное 0,2 секунды. Это время установления влияет на погрешность измерения только в случаях, когда между соседними замерами меняется уровень постоянного смещения. При необходимости реализации максимальной скорости измерений в системах с коммутацией сигналов может потребоваться установка внешней схемы блокировки постоянной составляющей на каналах, где постоянные напряжения значительны. Эта схема может быть достаточно простой и состоять всего из резистора и конденсатора.

## 11 ОСНОВНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ

### 11.1 Измерение постоянного напряжения

#### Внимание:

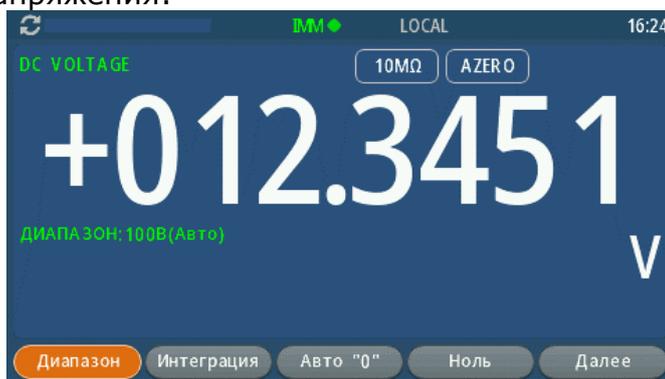


Не используйте вольтметр для измерения напряжения более чем 1000 Впк, это может привести к повреждению вольтметра или к поражению электрическим током.

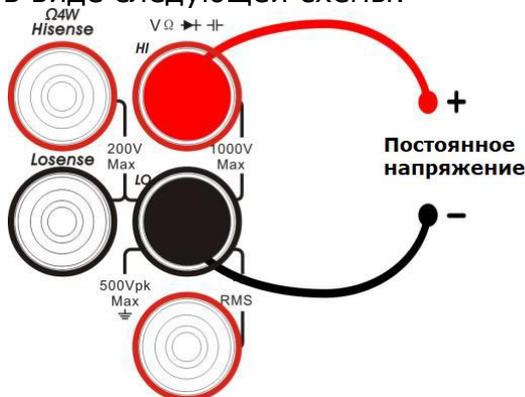
**Примечание:** для устранения возможных термо ЭДС из-за соприкосновения различных металлов используйте медные провода и разъемы при подключении к вольтметру.



1. Нажать кнопку  на передней панели для входа в меню измерения постоянного напряжения:



1. Подключить красный провод ко входной клемме HI и черный провод ко входной клемме LO в виде следующей схемы:



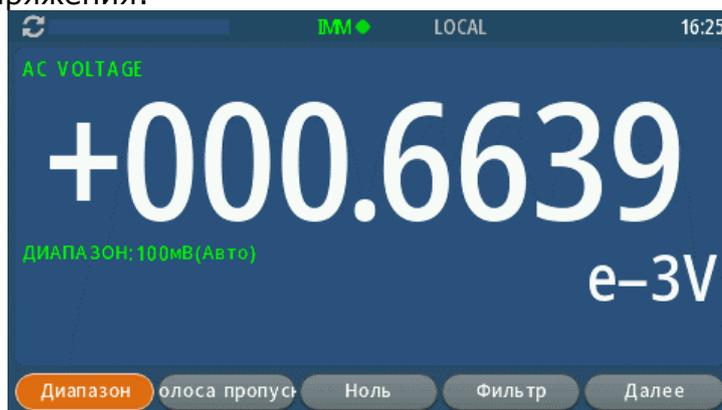
2. Выбрать необходимый диапазон измерения напряжения в зависимости от измеряемой цепи:
3. Выбрать необходимый диапазон измерения напряжения в зависимости от измеряемой цепи: Авто / 100 мВ / 1 В / 10 В / 100 В / 1000 В
4. Установить входное сопротивление для измерения постоянного напряжения. Нажать **【Input Z】**, чтобы установить сопротивление постоянному току: 10 МОм (значение по умолчанию) или "> 10 ГОм".
5. Функция установки фильтра переменного тока. Нажать **【Фильтр】**, чтобы включить или выключить фильтр переменного тока.
6. Функция установки времени интеграции. Нажать **【Интеграция】** для выбора времени интеграции. Время интегрирования выражается в циклах линии питания (PLC). Значение в 100 PLC обеспечивает максимальное подавление шума, лучшее разрешение, но минимальную скорость измерения.
7. Функция автоматической установки нуля. Нажать **【Авто «0»】** для включения или отключения функции. При включении функции автоматической установки нуля, вольтметр внутри своей измерительной схемы отключает входной

сигнал после каждого измерения и снимает так называемое нулевое показание. Затем это нулевое показание вычитается из предыдущего показания. Таким образом, устраняется погрешность, обусловленная наличием напряжений смещения на входных схемах вольтметра.

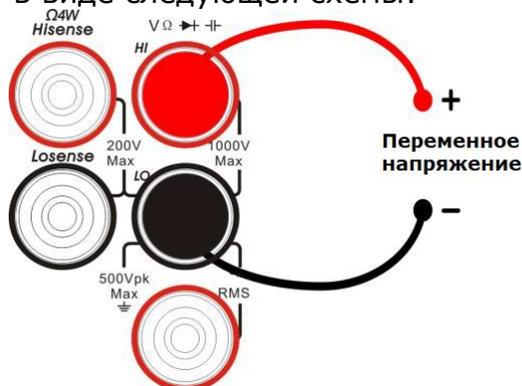
## 11.2 Измерение переменного напряжения

**Примечание:** для устранения возможных термо ЭДС из-за соприкосновения различных металлов используйте медные провода и разъемы при подключении к вольтметру.

1. Нажать кнопку  на передней панели для входа в меню измерения переменного напряжения:



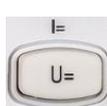
2. Подключить красный провод ко входной клемме HI и черный провод ко входной клемме LO в виде следующей схемы:



3. Установить диапазон измерения напряжения: Авто / 100 мВ / 1 В / 10 В / 100 В / 750 В
4. Установить полосу пропускания. Нажать **【Полоса пропускания】** для выбора полосы: >3 Гц, >20 Гц, >200 Гц. Используемый АС фильтр определяется частотой входного сигнала. Рекомендуется выбирать фильтр с наивысшей частотой, частота которого меньше, чем у измеряемого сигнала, потому что более высокие частоты фильтры приводят к более быстрым измерениям. Например, при измерении сигнала между 20 и 200 Гц необходимо использовать фильтр 20 Гц.
5. Функция установки фильтра переменного тока Нажать **【Фильтр】**, чтобы включить или выключить фильтр переменного тока.
6. Для обнуления показаний нажать **【Ноль】**

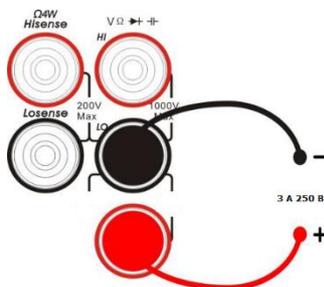
### 11.3 Измерение постоянного тока



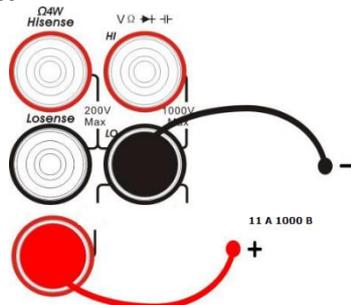
1. Нажать кнопку  и затем  на передней панели для входа в меню измерения постоянного тока:



- 2.1 При измерении тока до 3 A / 250 В подключить красный провод ко входной токовой клемме I и черный провод ко входной клемме LO в виде следующей схемы:



- 2.2 При измерении тока до 11 A / 1000 В подключить красный провод ко входной токовой клемме I и черный провод ко входной клемме LO в виде следующей схемы:

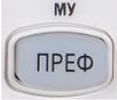


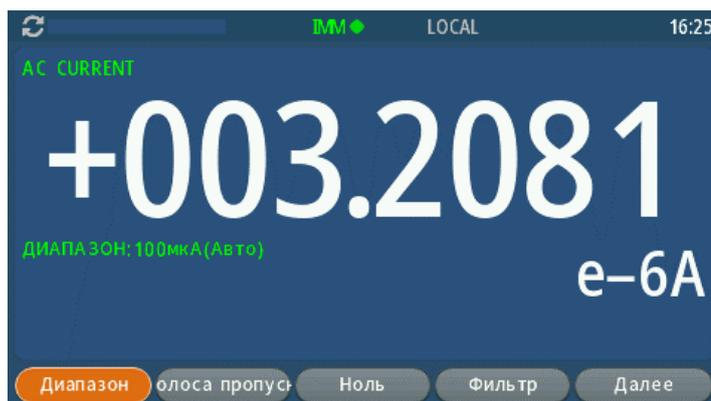
3. Выбрать необходимый диапазон измерения тока в зависимости от измеряемой цепи: Авто / 1 мкА / 10 мкА / 100 мкА / 1 мА / 10 мА / 100 мА / 1 А / 3 А / 10 А.
4. Функция установки времени интеграции. Нажать **【Интеграция】** для выбора времени интеграции. Время интегрирования выражается в циклах линии питания (PLC). Значение в 100 PLC обеспечивает максимальное подавление шума, лучшее разрешение, но минимальную скорость измерения.
5. Функция установки фильтра переменного тока. Нажать **【Фильтр】**, чтобы включить или выключить фильтр переменного тока.
6. Функция автоматической установки нуля. Нажать **【Авто «0»】** для включения или отключения функции. При включении функции

автоматической установки нуля, вольтметр внутри своей измерительной схемы отключает входной сигнал после каждого измерения и снимает так называемое нулевое показание. Затем это нулевое показание вычитается из предыдущего показания. Таким образом, устраняется погрешность, обусловленная наличием напряжений смещения на входных схемах вольтметра.

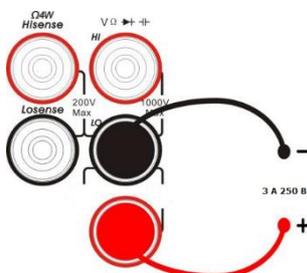
7. Для обнуления показаний нажать **【Ноль】**

## 11.4 Измерение переменного тока

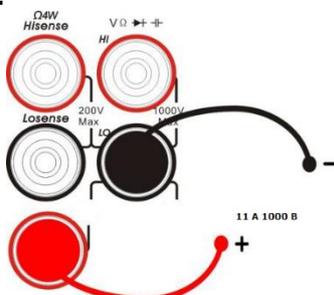
1. Нажать кнопку  и затем  на передней панели для входа в меню измерения постоянного тока:



- 2.1 При измерении тока до 3 А / 250 В подключить красный провод ко входной токовой клемме I и черный провод ко входной клемме LO в виде следующей схемы:



- 2.2 При измерении тока до 11 А / 1000 В подключить красный провод ко входной токовой клемме I и черный провод ко входной клемме LO в виде следующей схемы:



3. Выбрать необходимый диапазон измерения тока в зависимости от измеряемой цепи: Авто / 100 мкА / 1 мА / 10 мА / 100 мА / 1 А / 3 А / 10 А.
4. Установить полосу пропускания. Нажать **【Полоса пропускания】** для выбора полосы: >3 Гц, >20 Гц, >200 Гц. Используемый АС фильтр

определяется частотой входного сигнала. Рекомендуется выбирать фильтр с наивысшей частотой, частота которого меньше, чем у измеряемого сигнала, потому что более высокие частоты фильтры приводят к более быстрым измерениям. Например, при измерении сигнала между 20 и 200 Гц необходимо использовать фильтр 20 Гц.

5. Для обнуления показаний нажать **【Ноль】**
6. Функция установки фильтра переменного тока. Нажать **【Фильтр】**, чтобы включить или выключить фильтр переменного тока.
7. Функция автоматической установки нуля. Нажать **【Авто «0»】** для включения или отключения функции. При включении функции автоматической установки нуля, вольтметр внутри своей измерительной схемы отключает входной сигнал после каждого измерения и снимает так называемое нулевое показание. Затем это нулевое показание вычитается из предыдущего показания. Таким образом, устраняется погрешность, обусловленная наличием напряжений смещения на входных схемах вольтметра.

## 11.5 Измерение сопротивления

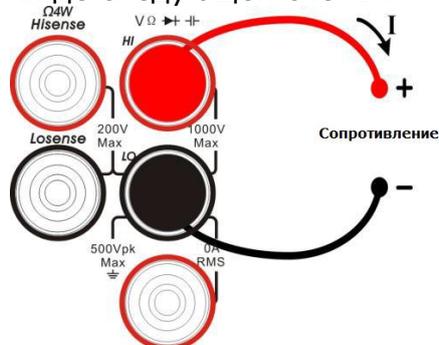
### 11.5.1 Двухпроводное измерение сопротивления



1. Нажать кнопку  на передней панели для входа в меню измерения сопротивления двухпроводным методом:



2. Подключить красный провод ко входной клемме HI и черный провод ко входной клемме LO в виде следующей схемы:



3. Выбрать необходимый диапазон измерения сопротивления: Авто / 100 Ом / 1 кОм / 10 кОм / 100 кОм / 10 Мом / > 10 МОм
4. Функция установки времени интеграции. Нажать **【Интеграция】** для выбора времени интеграции. Время интегрирования выражается в циклах линии

питания (PLC). Значение в 100 PLC обеспечивает максимальное подавление шума, лучшее разрешение, но минимальную скорость измерения.

5. Функция автоматической установки нуля. Нажать **【Авто «0»】** для включения или отключения функции. При включении функции автоматической установки нуля, вольтметр внутри своей измерительной схемы отключает входной сигнал после каждого измерения и снимает так называемое нулевое показание. Затем это нулевое показание вычитается из предыдущего показания. Таким образом, устраняется погрешность, обусловленная наличием напряжений смещения на входных схемах вольтметра.
6. Для обнуления показаний нажать **【Ноль】**
7. Функция установки фильтра переменного тока. Нажать **【Фильтр】**, чтобы включить или выключить фильтр переменного тока.

### 11.5.2 Четырехпроводное измерение сопротивления

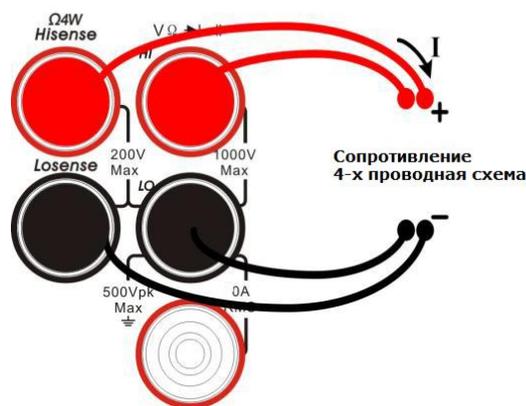
#### Проведение измерений:



1. Нажать кнопку **ПРЕФ** и затем **Ω4** на передней панели для входа в меню измерения сопротивления четырехпроводным методом:



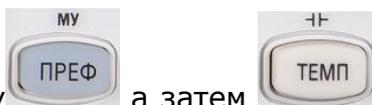
2. Подключить красные провода ко входной клемме HI и HI<sub>sense</sub>, черные провода ко входной клемме LO и LO<sub>sense</sub> в виде следующей схемы:



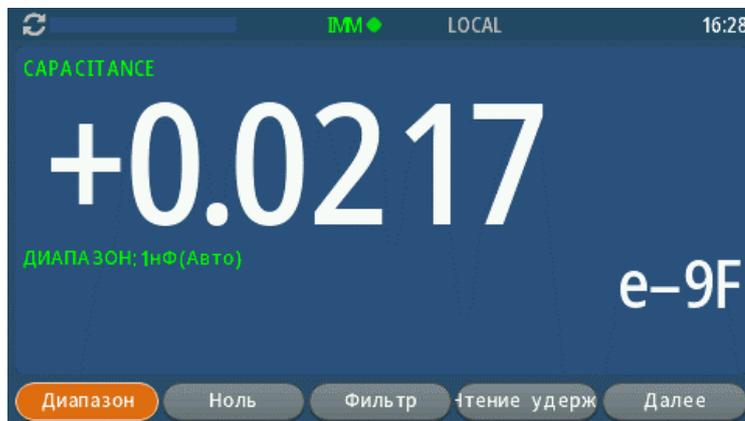
3. Выбрать необходимый диапазон измерения сопротивления: Авто / 100 Ом / 1 кОм / 10 кОм / 100 кОм / 10 МОм / > 10 МОм
4. Функция установки времени интеграции. Нажать **【Интеграция】** для выбора времени интеграции. Время интегрирования выражается в циклах линии питания (PLC). Значение в 100 PLC обеспечивает максимальное подавление шума, лучшее разрешение, но минимальную скорость измерения.
5. Для обнуления показаний нажать **【Ноль】**

6. Функция установки фильтра переменного тока. Нажать **【Фильтр】**, чтобы включить или выключить фильтр переменного тока.

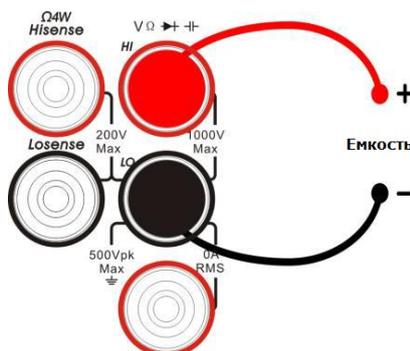
## 11.6 Измерение емкости



1. Нажать кнопку **ПРЕФ** а затем **ТЕМП** на передней панели для входа в меню измерения емкости:



2. Подключить красный провод ко входной клемме HI и черный провод ко входной клемме LO в виде следующей схемы:

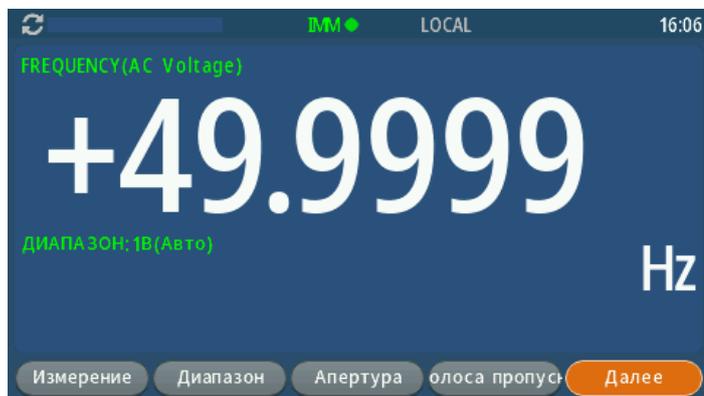


3. Выбрать необходимый диапазон измерения емкости: Авто / 1 нФ / 10 нФ / 100 нФ / 1 мкФ / 10 мкФ / 100 мкФ / 1 мФ / 10 мФ.
4. Для обнуления показаний нажать **【Ноль】**
5. Функция установки фильтра переменного тока. Нажать **【Фильтр】**, чтобы включить или выключить фильтр переменного тока.

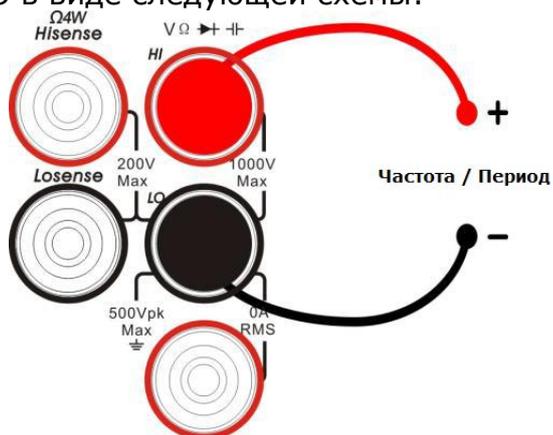
## 11.7 Измерение частоты



1. Нажать кнопку **f** на передней панели для входа в меню измерения частоты:



2. Подключить красный провод ко входной клемме HI и черный провод ко входной клемме LO в виде следующей схемы:



3. Выберите что тип измерения (Частота / Период) нажав на **【Измерение】**
4. Выберите необходимый диапазон измерения частоты измеряемого сигнала: Авто / 100 мВ / 1 В / 10 В / 100 В / 750 В
5. Выберите скорость измерения нажав на **【Апертура】**
6. Установить полосу пропускания. Нажать **【Полоса пропускания】** для выбора полосы: >3 Гц, >20 Гц, >200 Гц. Используемый АС фильтр определяется частотой входного сигнала. Рекомендуется выбирать фильтр с наивысшей частотой, частота которого меньше, чем у измеряемого сигнала, потому что более высокие частоты фильтры приводят к более быстрым измерениям. Например, при измерении сигнала между 20 и 200 Гц необходимо использовать фильтр 20 Гц.
7. Для обнуления показаний нажать **【Ноль】**
8. Функция установки фильтра переменного тока. Нажать **【Фильтр】**, чтобы включить или выключить фильтр переменного тока.

## 11.8 Проверка целостности цепи

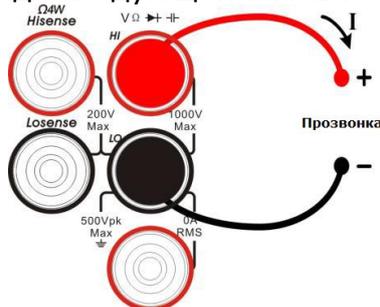
Для прозвонки цепи используется метод измерения сопротивления по двухпроводной схеме измеряемой цепи с тестовым током 1 мА.



1. Нажать кнопку **ПРОЗВОН** на передней панели для входа в меню проверки целостности цепи:



2. Подключить красный провод ко входной клемме HI и черный провод ко входной клемме LO в виде следующей схемы:



3. Установить сопротивление короткого замыкания. По умолчанию установлено значение 10 Ом. Нажать кнопку **【Threshold】**. Использовать кнопки со стрелками для установки требуемого значения сопротивления короткого замыкания. Выбрать необходимые настройки для проверки целостности цепи:

Тестовый ток	1 мА
Диапазон	1...1200 Ом
Тестовое напряжение на входе	<12 В
Защита входа	1000 Вскз для всех диапазонов (гнездо HI)
Условия для звукового сигнала	$0 \leq R_{\text{теста}} \leq R_{\text{цепи КЗ}}$ , $1 \text{ Ом} \leq R_{\text{цепи КЗ}} \leq 2 \text{ кОм}$

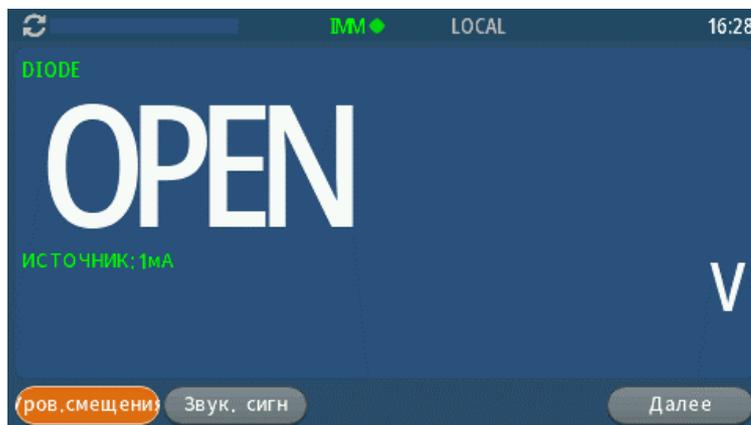
4. Установить функцию зуммера. Нажать **【Звук. Сигнал】**, чтобы включить или выключить звуковой сигнал. Если цепь непрерывна, прибор издаст звуковой сигнал, если функция звукового сигнала активна.

### 11.9 Тестирование p – n переходов

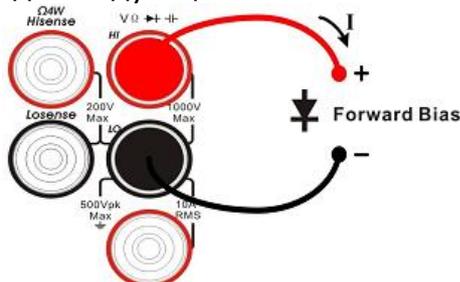
Если напряжение на входе ниже + 0,7 В (около 1,4 кОм), то звуковой сигнал будет издаваться только один раз. Если входное напряжение составляет до 50 мВ (около 100 Ом), то звуковой сигнал звуковой сигнал будет издаваться непрерывно.



1. Нажать кнопку **МУ** и **ПРОЗВОН** на передней панели для входа в меню тестирования диодов:



2. Подключить красный провод ко входной клемме HI и черный провод ко входной клемме LO в виде следующей схемы:



3. Установить ток. Нажать **【Уров.Смещения】**
4. Установить функцию зуммера. Нажать **【Звул.Сигн】**, чтобы включить или выключить звуковой сигнал. Если цепь непрерывна, прибор издаст звуковой сигнал, если функция звукового сигнала активна.

Тестовый ток	1 мА / 10 мкА / 100 мкА / 1 мА
Тестовое напряжение на выходе	13 В
Защита входа	1000 Вскз для всех диапазонов (гнездо HI)
Условия для звукового сигнала	$0,1 \leq U_{\text{теста}} \leq 2 \text{ В}$

5. Считать результат измерения.
6. Поменять щупы местами (сменить полярность) и измерить напряжение на диоде еще раз. Оценить состояние диода в соответствии со следующими правилами:
  - Если вольтметр показывает "overload" – перегрузка и при обратном подключении отображает напряжение смещения, это означает, что диод исправен.
  - Если вольтметр показывает напряжение около 0 В и при подключении диода в прямом и обратном направлениях издается непрерывный звуковой сигнал, то это означает, что диод «пробит».
  - Если вольтметр показывает "overload"- перегрузку при подключении диода и в прямом и в обратном направлении, это указывает на то, что диод открыт.

**Примечание:** Перед тестированием диода, пожалуйста, отключите питание и разрядите все конденсаторы высокого напряжения, чтобы избежать повреждения вольтметра.

## 11.10 Измерение температуры

Вольтметры АК ИП-2103 и 2103/1 поддерживают: термопары 9-ти типов, термисторы и платиновые термосопротивления.

Поддерживаемые термопары (TC) - B, C, E, J, K, N, R, S T.

Тип преобразователя	Рабочий диапазон
<b>B</b>	600...1820 °C
<b>C</b>	0...2316 °C
<b>E</b>	-250...1000 °C
<b>J</b>	-210...1200 °C
<b>K</b>	-200...1375 °C
<b>N</b>	-200...1300 °C
<b>R</b>	0...1767 °C
<b>S</b>	0...1767 °C
<b>T</b>	-250...400 °C

Поддерживаемые термосопротивления (RTD) - PT100, D100, F100, PT385, PT3916

Поддерживаемые термисторы - 2252 Ом, 5 кОм, 10 кОм

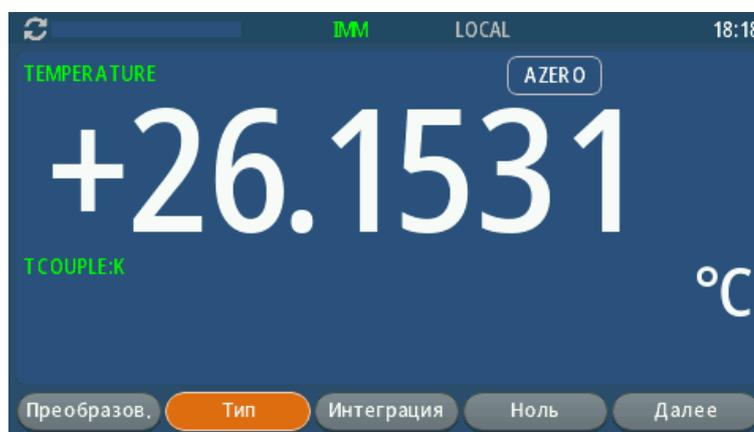
Вольтметр АК ИП-23103/2 поддерживает термисторы и платиновые термосопротивления.

Поддерживаемые термосопротивления (RTD) - PT100, D100, F100, PT385, PT3916

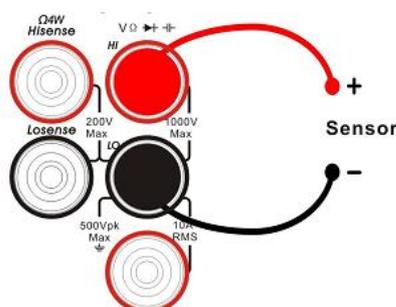
Поддерживаемые термисторы - 2252 Ом, 5 кОм, 10 кОм



1. Нажать кнопку **ТЕМП** на передней панели для входа в меню измерения температуры:



2. В меню «Преобразователь» выбрать тип преобразователя температуры
3. В меню «Тип» выбрать тип преобразователя температуры
- 4.1 Если выбрано термосопротивление, подключить красный провод ко входной клемме HI и черный провод ко входной клемме LO в виде следующей схемы:



- 4.2 Если выбрана термопара, подключить ее к специальному разъему для термопар на передней панели прибора (только для АК ИП-2103 и АК ИП-2103/1)
5. Считать показания с экрана прибора
6. Функция установки времени интеграции. Нажать **【Интеграция】** для выбора времени интеграции. Время интегрирования выражается в циклах линии питания (PLC). Значение в 100 PLC обеспечивает максимальное подавление шума, лучшее разрешение, но минимальную скорость измерения.
7. Для обнуления показаний нажать **【Ноль】**
8. Функция автоматической установки нуля. Нажать **【Авто «0»】** для включения или отключения функции. При включении функции автоматической установки нуля, вольтметр внутри своей измерительной схемы отключает входной сигнал после каждого измерения и снимает так называемое нулевое показание. Затем это нулевое показание вычитается из предыдущего показания. Таким образом, устраняется погрешность, обусловленная наличием напряжений смещения на входных схемах вольтметра.

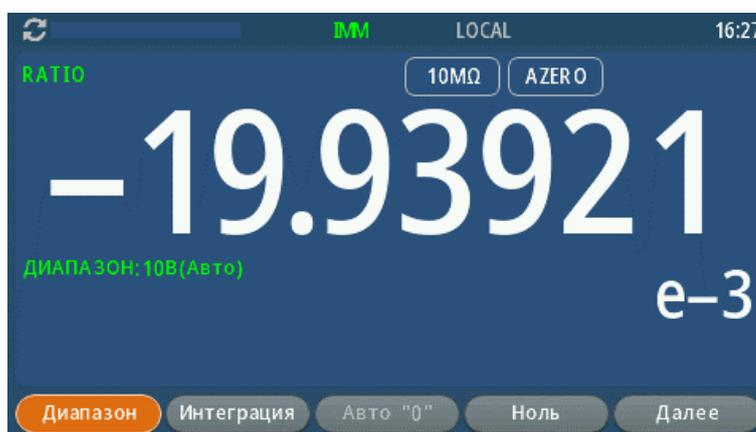
### 11.11 Измерение отношений постоянных напряжений

Для вычисления отношения вольтметр измеряет постоянное опорное напряжение, подаваемое на гнезда «Потенциал» (гнезда СЧИТЫВАНИЯ), и напряжение, подаваемое на гнезда «Вход».

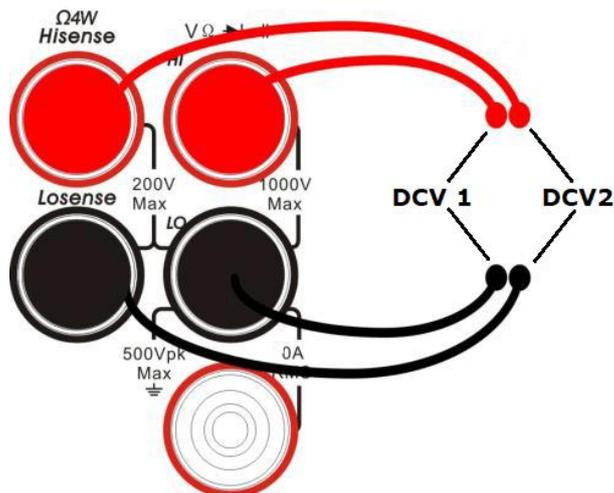
$$\text{Отношение} = \left( \frac{\text{входное\_постоянное\_напряжение}}{\text{опорное\_постоянное\_напряжение}} \right)$$

#### Проведение измерений:

1. Нажать кнопку  на передней панели для входа в меню измерения температуры:



2. Подключить красный провод ко входной клемме HI и черный провод ко входной клемме LO в виде следующей схемы:



1. На гнездах «Потенциал» род работы по измерению опорных напряжений всегда установлен на *постоянное напряжение* и имеет максимально измеряемый входной сигнал  $\pm 12\text{В}$  постоянного тока. При измерениях опорных напряжений на гнездах «Потенциал» автоматически устанавливается режим автоматического переключения пределов.
2. Гнезда «Вход -» (Низкопотенциальное гнездо входного сигнала) и «Потенциал -» (Низкопотенциальное гнездо считывания) должны иметь общий опорный уровень и не могут иметь разницу, превышающую  $\pm 2$  вольта
3. Установленный предел измерения распространяется *только* на сигнал, поданный на гнезда «Вход». Сигналом на гнездах «Вход» может быть любое постоянное напряжение от 0 до 1000 вольт,

### 11.12 Работа со сканером (АКИП-2103 и АКИП-2103/1)

Пользователь может в качестве дополнительной опции поставить в вольтметр внутренний сканер (переключаемый коммутатор). Сканер позволяет переключать и сканировать до 10 каналов входного сигнала. Пользователь может открывать и закрывать индивидуальные каналы, устанавливать количество сканирований и интервал между ними, сохранять результаты измерений и активировать различные виды измерений по разным каналам. Измерения проводятся по всем заданным каналам последовательно. Количество сканирований ограничено общим количеством измерений, которое вольтметр может сделать по всем каналам за один цикл сканирования. Интервал сканирования является периодом времени, когда вольтметр ожидает момента проведения измерения по заданному каналу. Конфигурация сканирования, задаваемая пользователем, сохраняется в оперативную память и сбрасывается после выключения прибора.

**Внимание:** Сканер поддерживает все режимы и виды измерений вольтметра, за исключением – непосредственно измерения силы переменного и постоянного тока (ACA/DCA), подключения термопар (2-х пр) и термосопротивлений (RTD).

#### Конфигурация карты сканера

На рисунке 10-15 приведена схема карты сканера, который состоит из 10 входов и 2 выходов. Канала сканера с 1-го по 10-й замыкаются с помощью электромеханических реле. При 4-х проводном соединении реле объединяются в пары по принципу:

- Канал 1 и Канал 6
- Канал 2 и Канал 7
- Канал 3 и Канал 8
- Канал 4 и Канал 9
- Канал 5 и Канал 10

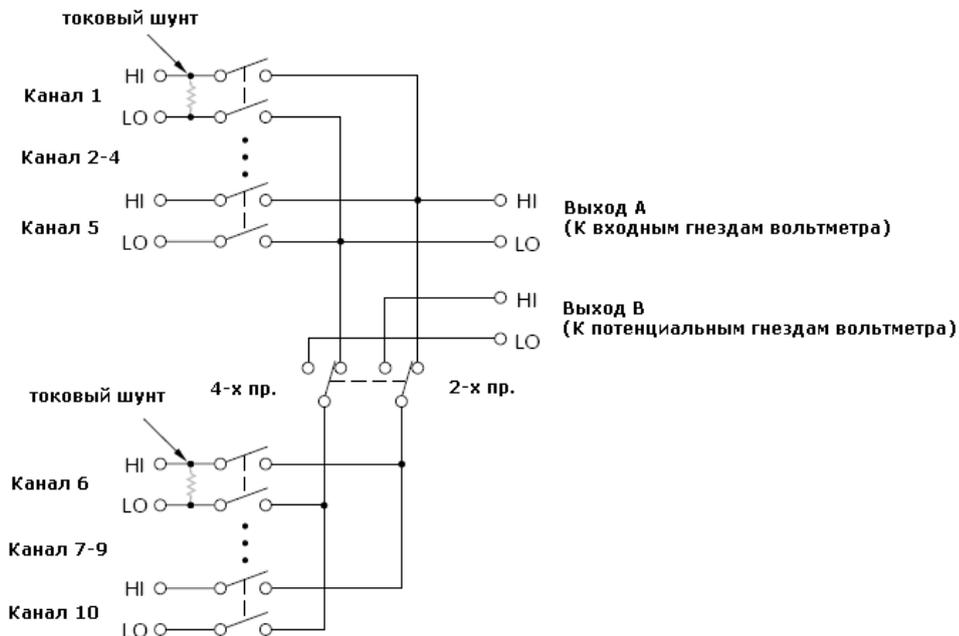


Рис. 10-15

### Подсоединение проводников к карте сканера

Карте сканера (рисунок 10-16) расположены разъемы ввода-вывода. На карте сканера содержатся следующие разъемы:

- Каналы 1..10, вводы HI (+) и LO (-) обеспечиваются для всех 10 каналов сканера;
- Выход А имеет вводы HI (+) и LO (-), на которые коммутируются все 10 каналов сканера в 2-проводном режиме или Каналы 1..5 в 4-проводном режиме;
- Выход В имеет вводы HI (+) и LO (-), на которые коммутируются Каналы 6..10 в 4-проводном режиме;

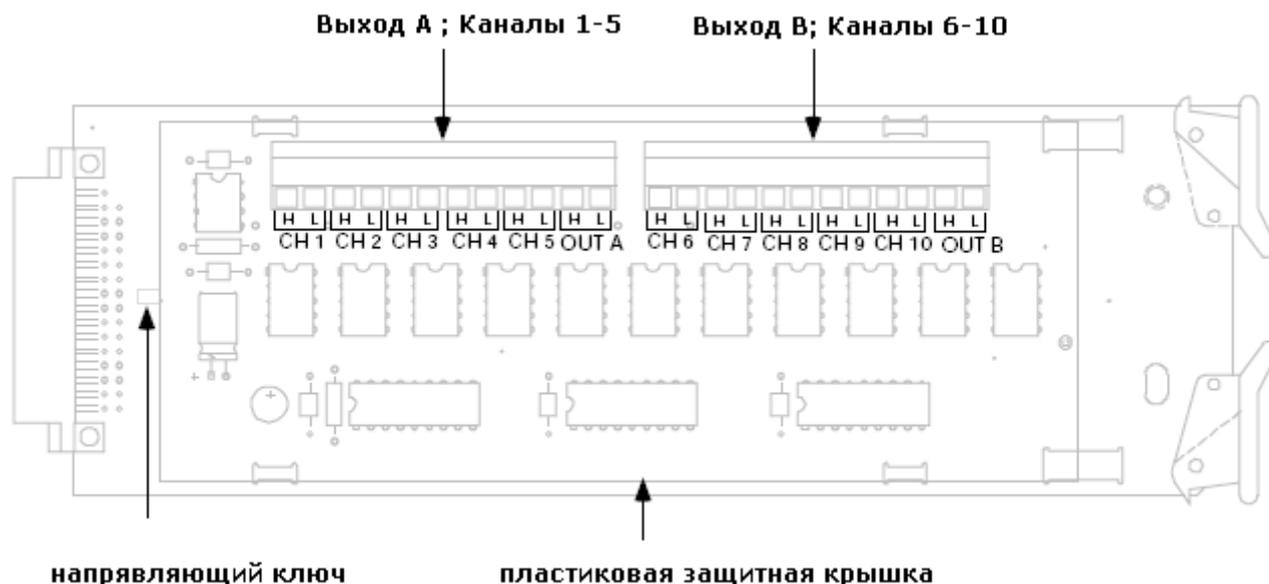


Рис. 10-16

для доступа к разъемам необходимо снять пластиковую защитную крышку.

Используя проводники из комплекта поставки сканера (см. рис. 10-17), подсоединить красный провод к выводу «OUT A» или «OUT B» (Выход А или В) HI (+), а черный провод к выводу «OUT A» или «OUT B» (Выход А или В) LO (-). Если планируется

использовать сканер только в 2-проводном режиме, то подсоединять проводники к разъему «OUT B» (Выход B) нет необходимости.



Рис. 10-17

Пользователь может использовать сканер как отдельное коммутирующее устройство без штатных измерительных проводов. Для такого использования зачистить концы проводов, пропустить их под защитной планкой и зажать концы проводов винтом на колодке. Закрепить болтом защитную пластиковую планку, чтобы провода не «болтались» пол колодкой (см. рис.10-18).

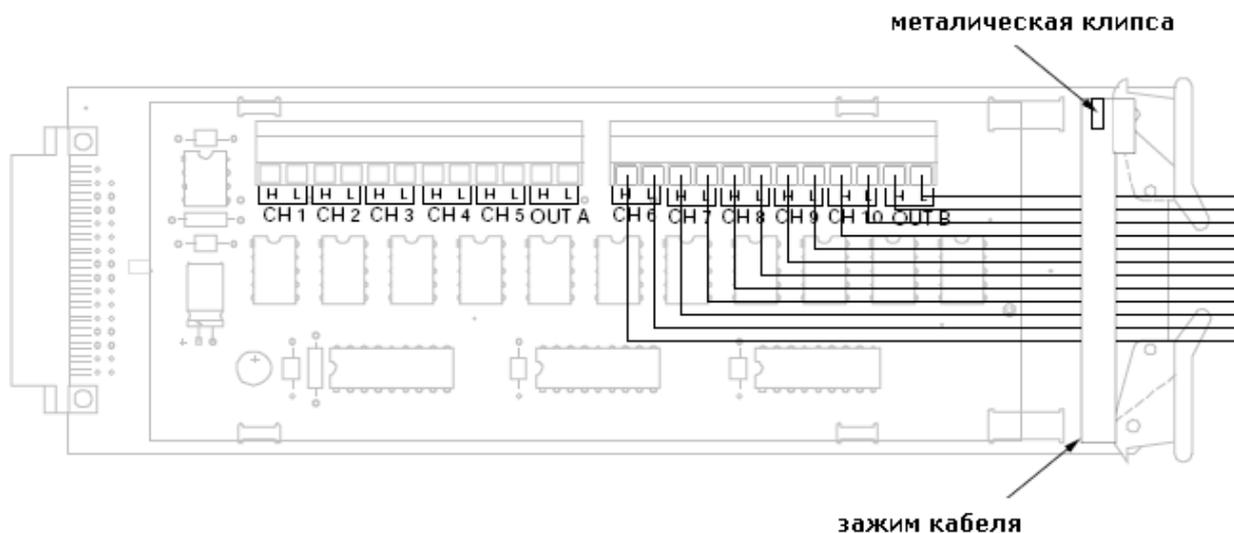


Рис. 10-18

### Подключение при измерении напряжения (U ac/dc)

Карте сканера (рисунок 10-19) приведен примет типичного подключения сканера, когда все 10 каналов в 2-проводном режиме используются для измерения напряжения. Это подключение может быть использовано для измерений:

- Постоянного напряжения;
- Переменного напряжения;
- Частоты напряжения переменного тока;
- Периода повторения напряжения переменного тока;

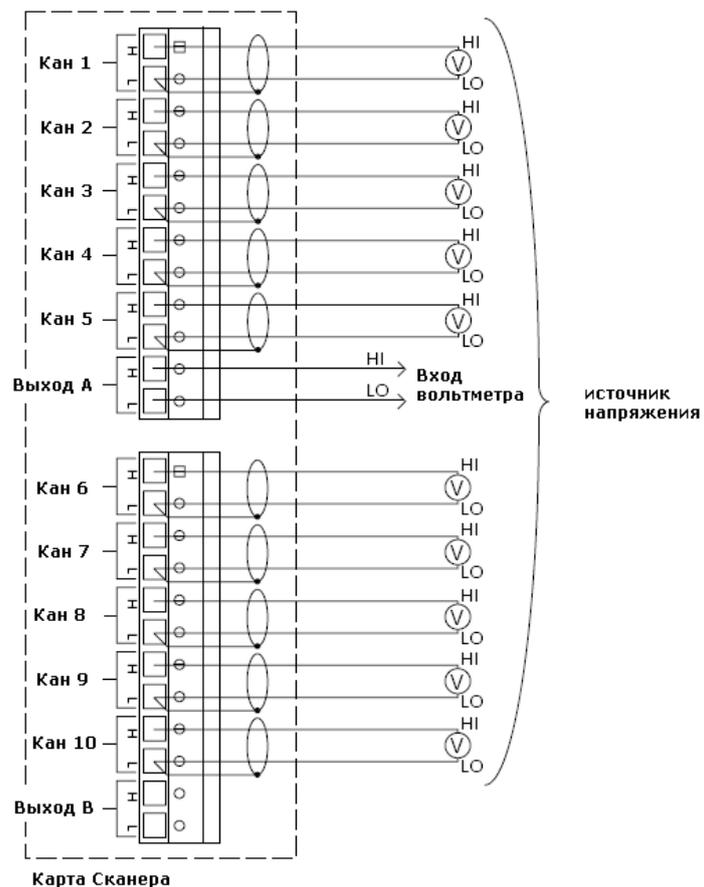


Рис. 10-19

### Подключение при измерении 2-проводных сопротивлений (R)

Карте сканера (рисунок 10-20) приведен пример типичного подключения сканера, когда все 10 каналов в 2-проводном режиме используются для измерения 2-х проводных сопротивлений.

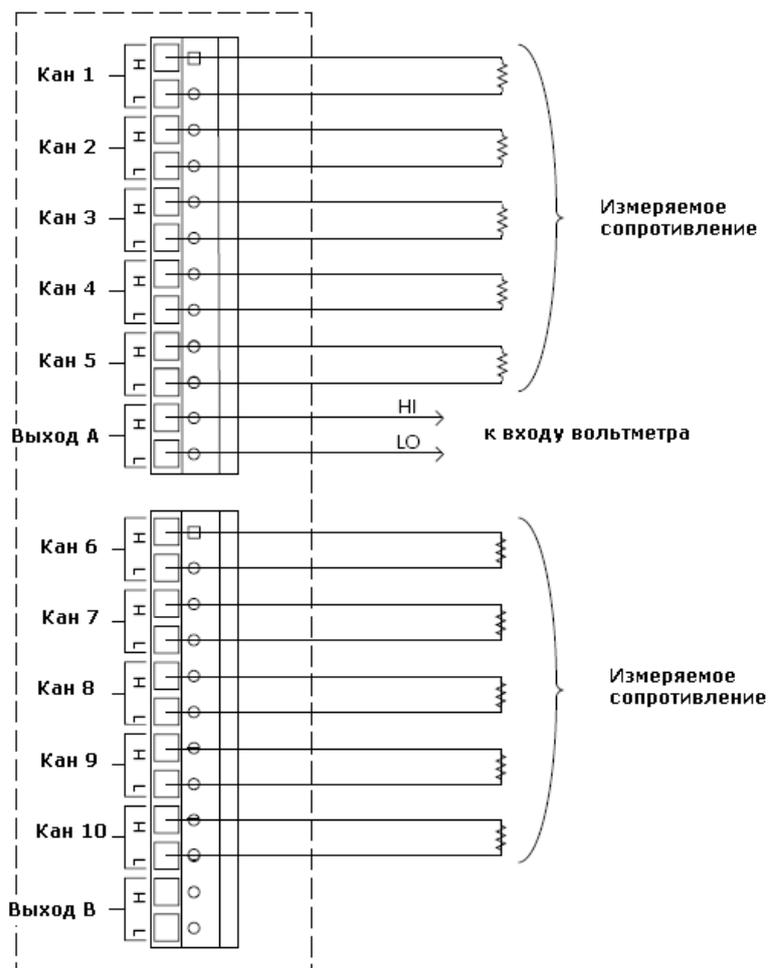


Рис. 10-20

### Подключение при измерении 4-проводных сопротивлений (R)

Карте сканера (рисунок 10-21) приведен пример типичного подключения сканера, когда 5 каналов используются для измерения 4-х проводных сопротивлений. Это подключение может быть использовано для измерений:

- 4-х проводных сопротивлений;
- 4-х проводных термосопротивлений (RTD).

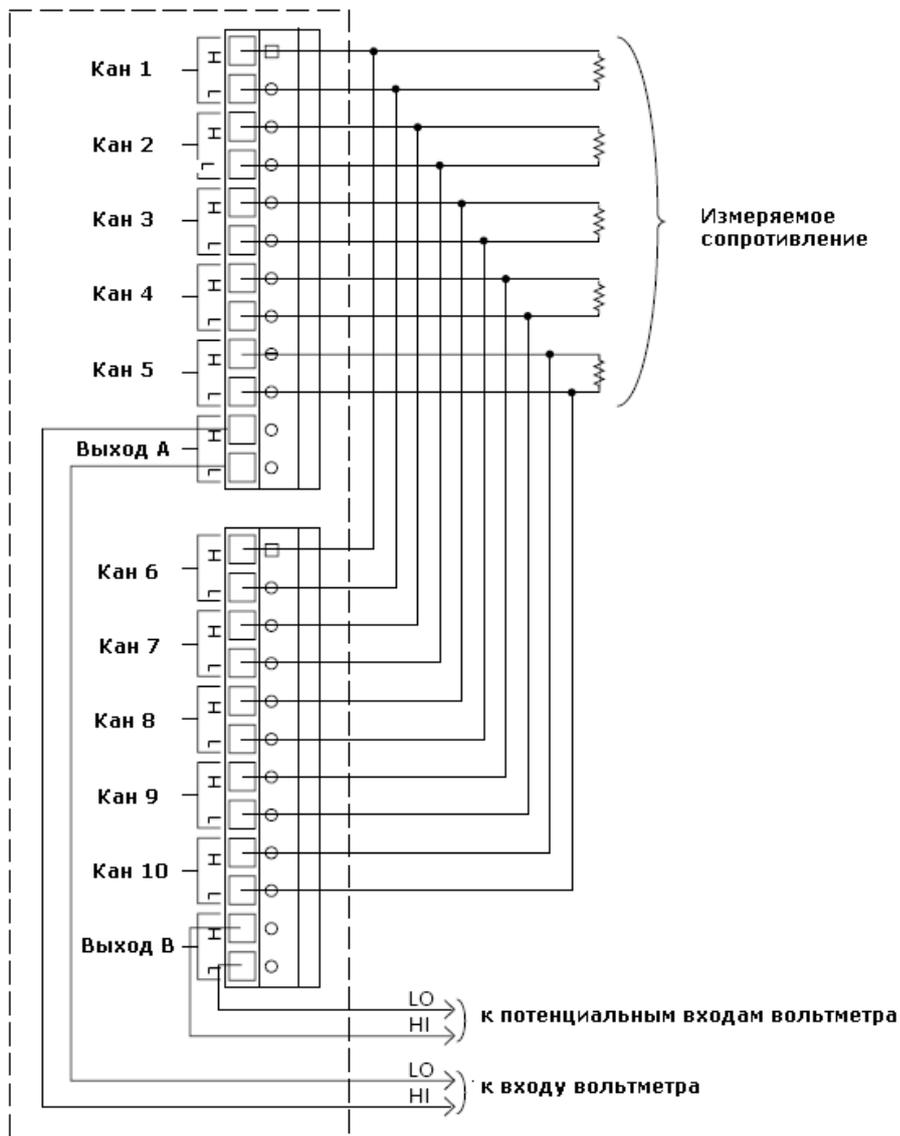


Рис. 10-21

### Подключение при измерении тока

На карту сканера (рисунок 10-22) для Канала 1 и Канала 2 измерения тока может быть установлен шунт с параметрами определенными пользователем, для индивидуального измерения тока методом измерения падения напряжения на шунте. На карте сканера шунты обозначены как R1 (Канал 1) и R2 (Канал 6). При установленных пользователем шунтах в Каналы 1 и 6 эти каналы уже не могут быть использованы для каких-либо других измерений, кроме тока.

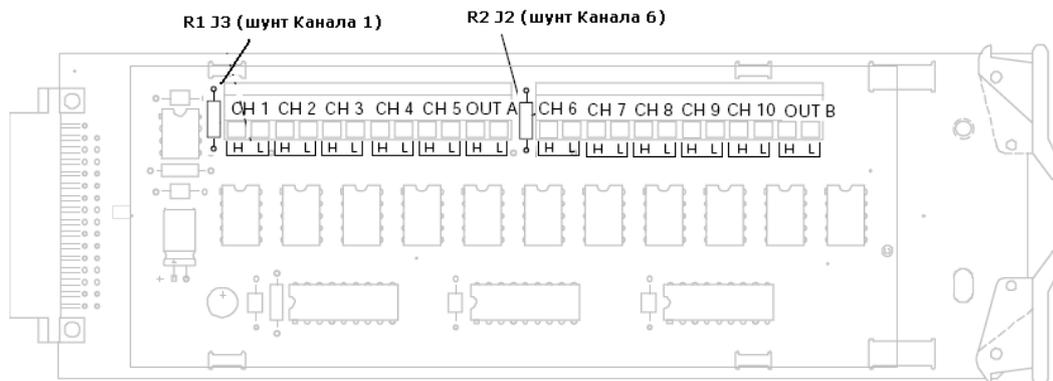


Рис. 10-22

Рекомендуемая мощность шунта – 0,125 Вт. Для определения тока в этом случае необходимо воспользоваться штатной математической функцией вольтметра МХ+В, с учетом того, что ток в цепи определяется как

$$I = \frac{U}{R'}$$

то в формуле МХ+В необходимо установить следующие коэффициенты -  $X=1/R$  и  $B=0$ , где  $K$  – это сопротивление шунта.

### Установка карты сканера в вольтметр

Для установки карты сканера в вольтметр необходимо:

- выключить питание вольтметра;
- на задней панели вольтметра удалить заглушку с надписью «SCANNER CARD»;
- установить карту сканера в отсек по направляющим ползьям и закрепить карту двумя винтами из комплекта поставки;
- к входам вольтметра на задней панели произвести подключение выхода карты сканера соблюдая полярность подключения - Выход А сканера к входу вольтметра; Выход В сканера к потенциальному входу вольтметра при необходимости измерения 4-х проводных сопротивлений (см. рис. 10-23).

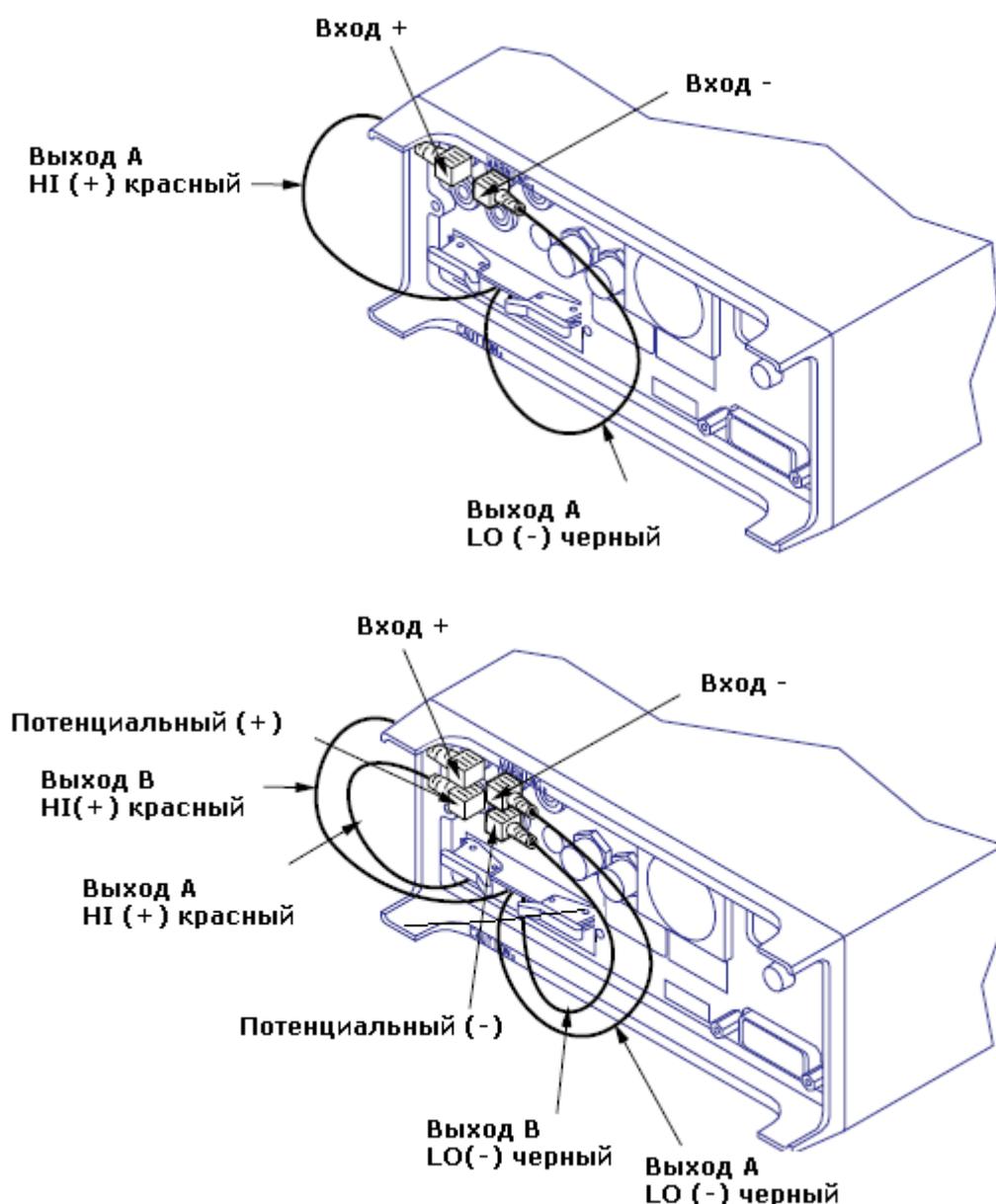


Рис. 10-23

## 12 МЕНЮ КОНФИГУРАЦИЙ ИНТЕРФЕЙСОВ (АКИП-2103 и АКИП-2103/1)

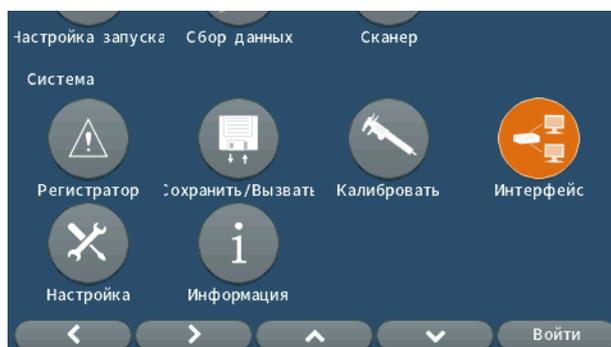
### 12.1 Выбор интерфейса



1. Нажать на кнопку  для входа в меню прибора.

В разделе «Система» войти в меню «Интерфейс» нажав на «Войти» под дисплеем.

Навигация по меню настройки интерфейса осуществляется поворотным переключателем или кнопками под дисплеем.

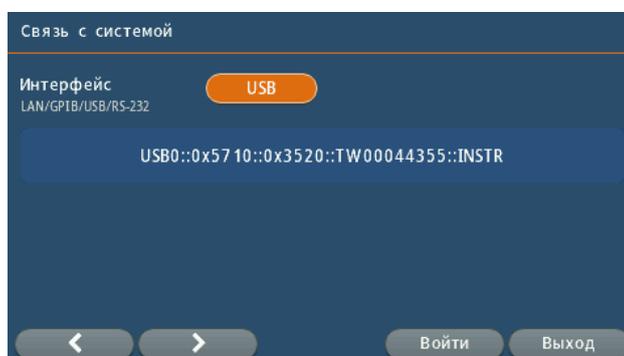


2. Выбрать интерфейс нажав на «Войти» когда подсвечено окно выбора интерфейса



### 12.2 Интерфейс USB

Данный интерфейс не предполагает каких-либо пользовательских настроек. После его включения пользователь увидит окно с USBTMC идентификатором прибора:

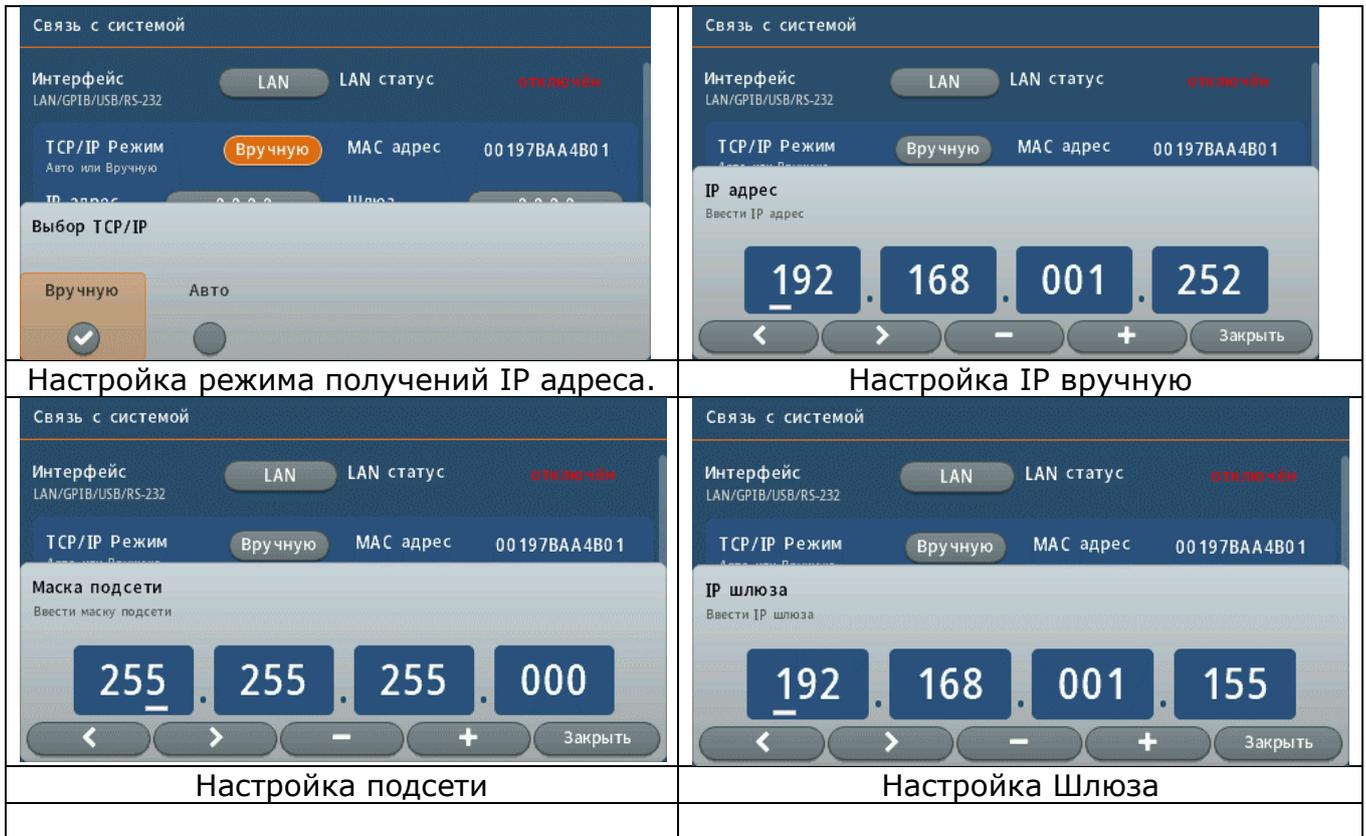


### 12.3 Интерфейс LAN

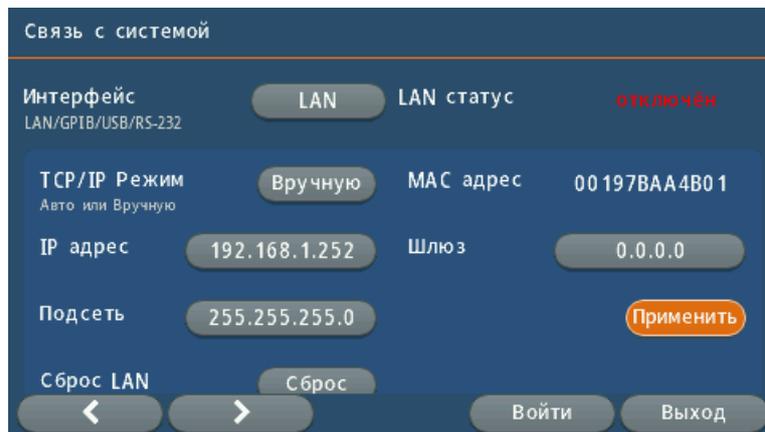
После выбора меню интерфейса LAN пользователь может настроить необходимые параметры интерфейса.

Навигация по меню настройки интерфейса осуществляется поворотным переключателем или кнопками под дисплеем.

**TCP/IP режим** – IP адрес прибора задается пользователем или назначается сетью.



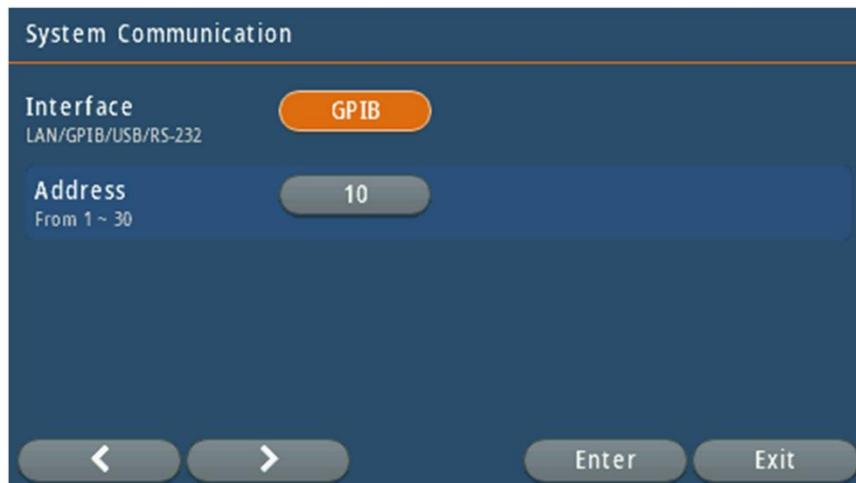
После изменения настроек нажать «Применить»



## 12.4 Интерфейс GPIB

В меню настройки интерфейса GPIB пользователь может настроить GPIB адрес прибора.

Навигация по меню настройки интерфейса осуществляется поворотным переключателем или кнопками под дисплеем.



## 12.5 Интерфейс RS-232

Навигация по меню настройки интерфейса осуществляется поворотным переключателем или кнопками под дисплеем.

В меню настройки интерфейса RS-232 пользователь может настроить:



**Baud Rate** (Скорость передачи данных): 300, 1200, 2400, 9600, 19200, 38400, 115200. По умолчанию установлено 9600

**Parity** (Четность): Значение по умолчанию «Нет».

**Flow Control** (Управление потоком): None, Xon/Xoff, Hardware

**Data Length** (Биты данных): 7 или 8.

**Stop Bits** (Стоповые биты): 1 или 2.

**Talk Only Mode**: Для режима Годен / Негоден.

## 13 КОМАНДЫ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

### 13.1 Введение в язык SCPI

**SCPI** (Standard Commands for Programmable Instruments - Стандартные команды для программируемых приборов) - это язык приборных команд на основе стандартного кода ASCII, предназначенный для программирования испытательных и измерительных приборов. Для освоения основных методов, используемых при программировании вольтметра в режиме дистанционного управления, пользователю следует ознакомиться с подразделом «Основы программирования на языке SCPI».

Команды языка SCPI имеют иерархическую структуру, известную также под названием *древовидной системы*. В этой системе родственные команды сгруппированы в общем узле или корне, образуя *подсистемы*. В качестве примера древовидной системы ниже показана часть подсистемы SENSE (СЧИТЫВАНИЕ).

#### **SENSe:**

VOLTage:

DC:RANGe {<range> | MINimum| MAXimum} VOLTage:

DC:RANGe? [MINimum|MAXimum]

FREQuency:

VOLTage:RANGe {<range> | MINimum | MAXimum} FREQuency:

VOLTage:RANGe? [MINimum|MAXimum]

DETEctor:

BANDwidth {3|20|200|MINimum|MAXimum} DETector:

BANDwidth? [MINimum|MAXimum]

ZERO:

AUTO {OFF | ONCE|ON} ZERO:

AUTO?

SENSe является корневым ключевым словом команды, VOLTage и FREQuency - ключевыми словами второго уровня, DC и VOLTage - ключевыми словами третьего уровня. Ключевое слово предыдущего уровня от ключевого слова более низкого уровня разделяется двоеточием (:).

#### **Форматы команд, использованные в данной инструкции**

Для изображения команд в данной инструкции использован следующий формат:

VOLT age:DC:RANGe {<range> | MINimum | MAXimum}

Синтаксис командного языка показывает большинство команд (а также некоторые параметры) в виде наборов прописных и строчных букв. Прописные буквы показывают сокращенное написание команд. Для получения более коротких командных строк следует употреблять сокращенную форму написания команд. Однако для более удобного восприятия программ рекомендуется употреблять длинную форму.

Например, в приведенном выше синтаксическом операторе допустимыми формами являются и VOLT, и VOLTAGE. Можно использовать прописные и строчные буквы. Поэтому допустимыми будут следующие формы: VOLTAGE, volt и Volt . При употреблении других форм, например, VOL и VOLTAG, выработывается сообщение об ошибке.

Фигурные скобки ({} ) заключают варианты параметров для данной командной строки. Скобки с командной строкой не передаются.

Вертикальная черта (|) используется для разделения нескольких вариантов параметра для данной командной строки.

Угловые скобки (<>) Доказывают, что пользователь должен указать значение для заключенного в скобки параметра. Например, в приведенном выше синтаксическом операторе параметр *range* заключен в угловые скобки. Скобки с командной строкой не передаются. Пользователь должен указать значение для заключенного в скобки параметра (например, "VOLT:DC:RANG 10").

Некоторые параметры заключаются в *квадратные скобки* ([ ]). Такие скобки показывают, что данный параметр является не обязательным и может быть опущен. Скобки с командной строкой не передаются. Если пользователь не указал значение для необязательного параметра, вольтметр выберет значение по умолчанию.

### Разделители команд

Для разделения ключевого слова команды от ключевого слова более низкого уровня используется двоеточие (:). Для разделения параметра от ключевого слова команды необходимо вставить пробел. Если в команде требуется указать более одного параметра, соседние параметры разделяются с помощью запятой, как показано ниже:

```
"CONF:VOLT:DC 10, 0.003"
```

Для разделения команд внутри одной и той же подсистемы используется точка с запятой (;), что иногда может уменьшить количество печатаемых символов. Например, посылка следующей командной строки:

```
"TRIG:DELAY 1; COUNT 10" равносильна посылке двух следующих команд:
```

```
"TRIG:DELAY 1" и "TRIG:COUNT 10"
```

Для связи команд из различных подсистем следует использовать двоеточие и точку с запятой. Например, в следующей командной строке будет выработано сообщение об ошибке, если пользователь не будет использовать и двоеточие, и точку с запятой.

```
"SAMP:COUN 10;:TRIG:SOUR EXT"
```

### Использование параметров MIN и MAX

Во многих командах на место параметров можно помещать MINimum и MAXimum.

Например, рассмотрим следующую команду:

```
VOLTage:DC:RANGe {<предел> | MINimum | MAXimum}
```

Вместо того, чтобы устанавливать какой-то конкретный предел измерения напряжения, можно задать параметр MIN, чтобы установить предел на его минимальное значение, или параметр MAX, чтобы установить предел на его максимальное значение.

### Запрос об установках параметров

Пользователь может запросить текущее значение большинства параметров, добавляя знак вопроса (?) к команде. Например, следующая команда устанавливает количество замеров на получение 10 показаний:

```
"SAMP:COUN 10" Количество замеров можно запросить, исполнив следующую
```

команду:

```
"SAMP:COUN?"
```

Можно также запросить допустимые минимальное или максимальное количества замеров, как указано ниже:

```
"SAMP:COUN? MIN" "SAMP:COUN? MAX"
```

**Внимание** Если пользователь передает две команды с вопросами, но не считывает ответ от первой команды и пытается затем считать второй ответ, он может получить некоторые данные от первого ответа, а затем полный второй ответ. Чтобы избежать этого, не следует передавать команду с вопросом, не считывая ответа. Если такую ситуацию предотвратить невозможно, нужно передать команду DCL (очистить устройство), прежде чем посылать вторую команду с вопросом.

### Терминаторы команд SCPI

Командная строка, передаваемая в прибор должна завершаться символом <new line> (<новая строка>). Сообщение EOI (end-or-identify -конец передачи или идентификация) стандарта IEEE-488 также интерпретируется как символ <new line> и может использоваться для завершения командной строки вместо символа <new line>. Аналогично воспринимается сочетание символов <carriage return> (<возврат каретки>) и <new line>. Завершение командной строки всегда возвращает текущий путь команды SCPI на корневой уровень.

## 13.2 Общие команды стандарта IEEE-488.2

Стандарт IEEE-488.2 определяет общие команды, которые выполняют следующие функции: сброс, самопроверку и операции установки состояний. Общие команды всегда начинаются с символа звездочка (\*), имеют длину от четырех до пяти символов и могут включать один или несколько параметров. Ключевое слово команды отделяется от первого параметра пробелом. Для разделения нескольких команд следует использовать точку с запятой (;), как показано ниже:

```
"*RST; *CLS; *ESE 32; *OPC?"
```

### Типы параметров языка SCPI

Язык SCPI устанавливает несколько различных форматов данных, которые надлежит использовать в программных сообщениях и ответных сообщениях прибора.

**Числовые параметры.** Команды, для которых необходимы числовые параметры, воспринимают все общеупотребительные десятичные представления чисел, включая необязательные знаки (+ или -), десятичные точки и экспоненциальный формат. Наряду с этим в качестве числовых параметров воспринимаются также такие специальные величины как MINimum (минимум), MAXimum (максимум) и DEFault (значение по умолчанию). С числовыми параметрами можно передавать широко употребляемые сокращения при обозначении единиц измерения (например, М, К или и). Если принимаются только конкретные числовые значения, прибор автоматически округляет вводимые числовые параметры. Следующая ниже команда использует числовой параметр:

VOLTage:DC:RANGe {<предел> | MINimum | MAXimum}

**Дискретные параметры.** Для программирования установок, которые имеют ограниченное количество значений (таких как BUS, IMMEDIATE, EXTERNAL), используются дискретные параметры. Они имеют короткую и длинную формы представления, аналогично ключевым словам команд. Для их представления можно использовать комбинации из строчных и прописных букв. Ответы на запросы всегда представляются в виде коротких форм и содержат только строчные буквы. Следующая ниже команда использует дискретные параметры:

TRIGger:SOURce {BUS|IMMEDIATE | EXTERNAL}

Логические параметры. Каждый из логических параметров может принимать либо истинное, либо ложное состояние. Значение "OFF" (ВЫКЛ.) или "0" прибора воспринимает как ложное состояние. Значение "ON" (ВКЛ.) или "1" - как истинное состояние. При выполнении запроса о логической установке, прибор *всегда* отвечает значениями "0" или "1". Следующая команда использует логический параметр:

INPut:IMPedance:AUTO {OFF | ON}

Строковые параметры. Строковые параметры могут содержать практически любые символы кода ASCII. Строка *должна* заключаться в отождествляющие одинарные или двойные кавычки. Эти кавычки можно включить как часть строки, для чего следует заключить строку в пары одинарных или двойных кавычек, не вставляя между каждой из пар никаких символов. Следующая ниже команда использует строковый параметр:

DISPlay:TEXT <текст>

### Форматы данных вывода

Данные вывода представляются в одном из форматов, указанных в следующей таблице.

Тип данных вывода	Формат данных вывода
Запросы, не относящиеся к показаниям	строка из не более чем 80 символов ASCII
Одно показание (IEEE-488) Несколько показаний (IEEE-488) Одно показание (RS-232) Несколько показаний (RS-232)	SD.DDDDDDDDESDD<nl> SD.DDDDDDDDESDD <nl> SD.DDDDDDDDESDD<cr><nl> SD.DDDDDDDDESDD,..., ...,<cr><nl>
	S отрицат. или положит, знак D цифровые разряды E экспонента <nl> символ новой строки <cr> символ возврата каретки

## 13.3 Перечень команд SCPI

Настоящий раздел содержит перечень команд SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments - Стандартные команды для программируемых приборов) для программирования вольтметра. В последующих подразделах содержится более подробная информация по каждой из команд.

Для понимания синтаксиса команд SCPI в данной инструкции используются следующие условные обозначения: квадратные скобки [ ] указывают на необязательные ключевые слова или параметры, фигурные скобки { } заключают параметры в пределах командной

строки, угловые скобки < > указывают на необходимость заменить заключенное в них название параметра на его конкретное значение.

### Команды MEASure и CONFigure

#### MEASure

```
:VOLTage:DC? {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:VOLTage:DC:RATio? {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:VOLTage:AC? {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:CURRent:DC? {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:CURRent:AC? {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:RESistance? {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:FRESistance? {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:FREQuency? {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:PERiod? {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:CONTinuity?
:DIODE?
:TCouple?
:TEMPerature?
```

#### CONFigure

```
:VOLTage:DC {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:VOLTage:DC:RATio {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:VOLTage:AC {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:CURRent:DC {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:CURRent:AC {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:RESistance {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:FRESistance {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:FREQuency {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:PERiod {<предел>|MIN|MAX|DEF},{<разрешение>|MIN|MAX|DEF}
:CONTinuity
:DIODE
:TCouple
:TEMPerature
```

#### CONFigure?

### Команды конфигурирования измерений

[SENSe:]

```
FUNction "VOLTage:DC"
FUNction "VOLTage:DC:RATio"
FUNction "VOLTage:AC"
FUNction "CURRent:DC"
FUNction "CURRent:AC"
FUNction "RESistance" (2-проводное измерение сопротивления)
FUNction "FRESistance" (4-проводное измерение сопротивления)
FUNction "FREQuency"
FUNction "PERiod"
FUNction "CONTinuity"
FUNction "DIODE"
FUNction "TCouple"
FUNction "TEMPerature"
FUNction?
```

[SENSe:]

```
VOLTage:DC:RANGe {<предел>|MINimum|MAXimum}
VOLTage:DC:RANGe? [MINimum|MAXimum]
VOLTage:AC:RANGe {<предел>|MINimum|MAXimum}
VOLTage:AC:RANGe? [MINimum|MAXimum]
CURRent:DC:RANGe {<предел>|MINimum|MAXimum}
CURRent:DC:RANGe? [MINimum|MAXimum]
CURRent:AC:RANGe {<предел>|MINimum|MAXimum}
```

CURRent:AC:RANGe? [MINimum|MAXimum]  
RESistance:RANGe {<предел>|MINimum|MAXimum}  
RESistance:RANGe? [MINimum|MAXimum]  
FRESistance:RANGe {<предел>|MINimum|MAXimum}  
FRESistance:RANGe? [MINimum|MAXimum]  
FREQuency:VOLTage:RANGe {<предел>|MINimum|MAXimum}  
FREQuency:VOLTage:RANGe? [MINimum|MAXimum]  
PERiod:VOLTage:RANGe {<предел>|MINimum|MAXimum}  
PERiod:VOLTage:RANGe? [MINimum|MAXimum]

[SENSe:]

VOLTage:DC:RANGe:AUTO {OFF|ON}  
VOLTage:DC:RANGe:AUTO?  
VOLTage:AC:RANGe:AUTO {OFF|ON}  
VOLTage:AC:RANGe:AUTO?  
CURRent:DC:RANGe:AUTO {OFF|ON}  
CURRent:DC:RANGe:AUTO?  
CURRent:AC:RANGe:AUTO {OFF|ON}  
CURRent:AC:RANGe:AUTO?  
RESistance:RANGe:AUTO {OFF|ON}  
RESistance:RANGe:AUTO?  
FRESistance:RANGe:AUTO {OFF|ON}  
FRESistance:RANGe:AUTO?  
FREQuency:VOLTage:RANGe:AUTO {OFF|ON}  
FREQuency:VOLTage:RANGe:AUTO?  
PERiod:VOLTage:RANGe:AUTO {OFF|ON}  
PERiod:VOLTage:RANGe:AUTO?

[SENSe:]

VOLTage:DC:RESolution {<разрешение>|MINimum|MAXimum}  
VOLTage:DC:RESolution? [MINimum|MAXimum]  
VOLTage:AC:RESolution {<разрешение>|MINimum|MAXimum}  
VOLTage:AC:RESolution? [MINimum|MAXimum]  
CURRent:DC:RESolution {<разрешение>|MINimum|MAXimum}  
CURRent:DC:RESolution? [MINimum|MAXimum]  
CURRent:AC:RESolution {<разрешение>|MINimum|MAXimum}  
CURRent:AC:RESolution? [MINimum|MAXimum]  
RESistance:RESolution {<разрешение>|MINimum|MAXimum}  
RESistance:RESolution? [MINimum|MAXimum]  
FRESistance:RESolution {<разрешение>|MINimum|MAXimum}  
FRESistance:RESolution? [MINimum|MAXimum]

[SENSe:]

UNIT {Cel|Far|K}  
UNIT?  
TCouple:TYPE {E|J|K|N|R|S|T}  
TCouple:TYPE?  
TCouple:RJUNcion:RSElect {REAL|SIMulated}  
TCouple:RJUNcion:RSElect?  
TCouple:RJUNcion:SIMulated {<значение>|MINimum|MAXimum}  
TCouple:RJUNcion:SIMulated?  
TCouple:RJUNcion:REAL:OFFSet {<значение>|MINimum|MAXimum}  
TCouple:RJUNcion:REAL:OFFSet? [MINimum|MAXimum]

[SENSe:]

TEMPerature:RTD:TYPE {PT100|D100|F100|PT385|PT3916|USER|SPRTD|NTCT}  
TEMPerature:RTD:TYPE?  
TEMPerature:RTD:RZERo {<значение>|MINimum|MAXimum}  
TEMPerature:RTD:RZERo? [MINimum|MAXimum]  
TEMPerature:RTD:ALPHa {<значение>|MINimum|MAXimum}  
TEMPerature:RTD:ALPHa? [MINimum|MAXimum]  
TEMPerature:RTD:BETA {<значение>|MINimum|MAXimum}

TEMPerature:RTD:BETA? [MINimum|MAXimum]  
TEMPerature:RTD:DELTA {<значение>|MINimum|MAXimum}  
TEMPerature:RTD:DELTA? [MINimum|MAXimum]  
TEMPerature:SPRTD:RZERo {<значение>|MINimum|MAXimum}  
TEMPerature:SPRTD:RZERo? [MINimum|MAXimum]  
TEMPerature:SPRTD:A4 {<значение>|MINimum|MAXimum}  
TEMPerature:SPRTD:A4? [MINimum|MAXimum]  
TEMPerature:SPRTD:B4 {<значение>|MINimum|MAXimum}  
TEMPerature:SPRTD:B4? [MINimum|MAXimum]  
TEMPerature:SPRTD:AX {<значение>|MINimum|MAXimum}  
TEMPerature:SPRTD:AX? [MINimum|MAXimum]  
TEMPerature:SPRTD:BX {<значение>|MINimum|MAXimum}  
TEMPerature:SPRTD:BX? [MINimum|MAXimum]  
TEMPerature:SPRTD:CX {<значение>|MINimum|MAXimum}  
TEMPerature:SPRTD:CX? [MINimum|MAXimum]  
TEMPerature:SPRTD:DX {<значение>|MINimum|MAXimum}  
TEMPerature:SPRTD:DX? [MINimum|MAXimum]

[SENSe:]

VOLTage:DC:NPLCycles {0.02|0.2|1|10|100|MINimum|MAXimum}  
VOLTage:DC:NPLCycles? [MINimum|MAXimum]  
CURRent:DC:NPLCycles {0.02|0.2|1|10|100|MINimum|MAXimum}  
CURRent:DC:NPLCycles? [MINimum|MAXimum]  
RESistance:NPLCycles {0.02|0.2|1|10|100|MINimum|MAXimum}  
RESistance:NPLCycles? [MINimum|MAXimum]  
FRESistance:NPLCycles {0.02|0.2|1|10|100|MINimum|MAXimum}  
FRESistance:NPLCycles? [MINimum|MAXimum]

[SENSe:]

FREQuency:APERture {0.01|0.1|1|MINimum|MAXimum}  
FREQuency:APERture? [MINimum|MAXimum]  
PERiod:APERture {0.01|0.1|1|MINimum|MAXimum}  
PERiod:APERture? [MINimum|MAXimum]

[SENSe:]

DETector:BANDwidth {3|20|200|MINimum|MAXimum}  
DETector:BANDwidth? [MINimum|MAXimum]

[SENSe:]

AVERage:TCONtrol {MOVing|REPeat}  
AVERage:TCONtrol?  
AVERage:COUNT {<значение>|MINimum|MAXimum}  
AVERage:COUNT? [MINimum|MAXimum]  
AVERage:STATe {OFF|ON}  
AVERage:STATe?

[SENSe:]

ZERO:AUTO {OFF|ONCE|ON}  
ZERO:AUTO?  
GAIN:AUTO {OFF|ONCE|ON}  
GAIN:AUTO?

## Конфигурирование прочих режимов измерения

INPut:

IMPedance:AUTO {OFF|ON}  
IMPedance:AUTO?  
ROUte:TERMinals?  
ROUte:CLOSe <канал>  
ROUte:CLOSe?  
ROUte:OPEN  
ROUte:SCAN:FUNcTion <канал>,{<режим измерения>|"VOLT:DC"|"VOLT:AC"|

"FREQuency"|"RESistance"|"FRESistance"|"TEMPerature"|"TCouple"|"NONE"}  
ROUTE:SCAN  
ROUTE:STATE?  
ROUTE:SCAN:FUNCTion? <канал>

### **Команды математических операций**

CALCulate:  
FUNCTion {PERCent|AVERAge|NULL|LIMit|MXB|DB|DBM}  
FUNCTion?  
STATe {OFF|ON}  
STATe?

CALCulate:  
PERCent:TARGet {<значение>|MINimum|MAXimum}  
PERCent:TARGet? [MINimum|MAXimum]

CALCulate:  
AVERAge:MINimum?  
AVERAge:MAXimum?  
AVERAge:AVERAge?  
AVERAge:COUNT?

CALCulate:  
NULL:OFFSet {<значение>|MINimum|MAXimum}  
NULL:OFFSet? [MINimum|MAXimum]

CALCulate:  
LIMit:LOWer {<значение>|MINimum|MAXimum}  
LIMit:LOWer? [MINimum|MAXimum]  
LIMit:UPPer {<значение>|MINimum|MAXimum}  
LIMit:UPPer? [MINimum|MAXimum]

CALCulate:  
MXB:MMFactor {<значение>|MINimum|MAXimum}  
MXB:MMFactor? [MINimum|MAXimum]  
MXB:MBFactor {<значение>|MINimum|MAXimum}  
MXB:MBFactor? [MINimum|MAXimum]

CALCulate:  
DB:REFerence {<значение>|MINimum|MAXimum}  
DB:REFerence? [MINimum|MAXimum]

CALCulate:  
DBM:REFerence {<значение>|MINimum|MAXimum}  
DBM:REFerence? [MINimum|MAXimum]  
DATA:FEED RDG\_STORE,{ "CALCulate" | "" }  
DATA:FEED?

### **Команды запуска**

INITiate  
READ?  
TRIGger:  
SOURce {BUS|IMMediate|EXTernal}  
SOURce?  
TRIGger:  
DELay {<секунды>|MINimum|MAXimum}  
DELay? [MINimum|MAXimum]  
TRIGger:  
DELay:AUTO {OFF|ON}  
DELay:AUTO?  
SAMPle:  
COUNT {<значение>| MINimum|MAXimum }

COUNT? [MINmum|MAXimum ]  
TRIGger:  
COUNT { <значение> | MINimum|MAXimum|INFinite }  
COUNT? [MINmum|MAXimum]

### **Системные команды**

FEtCh?  
READ?  
DISPlay {OFF|ON}  
DISPlay?  
DISPlay:  
TEXT <нужен ввод текста буквами латинского алфавита>  
TEXT?  
TEXT:CLEAr  
SYSTem:  
BEEPer  
BEEPer:STATe {OFF|ON}  
BEEPer:STATe?  
SYSTem:ERRor?  
SYSTem:VERsion?  
DATA:POINts?  
\*RST  
\*IDN?  
\*TST?

### **Команды отчета о состоянии**

SYSTem:ERRor?  
  
STATus  
:QUEStionable:ENABle <возможно значение>  
:QUEStionable:ENABle?  
:QUEStionable:EVENt?

STATus:PRESet  
\*CLS  
\*ESE <возможно значение>  
\*ESE?  
\*ESR?  
\*OPC  
\*OPC?  
\*PSC {0|1}  
\*PSC?  
\*SRE <возможно значение>  
\*SRE?  
\*STB?

### **Прочие команды управления**

SYSTem:LOCAl  
SYSTem:REMote

### **Общие команды IEEE-48S.2**

\*CLS  
\*ESE < возможно значение >  
\*ESE?  
\*ESR?  
\*IDN?  
\*OPC

\*OPC?  
 \*PSC {0|1}  
 \*PSC?  
 \*RST  
 \*SRE < возможно значение >  
 \*SRE?  
 \*STB?  
 \*TRG  
 \*TST?

### 13.4 Основы программирования на языке SCPI

Дистанционное программирование вольтметра для выполнения измерений производится в следующей последовательности, состоящей из семи шагов:

1. Установить вольтметр в какое-либо известное состояние (часто это состояние сброса).
2. Изменить установки вольтметра, чтобы получить желаемую конфигурацию.
3. Задать условия запуска.
4. Инициировать или подготовить вольтметр к выполнению измерения.
5. Запустить вольтметр для выполнения измерения.
6. Считать показания из буфера вывода или внутренней памяти.
7. Считать данные измерения в системный контроллер.

Команды MEASure? и CONFigure - это наиболее простой метод программирования вольтметра для выполнения требуемых измерений. В этом случае с помощью одной команды можно задать род работы, предел и разрешающую способность. Вольтметр автоматически производит предварительные установки других параметров измерения (фильтр, автоматическая установка нуля, количество сигналов запуска и т.д.) на значения по умолчанию.

#### Предварительные установки команд MEASure? and CONFigure

Команда	Установки MEASure? и CONFigure
Фильтр (DET:BAND)	20 Гц (среднескоростной фильтр)
Авт. уст. нуля (ZERO:AUTO)	OFF (ВЫКЛ.), если установка разрешающей способности получается в виде NPLC<1 ; ON (ВКЛ.), если установка разрешающей способности получается в виде NPLC >=1
Входное сопротивление (INP:IMP:AUTO)	OFF (фиксировано на 10 МОм для всех пределов постоянного напряжения)
Замеров на один сигнал запуска (SAMP:COUN)	Один замер
Количество сигналов запуска (TRIG:COUN)	Один сигнал запуска
Задержка запуска (TRIG:DEL)	Автоматический режим задержки
Источник запуска (TRIG:SOUR)	Немедленный
Математическая операция (CALCulate subsystem)	OFF (ВЫКЛ.)

#### Использование команды MEASure?

Самый простой способ запрограммировать вольтметр для измерений - это использовать команду MEASure? . Правда, эта команда не обеспечивает большой гибкости. При ее исполнении вольтметр производит самые оптимальные предварительные установки для запрашиваемой конфигурации и немедленно выполняет измерение. Пользователь не может изменить никакую из установок (кроме рода работы, предела и разрешающей способности), пока данное измерение не будет выполнено. Результаты измерения передаются в буфер вывода.

Посылка команды MEASure? по своему действию равнозначна посылке команды CONFigure, за которой немедленно следует команда READ?.

#### Использование команды CONFigure

Некоторое улучшение гибкости при программировании достигается за счет использования команды CONFigure. При ее исполнении вольтметр производит самые оптимальные предварительные установки для запрашиваемой конфигурации (как и в случае с командой MEASure?). Правда, измерение не начинается автоматически, и пользователь может изменить параметры измерения, прежде чем выполнить это измерение. Таким образом пользователь может шаг за шагом изменять конфигурацию вольтметра по сравнению с предварительными установками. Вольтметр предлагает набор низкоуровневых команд в подсистемах INPUT, SENSE, CALCulate и TRIGGER (для изменения рода работы можно использовать команду SENSE:FUNCTION, не прибегая к использованию команд MEASure? или CONFigure).

Чтобы инициировать измерение, следует использовать команды INITiate или READ?

Использование параметров предел (предел) и resolution (разрешающая способность)

При использовании команд MEASure? и CONFigure можно в одной команде установить следующие параметры: род работы, предел и разрешающую способность. Параметр предел (предел) следует использовать для указания ожидаемого значения входного сигнала. После этого вольтметр сам установит правильный предел измерения.

При измерении частоты и периода вольтметр использует один «предел» для всех входных сигналов в диапазоне от 20 Гц до 100 кГц. Параметр предел требуется только для определения разрешающей способности. Поэтому необязательно посылать каждый раз новую команду для измерения новой частоты.

Параметр resolution (разрешающая способность) следует использовать для определения желаемой разрешающей способности измерения. Разрешающую способность нужно указывать в тех же единицах измерения, что и для рода работы, а не количеством разрядов. Например, при измерении постоянного напряжения разрешающую способность следует указывать в вольтах, при измерении частоты - в герцах.

Чтобы использовать параметр resolution (разрешающая способность), пользователь должен установить предел (предел).

### **Использование команды READ?**

Команда READ? переводит систему запуска из состояния простоя в состояние ожидания сигнала запуска. Вольтметр начнет выполнять измерения, если после приема команды READ? указанные условия запуска будут соблюдены. Показания немедленно передаются в буфер вывода. Пользователь должен считать эти показания из буфера вывода в контроллер, в противном случае вольтметр остановит выполнение измерений, когда буфер вывода заполнится. При использовании команды READ? показания не запоминаются во внутренней памяти вольтметра.

Посылка команды READ? по своему действию равнозначна посылке команды INITiate, за которой немедленно следует команда FETCh?, за исключением того, что показания не заносятся во внутренний буфер вольтметра.

### ***Если пользователь посылает две команды с вопросами, но не считывает***

Внимание ответ от первой команды и пытается затем считать второй ответ, он может получить некоторые данные от первого ответа, а затем полный второй ответ. Чтобы избежать этого, не следует посылать команду с вопросом, не считывая ответа. Если такую ситуацию предотвратить невозможно, то прежде чем посылать вторую команду с вопросом нужно послать команду DCL (очистить устройство).

### **Использование команд INTTiate и FETCh?**

Команды INITiate и FETCh? предоставляют самый низкий уровень и наибольшую гибкость управления запуском измерения и считыванием показаний. Команду INITiate рекомендуется использовать после конфигурирования вольтметра для измерения. Эта команда переводит систему запуска из состояния простоя в состояние ожидания сигнала запуска. Вольтметр начнет выполнять измерения, если после приема команды INITiate указанные условия запуска будут соблюдены. Показания запоминаются во внутренней памяти вольтметра (может быть запомнено до 2000 показаний) и хранятся с возможностью их последующего считывания.

Команду FETCh? рекомендуется использовать для передачи показаний из внутренней памяти вольтметра в буфер вывода, откуда они затем могут быть считаны в контроллер.

### Пример 1 использования команды MEASure?

Приведенный сегмент программы показывает, как использовать команду MEASure? при выполнении измерений. Вольтметр конфигурируется для выполнения измерений постоянного напряжения, переводится в состояние ожидания сигнала запуска, запускается от внутреннего сигнала запуска, выполняет одно измерение и затем посылает показание в буфер вывода.

```
MEAS:VOLT:DC? 10,0.003
```

Это наиболее простой способ считать показание. Однако при использовании команды MEASure нет возможности установить количество сигналов запуска, количество замеров, задержку запуска и т. д. Все параметры измерения, за исключением рода работы, предела и разрешающей способности, устанавливаются автоматически.

### Пример 2 использования команды CONFigure

Следующий сегмент программы показывает, как использовать команду READ? с командой CONFigure при выполнении измерений с внешним запуском. Вольтметр конфигурируется для выполнения измерений постоянного напряжения. Команда CONFigure не переводит вольтметр в состояние ожидания сигнала запуска. Команда READ? переводит вольтметр в состояние ожидания сигнала запуска, снимает показание, когда на гнездо «Внеш Запуск» поступает импульс, и пересылает это показание в буфер вывода.

```
CONF:VOLT:DC 10, 0.003
TRIG:SOUR EXT
READ?
bus enter statement
```

### Пример 3 использования команды CONFigure

Следующий сегмент программы похож на программу, приведенную выше, однако он использует команду INITiate для перевода вольтметра в состояние ожидания сигнала запуска. Команда INITiate переводит вольтметр в состояние ожидания сигнала запуска, снимает показание, когда на гнездо «Внеш Запуск» поступает импульс, и передает это показание во внутреннюю память вольтметра. Команда FETCh? пересылает это показание из внутренней памяти вольтметра в буфер вывода.

```
CONF:VOLT:DC 10, 0.003
TRIG:SOUR EXT
INIT
FETC?
```

Запоминание показаний в памяти с использованием команды INITiate производится быстрее, чем пересылка показаний в буфер вывода командой READ?. Вольтметр может запомнить во внутренней памяти 2000 показаний. Если пользователь сконфигурировал вольтметр для получения более 2000 показаний (используя количество сигналов запуска и количество замеров), а затем послал INITiate, будет выдано сообщение об ошибке памяти.

После запуска команды INITiate, никакие другие команды не будут приняты, пока не закончится процесс измерения. Однако если пользователь задаст в программе команду TRIGger:SOURce BUS, вольтметр будет принимать команду \*TRG (дистанционный запуск) или сообщение Group Execute Trigger - Запуск группы) от интерфейса HP-IB.

### Команды MEASure? и CONFigure

- Для параметра предел MIN устанавливает низший предел, MAX - высший предел, DEF - автоматическое переключение пределов.
- Для параметра <разрешение> разрешающую способность следует указывать в единицах измерения, соответствующих виду измерений, а не количеством разрядов. MIN устанавливает наименьшее допустимое значение, дающее наилучшую разрешающую способность, MAX - наибольшее допустимое значение, дающее наихудшую разрешающую способность, DEF - значение по умолчанию, равно 51/2 разрядам (медленный режим - 10 PLC).

**Примечание:** Чтобы использовать параметр <разрешение>, пользователь должен установить предел.

## Список команд MEASure (MEASure?):

**MEASure:VOLTage:DC? { <предел> | MIN | MAX | DEF} , {<разрешение> | MIN | MAX | DEF}.**

Предварительно устанавливает и производит измерение постоянного напряжения в соответствии с указанными пределом и разрешающей способностью. Показание пересылается в буфер вывода.

**MEASure:VOLTage: DC:RATio? { <предел> | MIN | MAX | DEF}, { <разрешение> | MIN | MAX | DEF}.**

Предварительно устанавливает и производит измерение отношения постоянных напряжений в соответствии с указанными пределом и разрешающей способностью. Показание пересылается в буфер вывода. Установленный предел относится к сигналу на входных гнездах «Вход». При измерении опорного напряжения на гнездах считывания «Потенциал» автоматически устанавливается режим автоматического переключения пределов.

**MEASure:VOLTage:AC? { <предел> | MIN | MAX | DEF}, {<разрешение>|MIN|MAX|DEF}**

Предварительно устанавливает и производит измерение переменного напряжения в соответствии с указанными пределом и разрешающей способностью. Показание пересылается в буфер вывода. Разрешающая способность фиксируется, на 6 1/2 разрядах. Параметр разрешающая способность влияет только на показания индикатора передней панели.

**MEASure:CURRent:DC? {<предел>|MIN|MAX|DEF} {<разрешение>|MIN|MAX|DEF}**

Предварительно устанавливает и производит измерение постоянного тока в соответствии с указанными пределом и разрешающей способностью. Показание пересылается в буфер вывода.

**MEASure:CURRent:AC? {<предел> | MIN | MAX | DEF} , {<разрешение>|MIN|MAX|DEF}**

Предварительно устанавливает и производит измерение переменного тока в соответствии с указанными пределом и разрешающей способностью. Показание пересылается в буфер вывода. Разрешающая способность фиксируется на 6 1/2 разрядах. Параметр разрешающая способность влияет только на показания индикатора передней панели.

**MEASure:RESistance? {<предел>|MIN|MAX|DEF}, {<разрешение> | MIN| MAX| DEF}**

Предварительно устанавливает и производит 2-проводное измерение сопротивления в соответствии с указанными пределом и разрешающей способностью. Показание пересылается в буфер вывода.

**MEASure:FRESistance? {<предел>|MIN|MAX|DEF}, {<разрешение>|MIN|MAX|DEF}**

Предварительно устанавливает и производит 4-проводное измерение сопротивления в соответствии с указанными пределом и разрешающей способностью. Показание пересылается в буфер вывода.

**MEASure:PERiod? {<предел>|MIN|MAX|DEF} , {<разрешение> | MIN| MAX| DEF}**

Предварительно устанавливает и производит измерение периода в соответствии с указанными пределом и разрешающей способностью. Показание пересылается в буфер вывода. Для всех входных сигналов в диапазоне от 0,33 с до 3,3 мкс используется один «предел» . Если входной сигнал отсутствует, на индикаторе появляется показание «0».

**MEASure:CONTInuity?**

Предварительно устанавливает и производит проверку непрерывности электрических цепей. Показание пересылается в буфер вывода. Предел всегда устанавливается на 1 кОм, а разрешающая способность - на 5 1/2 .

#### **MEASure:DIODE?**

Предварительно устанавливает и производит испытания диодов. Показание пересылается в буфер вывода. Предел всегда устанавливается на 1 В постоянного тока с выходом источника тока 1 мА, а разрешающая способность - на 5 1/2 разрядах.

#### **MEASure:TCouple?**

Предварительно устанавливает и производит измерение температуры с использованием заданного типа термопары.

#### **MEASure:TEMPerature?**

Предварительно устанавливает и производит измерение температуры с использованием заданного типа терморезистора.

#### **Список команд CONFigure:**

##### **CONFigure:VOLTage:DC {<предел>|MIN|MAX|DEF}, {<разрешение>|MIN|MAX|DEF}**

Предварительно устанавливает и конфигурирует вольтметр для измерений постоянного напряжения в соответствии с указанными пределом и разрешающей способностью. Эта команда не инициирует процесс измерения.

##### **CONFigure:VOLTage: DC: RATio {range>|MIN|MaX|EEF} , {<разрешение> | MIN | MAX | DEF}**

Предварительно устанавливает и конфигурирует вольтметр для измерений отношения постоянных напряжений в соответствии с указанными пределом и разрешающей способностью. Эта команда не инициирует процесс измерения. Указанный предел относится к сигналу на входных гнездах «Вход», При измерении опорного напряжения на гнездах считывания «Потенциал» автоматически устанавливается режим автоматического переключения пределов.

##### **CONFigure:VOLTage:AC {<предел>|MIN|MAX|DEF}, {<разрешение> | MIN | MAX | DEF }**

Предварительно устанавливает и конфигурирует вольтметр для измерений переменного напряжения в соответствии с указанными пределом и разрешающей способностью. Эта команда не инициирует процесс измерения. Разрешающая способность фиксируется на 6 1/2 разрядах. Параметр разрешающая способность влияет только на показания индикатора передней панели.

##### **CONFigure:CURRent:DC {<предел> |MIN | MAX | DEF}, <разрешение> | MIN | MAX | DEF}**

Предварительно устанавливает и конфигурирует вольтметр для измерений постоянного тока в соответствии с указанными пределом и разрешающей способностью. Эта команда не инициирует процесс измерения.

##### **CONFigure:CURRent:AC {<предел> |MIN | MAX | DEF}, <разрешение> | MIN | MAX | DEF}**

Предварительно устанавливает и конфигурирует вольтметр для измерений переменного тока в соответствии с указанными пределом и разрешающей способностью. Эта команда не инициирует процесс измерения. Разрешающая способность фиксируется на 6 1/2 разрядах. Параметр разрешающая способность влияет только на показания индикатора передней панели.

##### **CONFigure:RESistance {<предел> |MIN | MAX | DEF}, <разрешение> | MIN | MAX | DEF}**

Предварительно устанавливает и конфигурирует вольтметр для 2-проводных измерений сопротивления в соответствии с указанными пределом и разрешающей способностью. Эта команда не инициирует процесс измерения.

### **CONFigure:FRESistance {<предел> | MIN | MAX | DEF}, <разрешение> | MIN | MAX | DEF}**

Предварительно устанавливает и конфигурирует вольтметр для 4-проводных измерений сопротивления в соответствии с указанным пределом и разрешающей способностью. Эта команда не инициирует процесс измерения.

### **CONFigure:FREQuency {<предел> | MIN | MAX | DEF}, <разрешение> | MIN | MAX | DEF}**

Предварительно устанавливает и конфигурирует вольтметр для измерений частоты в соответствии с указанным пределом и разрешающей способностью. Эта команда не инициирует процесс измерения. Для всех входных сигналов в диапазоне от 3 Гц до 300 кГц используется один "предел". Если входной сигнал отсутствует, на индикаторе появляется показание "0".

### **CONFigure:PERiod {<предел> | MIN | MAX | DEF}, <разрешение> | MIN | MAX | DEF}**

Предварительно устанавливает и конфигурирует вольтметр для измерений периода в соответствии с указанным пределом и разрешающей способностью. Эта команда не инициирует процесс измерения. Для всех входных сигналов в диапазоне от 0,33 с до 3,3 мкс используется один "предел". Если входной сигнал отсутствует, на индикаторе появляется показание "0".

### **CONFigure:CONTInuity**

Предварительно устанавливает и конфигурирует вольтметр для проверки непрерывности электрических цепей. Эта команда не инициирует процесс измерения. Предел всегда устанавливается 1 кОм, а разрешающая способность - 5 1/2 разрядов.

### **CONFigure:DIODE**

Предварительно устанавливает и конфигурирует вольтметр для испытаний диодов. Эта команда не инициирует процесс измерения. Предел всегда устанавливается на 1 В постоянного тока с выходом источника тока 1 мА, а разрешающая способность - на 5 1/2 разрядах.

### **CONFigure:TCouple**

Предварительно устанавливает и конфигурирует вольтметр для измерений температур с использованием заданного типа термодатчика. Эта команда не инициирует процесс измерения. Разрешающая способность составляет 6 1/2 разрядов.

### **CONFigure:TEMPerature**

Предварительно устанавливает и конфигурирует вольтметр для измерений температур с использованием заданного типа терморезистора. Эта команда не инициирует процесс измерения. Разрешающая способность составляет 6 1/2 разрядов.

### **CONFigure?**

Запрашивает текущую конфигурацию вольтметра и возвращает строку заданную ранее в кавычках.

## **Команды конфигурирования измерений**

[SENSe:]FUNctioN " вид измерений"

Устанавливает вид работы. В командной строке вид работы должен быть заключен в кавычки (FUNC "VOLT:DC"). Указать одну из следующих строк:

VOLTage:DC	(измерение постоянного напряжения)
VOLTage:DC:RATio	(измерение отношений постоянных напряжений)
VOLTage:AC	(измерение переменного напряжения)
CURRenti:DC	(измерение постоянного тока)
CURRent:AC	(измерение переменного тока)
RESistance	(2-проводное измерение)сопротивления)
FRESistance	(4-проводное измерение сопротивления)
FREQuency	(измерение частоты)
PERiod	(измерение периода)
CONTInuity	(проверка непрерывности электрических цепей)

DIODE	(испытания диодов)
TCouple	(измерений температуры с использованием термопары)
TEMPerature	(измерений температуры с использованием терморезистора)

### **[SENSe:]FUNctIon?**

Запрашивает установленный род работы и возвращает строку в кавычках - <вид измерений>:Предел { <предел> | MINimum | MAXimum } Устанавливает предел для выбранного вида измерений. При измерениях периода и частоты установка предела относится к напряжению входного сигнала, а не к его частоте (требуется использовать команды FREQuency:VOLTage или PERiod:VOLTage). MIN устанавливает низший предел, MAX - высший предел. [Запоминается в энергозависимой памяти].

### **[SENSe:]<вид измерений>:RANGe? [MINimum | MAXimum]**

Запрашивает информацию о пределе для установленного рода работы.

<function>:Предел:AUTO { OFF | ON }

Запрещает (OFF) или разрешает (ON) режим автоматического переключения пределов для установленного рода работы. При измерениях периода и частоты требуется использовать команды FREQuency:VOLTage или PERiod:VOLTage . Пороговые значения автоматического переключения: на нижний предел - при измеряемой величине <10% от предела; на более высокий предел - при измеряемой величине >120% от предела. [Запоминается в энергозависимой памяти].

### **[SENSe:]<вид измерений>: RANGe:AUTO?**

Запрашивает информацию об установке режима автоматического переключения пределов. Возвращает "0" (OFF) или «1» (ON).

### **[SENSe:]<вид измерений>:RESolution {<разрешение> | MINimum | MAXimum}**

Устанавливает разрешающую способность для выбранного рода работы (не относится к измерениям частоты, периода или отношений напряжений). Разрешающую способность требуется указывать в единицах измерения, соответствующих роду работы, а не количеством разрядов. MIN устанавливает наименьшее допустимое значение, которое дает наилучшую разрешающую способность, MAX - наибольшее принятое значение, которое дает наихудшую разрешающую способность. [Запоминается в энергозависимой памяти].

### **[SENSe:]<вид измерений>:RESolution? [MINimum | MAXimum]**

Запрашивает разрешающую способность для установленного рода работы. При измерении частоты и периода вольтметр возвращает разрешающую способность, установленную на основе сигнала частотой 3 Гц.

### **[SENSe:]UNIT {Cel|Far|K}**

Выбор единиц измерения температуры. **Cel** - Цельсия, **Far** – Фаренгейт, **K** Кельвин.

### **[SENSe:]UNIT?**

Запрашивает и возвращает единицы измерения температуры.

### **[SENSe:]TCouple:TYPE {E|J|K|N|R|S|T}**

Выбор типа термопары.

### **[SENSe:]TCouple:TYPE?**

Запрашивает и возвращает тип термопары.

### **[SENSe:]TCouple:RJUNction:RSElect {REAL|SIMulated }**

Запрашивает тип компенсации холодных концов термопары – **REAL** реальный или **SIMulated** симулированный.

### **[SENSe:]TCouple:RJUNction:RSElect?**

Запрашивает и возвращает тип компенсации холодных концов термопары.

### **[SENSe:]TCouple:RJUNction:SIMulated {<значение> | MINimum|MAXimum}**

Устанавливает температуру по «умолчанию» для компенсации холодных концов термопары в режиме «симулированный».

**[SENSe:]TCouple:RJUNction:SIMulated?**

Запрашивает и возвращает температуру по «умолчанию» для компенсации холодных концов термопары в режиме «симулированный».

**[SENSe:]TCouple:RJUNction:REAL:OFFSet {<значение>|MINimum| MAXimum}**

Устанавливает напряжение смещения для компенсации холодных концов термопары в режиме «реальный».

**[SENSe:]TCouple:RJUNction:REAL:OFFSet? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает и возвращает напряжение смещения для компенсации холодных концов термопары в режиме «реальный».

**[SENSe:]TEMPerature:RTD:TYPE{PT100|D100|F100|PT385|PT3916|USER|SPRTD|NTCT}**

Выбор типа терморезистора (RTD) в режиме измерения температуры.

**[SENSe:]TEMPerature:RTD:TYPE?**

Запрашивает и возвращает типа терморезистора (RTD) в режиме измерения температуры.

**[SENSe:]TEMPerature:RTD:RZERo {<значение>|MINimum| MAXimum}**

Устанавливает значение R-ноль константы для выбранного типа терморезистора (RTD).

**[SENSe:]TEMPerature:RTD:RZERo? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает значение R-ноль константы для выбранного типа терморезистора (RTD).

**[SENSe:]TEMPerature:RTD:ALPHA {<значение>|MINimum| MAXimum}**

Устанавливает значение альфа константы для выбранного типа терморезистора (RTD).

**[SENSe:]TEMPerature:RTD:ALPHA? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает значение альфа константы для выбранного типа терморезистора (RTD).

**[SENSe:]TEMPerature:RTD:BETA {<значение>|MINimum| MAXimum}**

Устанавливает значение бета константы для выбранного типа терморезистора (RTD).

**[SENSe:]TEMPerature:RTD:BETA? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает значение бета константы для выбранного типа терморезистора (RTD).

**[SENSe:]TEMPerature:RTD:DELTA {<значение>|MINimum| MAXimum}**

Устанавливает значение дельта константы для выбранного типа терморезистора (RTD).

**[SENSe:]TEMPerature:RTD:DELTA? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает значение дельта константы для выбранного типа терморезистора (RTD).

**[SENSe:]TEMPerature:SPRTD:RZERo {<значение>|MINimum| MAXimum}**

Устанавливает значение сенсора R для температуры 0 градусов Цельсия.

**[SENSe:]TEMPerature:SPRTD:RZERo? [MINimum| MAXimum]**

Запрашивает значение сенсора R для температуры 0 градусов Цельсия.

**[SENSe:]TEMPerature:SPRTD:A4 {<значение>|MINimum| MAXimum}**

Устанавливает значение коэффициента A4.

**[SENSe:]TEMPerature:SPRTD:A4? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает значение коэффициента A4.

**[SENSe:]TEMPerature:SPRTD:B4 {<значение>|MINimum| MAXimum}**

Устанавливает значение коэффициента B4.

**[SENSe:]TEMPerature:SPRTD:B4? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает значение коэффициента B4.

**[SENSe:]TEMPerature:SPRTD:AX {<значение>|MINimum| MAXimum}**

Устанавливает значение коэффициента А.

**[SENSe:]TEMPerature:SPRTD:AX? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает значение коэффициента А.

**[SENSe:]TEMPerature:SPRTD:BX {<значение>|MINimum| MAXimum}**

Устанавливает значение коэффициента В.

**[SENSe:]TEMPerature:SPRTD:BX? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает значение коэффициента В.

**[SENSe:]TEMPerature:SPRTD:CX {<значение>|MINimum| MAXimum}**

Устанавливает значение коэффициента С.

**[SENSe:]TEMPerature:SPRTD:CX? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает значение коэффициента С.

**[SENSe:]TEMPerature:SPRTD:DX {<значение>|MINimum| MAXimum}**

Устанавливает значение коэффициента D.

**[SENSe:]TEMPerature:SPRTD:DX? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает значение коэффициента D.

**[SENSe:]<вид измерений>:NPLCycles { 0.02|0.2| 1| 10|100 |MINimum | MAXimum}**

Устанавливает время интегрирования в количествах циклов сети питания -NPLCs (по умолчанию 10 PLC). Эта команда относится только к измерениям постоянного напряжения, отношения постоянных напряжений, постоянного тока, 2-проводного или 4-проводного измерения сопротивления. MIN= 0,02. MAX=100. [Запоминается в энергозависимой памяти].

**[SENSe:]<вид измерений>:NPLCycles? [MINimum | MAXimum]**

Запрашивает время интегрирования для выбранного рода работы.

**[SENSe:]FREQuency:APERture {0.01|0.1|1|MINimum|MAXimum}**

Устанавливает время счета в секундах при измерении частоты. Выбор значения 0.01 секунда обеспечивает 4 1/2 разряда, 0.1 секунда - 5 1/2 разряда или 1 секунда 6 1/2 разряда. Значение по умолчанию 0.1 с.

**[SENSe:]FREQuency:APERture? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает время счета в секундах при измерении частоты.

**[SENSe:]PERiod:APERture{0.01|0.1|1|MINimum|MAXimum}**

Устанавливает время счета в секундах при измерении периода. Выбор значения 0.01 секунда обеспечивает 4 1/2 разряда, 0.1 секунда - 5 1/2 разряда или 1 секунда 6 1/2 разряда. Значение по умолчанию 0.1 с.

**[SENSe:]PERiod:APERture? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает время счета в секундах при измерении периода.

**[SENSe:]DETector:BANDwidth {3|20|200|MINimum|MAXimum}**

Устанавливает наименьшую ожидаемую частоту во входном сигнале. В зависимости от этого, вольтметр выберет фильтр медленного действия, среднескоростной фильтр (по умолчанию) или фильтр быстрого действия. MIN = 3 Гц, MAX = 200 Гц. [Запоминается в энергозависимой памяти].

**[SENSe:]DETector:BANDwidth? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает тип установленного фильтра. Возвращает "3", "20" или "200".

**[SENSe:]ZERO:AUTO {OFF|ONCE|ON}**

Включает (по умолчанию) или выключает режим автоматической установки нуля. Если параметр установлен на OFF, новое нулевое показание не снимается, пока вольтметр в очередной раз не перейдет в состояние ожидания сигнала запуска, если - на ONCE,

вольтметр немедленно снимает одно нулевое показание. [Запоминается в энергозависимой памяти].

#### **[SENSe:]ZERO:AUTO?**

Запрашивает состояние режима автоматической установки нуля. Возвращает "0" (OFF или ONCE) или "1" (ON).

#### **[SENSe:]GAIN:AUTO {OFF|ONCE|ON}**

Включает (по умолчанию) или выключает режим автоматической установки усиления. Если параметр установлен на OFF или ONCE, то эффект этой установки минимален. Состояние OFF не дает нового смещения, до тех пор пока вольтметр не будет находиться в состоянии "WAIT-FOR-TRIGGER" (Ожидание Запуска). Состояние OFF обеспечивает мгновенное смещение измерения.

#### **[SENSe:]GAIN:AUTO?**

Запрашивает состояние режима автоматической установки усиления. Возвращает "0" (OFF или ONCE) или "1" (ON).

#### **INPut:IMPedance:AUTO{OFF|ON}**

Включает или выключает режим автоматической установки входного сопротивления для измерений постоянного напряжения. При AUTO OFF (режим по умолчанию) для всех пределов входное сопротивление устанавливается равным 10 МОм. При AUTO ON входное сопротивление устанавливается на значение >10 ГОм для пределов 100 мВ, 1 В и 10 В. [Запоминается в энергозависимой памяти].

#### **INPut:IMPedance:AUTO?**

Запрашивает состояние режима автоматической установки входного сопротивления. Возвращает «0» (OFF) или «1» (ON).

#### **ROUTE:TERMinals?**

Запрашивает, используются ли входные гнезда передней или задней панели. Возвращает "FRON" (передняя панель) или "REAR" (задняя панель).

#### **ROUTE:CLOSe <канал>**

Замыкает контакты реле выбранного канала в сканере. Необходимо указать десятичный номер канала, например: ROUTe:CLOSe 1 (замыкает реле 1) или ROUTe:CLOSe 6 (замыкает реле 1).

#### **ROUTE:CLOSe?**

Запрашивает состояние всех замкнутых контактов реле сканера. Возвращает "0" для открытых контактов и "1" для замкнутых.

#### **ROUTE:OPEN**

Размыкает контакты реле

#### **ROUTE:SCAN:FUNction <канал>,{<режим измерения>**

**|"VOLT:DC"|"VOLT:AC"|"FREQuency"|"RESistance"|"FRESistance"|"TEMPerature"|"TCouple"|"NONE"}**

Осуществляет выбор измерительной функции для заданного канал при использовании сканера. Номер канал для режима измерения 4-х проводного сопротивления (команда "FRESistance") можно уставить из числа значений 1, 2, 3, 4 или 5, поскольку остальные каналы участвуют в организации 4-х проводной схемы. Режимы измерения "TEMPerature" и "TCouple" будут доступны в следующих версиях ПО.

#### **ROUTE:SCAN:FUNction? <канал>**

Запрашивает выбранную измерительную функцию для заданного канал при использовании сканера.

#### **ROUTE:SCAN**

Запуска процесса сканирования. Необходимо учитывать, что некоторые параметры сканирования (число активных каналов сканера, время сканирования и т.д.) можно установить только с передней панели вольтметра.

**ROUTE:STATE?**

Запрашивает состояние сканера. Возвращает «0» (неактивный) или «1» (активный).

**ROUTE:TIMER <значение>**

Устанавливает интервал времени сканирования

**ROUTE:TIMER?**

Индیکیрует установленный интервал времени сканирования

**ROUTE:COUNT**

Устанавливает число периодов сканирования

**ROUTE:COUNT?**

Индیکیрует установленное число периодов сканирования

**ROUTE:STEP**

Запуска пошагового режима

## Команды математических операций

Вольтметр может одновременно выполнять одну из пяти математических операций. Каждая операция - это какое-то математическое действие над показанием или запоминание данных какого-то ряда показаний. Данная математическая операция действует, пока пользователь не выключил ее, не переключился на другой род работы, не выключил питание или не осуществил дистанционный сброс. Математические операции используют один или несколько внутренних регистров. В некоторых регистрах можно предварительно устанавливать определенные значения. Другие регистры предназначены для запоминания результатов математической операции.

В таблице показаны допустимые комбинации математическая операция/род работы. При попытке выполнить математическую операцию, комбинация которой с установленным родом работы не разрешена, операция выключается. Если установлена допустимая с данным родом работы математическая операция, а затем изменена на другую, которая недопустима, дистанционный интерфейс выработает сообщение об ошибке "Settings conflict" ("Конфликт установок"). Прежде чем выполнить запись во внутренние регистры при выполнении установки нулевого значения и преобразовании результатов измерения в дБ, нужно сначала включить соответствующую математическую операцию.

	DCV	ACV	DC	ACI	2W	4W	Freq	Per	Cont	Diode
<b>Null</b>	X	X	X	X	X	X	X	X		
<b>Min-Max</b>	X	X	X	X	X	X	X	X		
<b>dB</b>	X	X								
<b>dBm</b>	X	X								
<b>Limit</b>	X	X	X	X	X	X	X	X		

### **CALCulate:FUNCTion {PERCent|AVERAge|NULL|LIMit|MXB|DB|DBM}**

Устанавливает математическую операцию. Одновременно можно включить только одну операцию. По умолчанию включается операция установки нулевого значения. [Запоминается в энергозависимой памяти].

#### **CALCulate:FUNCTion?**

Запрос установленной математической операции. Ответы: PERC, AVER, NULL, LIM, MXB, DB или DBM

### **CALCulate:STATe {OFF|ON}**

Включает или выключает установленную математическую операцию. [Запоминается в энергозависимой памяти].

#### **CALCulate:STATe?**

Запрос состояния математической операции. Ответы "0" (OFF) или "1" (ON).

### **CALCulate:PERCent:TARGet {<значение>|MINimum|MAXimum}**

Устанавливает опорное значение для вычисления процентов от измеренной величины. Это значение сбрасывается при включении min-max, после выключения питания или дистанционного сброса. [Запоминается в энергозависимой памяти].

#### **CALCulate:PERCent:TARGet? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает опорное значение при вычислении процентов.

### **CALCulate:AVERAge:MINimum?**

Считывает минимальное значение, найденное операцией min-max. Это значение сбрасывается при включении min-max, после выключения питания или дистанционного сброса. [Запоминается в энергозависимой памяти].

### **CALCulate:AVERAge:MAXimum?**

Считывает максимальное значение, найденное операцией min-max. Это значение сбрасывается при включении min-max, после выключения питания или дистанционного сброса. [Запоминается в энергозависимой памяти].

**CALCulate:AVERAge:AVERAge?**

Считывает среднее значение, найденное операцией min-max. Это значение сбрасывается при включении операции min-max, после выключения питания или дистанционного сброса. [Запоминается в энергозависимой памяти].

**CALCulate:AVERAge:COUNT?**

Считывает количество показаний, снятых после включения min-max. Это значение сбрасывается при включении min-max, после выключения питания или дистанционного сброса. [Запоминается в энергозависимой памяти].

**CALCulate:NULL:OFFSet { <значение> | MINimum | MAXimum }**

Запоминает нулевое значение в регистре Null Register. Перед записью в этот регистр требуется сначала включить данную математическую операцию. Нулевое значение может быть любым числом между 0 и  $\pm 120$  % от наивысшего предела для данной операции. MIN = -120 % от наивысшего предела, MAX = 120 % от наивысшего предела. [Запоминается в энергозависимой памяти].

**CALCulate:NULL:OFFSet? [MINimum | MAXimum]**

Запрашивает нулевое значение.

**CALCulate:LIMit:LOWer { <значение> | MINimum | MAXimum }**

Устанавливает нижний предел для контроля по диапазону значений. Может быть любым значением между 0 и  $\pm 120$  % от наивысшего предела для установленного рода работы. MIN = -120 % от наивысшего предела. MAX = 120 % от наивысшего предела. [Запоминается в энергозависимой памяти].

**CALCulate:LIMit:LOWer? [MINimum | MAXimum]**

Запрашивает значение нижнего предела.

**CALCulate:LIMit:UPPer { <значение> | MINimum | MAXimum }**

Устанавливает верхний предел для проверки по диапазону значений. Может быть любым значением между 0 и  $\pm 120$  % от наивысшего предела для установленного рода работы. MIN = -120 % от наивысшего предела. MAX = 120 % от наивысшего предела. [Запоминается в энергозависимой памяти].

**CALCulate:LIMit:UPPer? [MINimum | MAXimum]**

Запрашивает значение верхнего предела.

**CALCulate:MXB:MMFactor { <значение> | MINimum | MAXimum }**

Устанавливает значение M.

**CALCulate:MXB:MMFactor? [MINimum | MAXimum]**

Запрашивает значение M.

**CALCulate:MXB:MBFactor { <значение> | MINimum | MAXimum }**

Устанавливает значение B.

**CALCulate:MXB:MBFactor? [MINimum | MAXimum]**

Запрашивает значение B.

**CALCulate:DB:REFeRence { <значение> | MINimum | MAXimum }**

Устанавливает опорную величину для преобразования результатов измерения в дБ. Необходимо включить математическую функцию перед записью опорной величины. Возможно установить значение опорной величины от 0 dB до  $\pm 200$  dB. [Запоминается в энергозависимой памяти].

**CALCulate:DB:REFeRence? [MINimum | MAXimum]**

Запрашивает значение опорной величины.

**CALCulate:DBM:REFeRence { <значение> | MINimum | MAXimum }**

Устанавливает величину образцовой меры для преобразования результатов измерения в дБм. Варианты для выбора: 50, 75, 93, 110, 124, 125, 135, 150, 250, 300, 500, 600, 800, 900, 1000, 1200 или 8000 Ом. MIN = 50 Ом. MAX = 8000 Ом. [Запоминается в энергозависимой памяти].

#### **CALCulate:DBM:REFeRence? [MINimum| MAXimum]**

Запрашивает установленную величину образцовой меры сопротивления.

#### **DATA:FEED RDG\_STORE,{“CALCulate”|“”}**

Выбирает одно из двух состояние использования внутренней памяти вольтметра – одно при котором результаты измерений записываются во внутреннюю память вольтметра; всего до 2000 результатов измерений и это состояние устанавливается по умолчанию. Команда ДУ имеет вид **DATA:FEED RDG\_STORE,“CALC”**. , Команды «MEASure?» и «CONFigure» автоматически устанавливают флаг в положение “CALC”. Или результаты измерений не запоминаются во внутреннюю память. Команда ДУ имеет вид **DATA:FEED RDG\_STORE,“”**, считывание происходит по команде «INITiate». Этот режим может быть использован при регистрации Min/Max значений без регистрации средних значений и индивидуальных значений. В этом случае при использовании команды «FETCh?» будет выдано сообщение об ошибке.

#### **DATA:FEED?**

Запрашивает состояние памяти записи. Ответы “CALC” или “”.

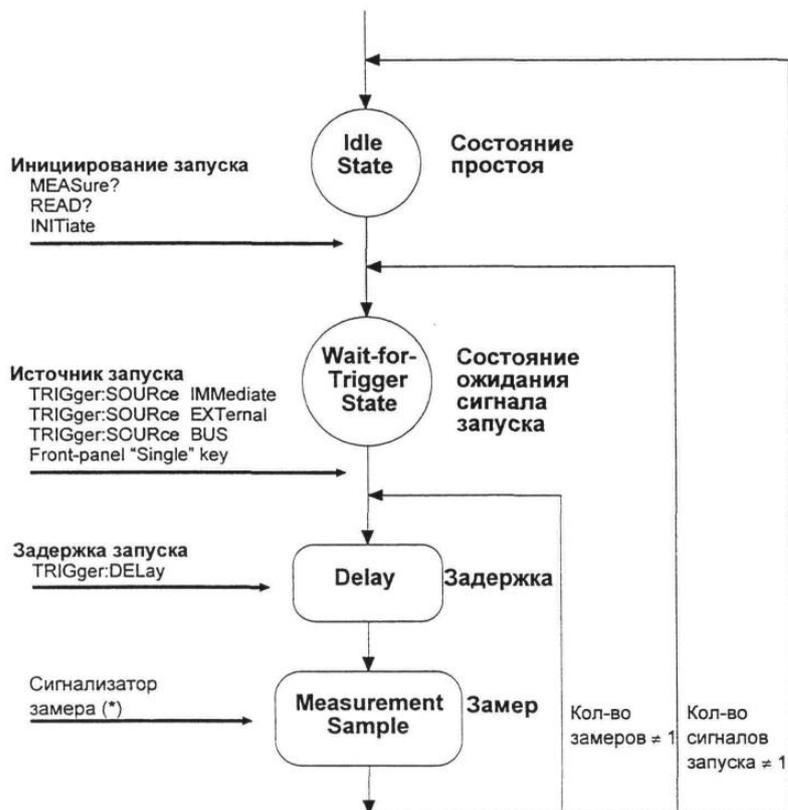
#### **Команды запуска**

Система запуска вольтметра позволяет формировать сигналы запуска либо вручную, либо автоматически, снимать несколько показаний по одному сигналу запуска и вводить задержку перед снятием каждого показания. Обычно вольтметра снимает одно показание при получении сигнала запуска, но можно запрограммировать его на снятие множества показаний (до 50000) по одному сигналу запуска.

Дистанционный запуск вольтметра является многоступенчатым процессом, обеспечивающим гибкость запуска.

- Во-первых, пользователь должен сконфигурировать вольтметр для выполнения измерения, установив род работы, предел, разрешающую способность и т.д.
- Затем пользователь должен установить источник, от которого вольтметр будет принимать сигнал запуска. В качестве источника запуска могут быть использованы: дистанционный программный сигнал запуска (по интерфейсной шине), аппаратный сигнал запуска от гнезда «Внеш Запуск» или внутренний немедленный запуск.
- Затем пользователь должен убедиться, что вольтметр готов принимать сигнал запуска от установленного источника (эта готовность называется состоянием ожидания сигнала запуска).

Функциональная схема системы:



### Состояние ожидания сигнала запуска

После конфигурирования вольтметра и выбора источника сигнала запуска пользователь должен установить вольтметр в состояние ожидания сигнала запуска. Сигнал запуска не будет принят до тех пор, пока вольтметр не будет установлен в это состояние. Если сигнал запуска присутствует, и вольтметр находится в состоянии "ожидание сигнала запуска", начнется последовательность измерительных операций, и будут сниматься показания.

Состояние "ожидание сигнала запуска" - это термин, который используется главным образом для дистанционного управления. В режиме управления с передней панели вольтметр всегда находится в состоянии "ожидание сигнала запуска" и будет принимать сигналы запуска в любой момент, если уже не находится в процессе выполнения измерения.

Можно перевести вольтметр в состояние "ожидания сигнала запуска", исполнив любую из следующих команд от дистанционного интерфейса.

MEASure?  
READ? INITiate

После посылки команды вольтметру потребуется приблизительно 20 мс (время установления) на переход в состояние "ожидание сигнала запуска". Любые сигналы запуска, которые возникают в течение этого времени установления, игнорируются.

### Команды запуска INITiate

Переводит систему запуска из состояния "простоя" в состояние "ожидание сигнала запуска". Измерения начинаются после приема команды INITiate при соблюдении заданных условий запуска. Показания помещаются во внутреннюю память вольтметра (можно запомнить до 2000 показаний). Показания хранятся в памяти, пока пользователь не считывает их. Для выборки показаний рекомендуется использовать FETCH?

При использовании вместе с операцией min-max команда DATA:FEED RDG\_STORE позволяет определить среднее значение от снятых показаний, не запоминая каждое конкретное показание.

DATA:FEED RDG\_STORE, "" не запоминать показания DATA:FEED RDG\_STORE, "CALCulate" запоминать показания (по умолчанию).

### READ?

Переводит систему запуска из состояния "простоя" в состояние "ожидание сигнала запуска". Измерения начинаются после приема команды READ? при соблюдении заданных условий запуска. Показания немедленно пересылаются в буфер вывода.

#### **TRIGger:SOURce {BUS|IMMediate|EXTernal}**

Устанавливает источник сигнала запуска: программный запуск (по шине), внутренний немедленный запуск (по умолчанию) или аппаратный запуск от гнезда «Внеш Запуск» (внешний запуск) на задней панели. [Запоминается в энергозависимой памяти].

#### **TRIGger:SOURce?**

Запрос установленного источника запуска. Ответы: "BUS" (по шине), "IMM"(немедленный) или "EXT" (внешний).

#### **TRIGger:DELAy { <секунды> | MINimum | MAXimum }**

Вводит задержку между сигналом запуска и каждым следующим за ним замером. Если задержка запуска не задана, вольтметр сам автоматически установит ее. Может быть установлена от 0 до 3600 секунд. MIN = 0 секунд, MAX = 3600 секунд. [Запоминается в энергозависимой памяти].

#### **TRIGger:DELAy? [MINimum | MAXimum ]**

Запрос значения задержки запуска.

#### **TRIGger:DELAy:AUTO {OFF|ON}**

Выключает или включает режим автоматической задержки запуска. Величина задержки устанавливается в зависимости от рода работы, предела, времени интегрирования и установленного фильтра. Установка конкретной величины задержки запуска автоматически выключает режим автоматической задержки запуска [Запоминается в энергозависимой памяти]..

#### **TRIGger:DELAy:AUTO?**

Запрос об установке режима автоматической задержки запуска. Возможные ответы: "0" (OFF - ВЫКЛ.) или "1" (ON - ВКЛ.).

#### **SAMPlE:COUNt { <значение> | MINimum | MAXimum }**

Устанавливает количество показаний (замеров) на один сигнал запуска. Можно установить от 1 до 50000 показаний за один сигнал запуска. MIN = 1. MAX = 50000. [Запоминается в энергозависимой памяти].

#### **SAMPlE:COUNt? [MINimum|MAXimum]**

Запрашивает количество замеров на один сигнал запуска.

### **Системные команды**

#### **FETCh?**

Пересылает показания, запомненные во внутренней памяти вольтметра по команде INITiate, в буфер вывода вольтметра, откуда их можно считать в контроллер шины.

#### **READ?**

Переводит систему запуска из состояния "простоя" в состояние "ожидание запуска". Измерения начинаются после приема команды READ? при соблюдении заданных условий запуска. Показания немедленно передаются в буфер вывода.

#### **DISPlay {OFF|ON}**

Выключает или включает индикатор передней панели. [Запоминается в энергозависимой памяти].

#### **DISPlay?**

Запрашивает установку индикатора передней панели на текущий момент. Возможные ответы: "0" (OFF - ВЫКЛ.) или "1" (ON - ВКЛ.).

#### **DISPlay:TEXT <'текст'>**

Выводит сообщение на индикатор передней панели. Текст вводится только буквами латинского алфавита в кавычках. Вольтметр в состоянии вывести на индикатор до 12 символов в одном сообщении, любые символы сверх этого количества отсекаются. [Запоминается в энергозависимой памяти].

#### **DISPlay:TEXT?**

Запрос сообщения, посланного на переднюю панель. Возвращает строку в кавычках.

#### **DISPlay:TEXT:CLEAr**

Очищает индикатор передней панели от выведенного на него сообщения.

#### **SYSTem:BEEPer**

Немедленно выдает однократный звуковой сигнал.

#### **SYSTem:BEEPer:STATe {OFF|ON}**

Выключает или включает звуковой сигнализатор передней панели.

[Запоминается в энергонезависимой памяти].

При выключении звукового сигнализатора вольтметр прекращает выдавать звуковые сигналы в следующих случаях:

- 1) при обнаружении нового минимума/максимума во время операции min-max;
- 2) при захвате стабильного показания в режиме удерживания показания на индикаторе;
- 3) при превышении любого из пределов в процессе выполнения контроля по диапазону значений;
- 4) при измерении прямосмещенного диода в режиме испытания диодов.

#### **SYSTem:BEEPer:STATe?**

Запрос состояния звукового сигнализатора передней панели. Возможные ответы: "0" (OFF - ВЫКЛ.) или "1" (ON - ВКЛ.).

#### **SYSTem:ERRor?**

Запрос очереди ошибок вольтметра. В этой очереди может быть запомнено до 20 сообщений об ошибках. Эти сообщения могут выбираться из очереди в соответствии алгоритмом FIFO (первым введено - первым выведено). Каждая строка сообщения об ошибке может содержать до 80 символов.

#### **SYSTem:VERSion?**

Запрос текущей версии SCPI.

#### **DATA:POINTs?**

Запрос о количестве запомненных во внутренней памяти показаний.

#### **\*RST**

Сбрасывает вольтметр в состояние, устанавливаемое после включения питания.

#### **\*IDN?**

Считывает идентификационную строку вольтметры – типа прибора, версии ПО, серийный номер и т.д. Пользователь обязан установить строковую переменную по меньшей мере на 35 символов.

#### **\*TST?**

Выполняет полное самотестирование вольтметра. Возвращает "0" - если самопроверка прошла успешно или "1", если самопроверка не прошла. **ВНИМАНИЕ:** при выполнении этой команды все входные гнезда должны быть отключены от соединительных проводов!

#### **Прочие команды**

#### **SYSTem:LOCal**

Переводит вольтметр в режим местного управления. Все органы управления на передней панели становятся полностью функциональными.

## **SYSTem:REmote**

Переводит вольтметр в режим дистанционного управления. Все органы управления на передней панели отключаются, за исключением кнопки «МУ», которая отключает режим ДУ.

### **13.5 Модель состояний SCPI**

Во всех приборах, работающих с SCPI, регистры состояния реализованы одинаково. Система состояний регистрирует различные состояния прибора в трех группах регистров: регистре байта состояния, регистре стандартного события и регистре проверяемых данных. Регистр байта состояния регистрирует высокоуровневую суммарную информацию, о которой сообщается в остальных группах регистров. Система состояний SCPI проиллюстрирована схемой на следующей странице.

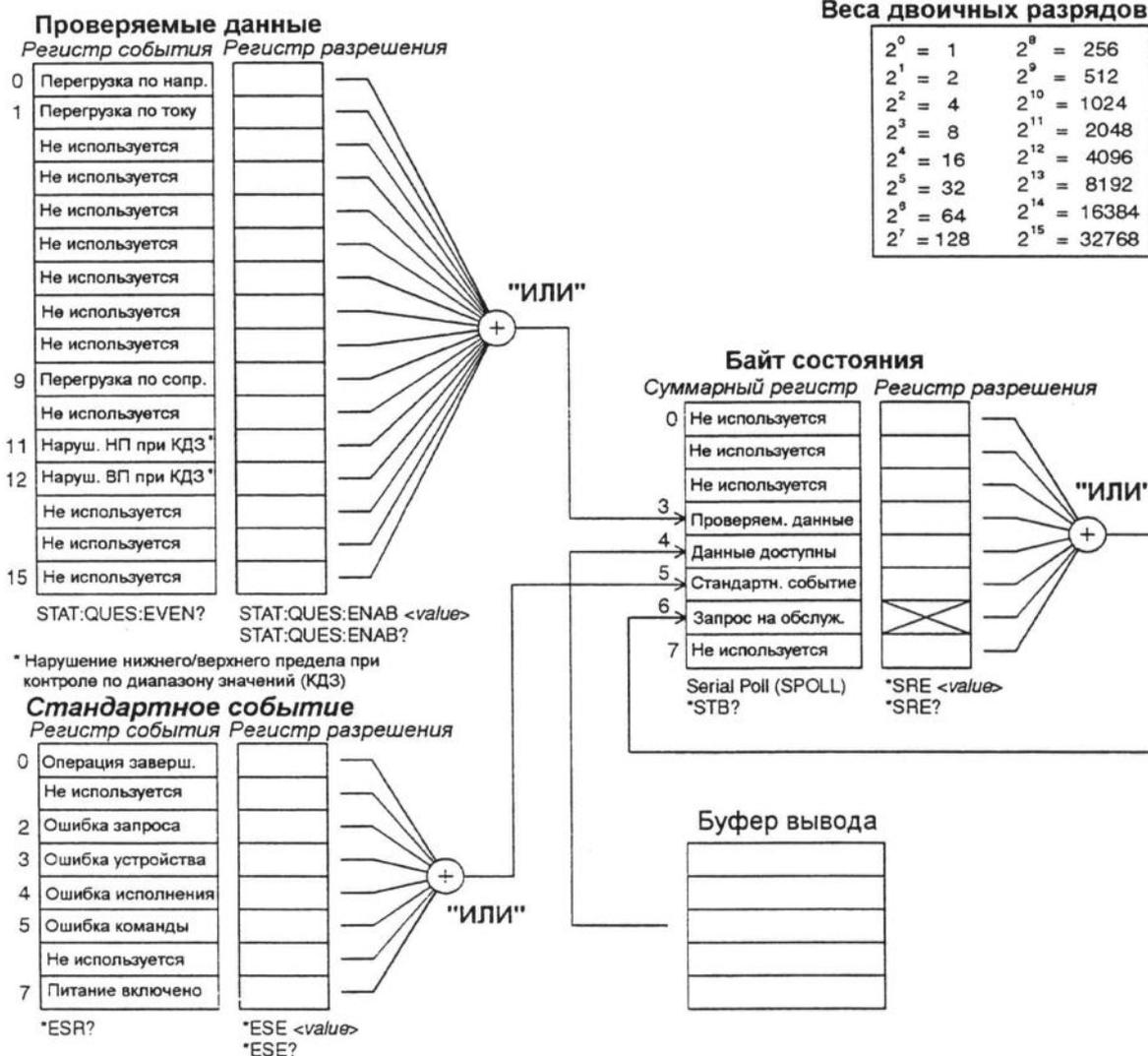
Раздел «Прикладные программы» содержит пример программы, показывающей, как использовать регистры состояния. К этой программе рекомендуется обратиться после прочтения следующего подраздела.

#### **Назначение регистра события**

Регистры стандартного события и проверяемых данных имеют в своем составе регистры событий. Регистр события - это регистр только для считывания, который сообщает об определенных состояниях в вольтметре. Разряды регистров события защелкиваются. Всякий раз после установки разряда события последующие изменения состояния игнорируются. Разряды в регистре события автоматически очищаются при запросе к этому регистру (\*ESR? Или STAT: QUES: EVEN?) или командой \*CLS. Разряды в регистрах события не очищаются командами сброса (\*RST?) или очистки устройства. В ответ на запрос к регистру события выдается десятичное значение, соответствующее двоично-взвешенной сумме всех установленных в регистре разрядов.

#### **Назначение регистра разрешения**

Регистр разрешения определяет, какие разряды в соответствующем регистре события объединяются по ИЛИ для формирования одного суммарного разряда. Регистры разрешения доступны как для считывания, так и для записи. Запрос к регистру разрешения не приводит к его очистке. Регистры разрешения не очищаются и командой \*CLS, однако последняя очищает разряды регистров события. Регистр разрешения проверяемых данных очищается командой STATus:PRESet. Для включения разрядов в регистре разрешения следует записать десятичное значение, которое соответствует двоично-взвешенной сумме этих разрядов.



### Байт состояния

Суммарный регистр байта состояния сообщает о состояниях в других регистрах состояния. О запрашиваемых данных, ожидающих в буфере вывода вольтметра, немедленно сообщается через разряд "данные доступны" (разряд 4). Разряды суммарного регистра не защелкиваются. Очистка регистра события приводит к очистке соответствующих разрядов суммарного регистра байта состояния. Считывание всех сообщений из буфера вывода, включая любые ожидающие запросы, очистит разряд "данные доступны".

### Назначение разрядов регистра байта состояния

Разряд	Десятичное значение	Назначение
0 Не используется	1	Всегда установлен на 0
1 Не используется	2	Всегда установлен на 0
2 Не используется	4	Всегда установлен на 0
3 Проверяемые данные	8	В регистре проверяемых данных установлены один или несколько разрядов (в регистре разрешения разряды должны быть "включены")
4 Данные доступны	16	В буфере вывода вольтметра данные доступны
5 Стандартное событие	32	В регистре стандартного события установлены один или несколько разрядов (в регистре разрешения разряды должны быть "включены")
6 Запрос на обслуживание	64	Вольтметр запрашивает обслуживание
7 Не используется	128	(последовательный опрос)

Суммарный регистр байта состояния очищается в следующих случаях:

- Пользователь исполнил команду \*CLS (сброс состояния).
- Обращение к регистрам стандартного события и проверяемых данных очистит только соответствующие разряды суммарного регистра.

Регистр разрешения байта состояния (запрос на обслуживание) очищается, в следующих случаях:

- Пользователь включил питание, но предварительно сконфигурировал вольтметр командой \*PSC 1.
- Пользователь исполнил команду \*SRE 0.

Если вольтметр предварительно сконфигурирован командой \*PSC 0, то при включении питания регистр разрешения байта состояния не очищается.

### **Использование запроса на обслуживание (SRQ) и последовательного опроса (Serial POLL).**

Необходимо сконфигурировать контроллер шины так, чтобы он реагировал на прерывание запроса на обслуживание (SRQ), предусмотренного стандартом IEEE-488. Для выбора конкретных разрядов суммарного регистра которые установят низкоуровневый сигнал SRQ стандарта IEEE-488, рекомендуется использовать регистр разрешения байта состояния. Если разряд 6 ("Запрос на обслуживание") байта состояния установлен, сообщен о прерывании SRQ автоматически передается в контроллер шины. Затем контроллер шины может опросить подключенные к шине Вольтметры, чтобы определить, какой из них запросил обслуживание (тот у которого установлен разряд 6 в байте состояния). Разряд запроса на обслуживание может быть очищен только путем считывания байта состояния при последовательном опросе в соответствии со стандартом IEEE-488, или посредством считывание регистра события, чей разряд в суммарном регистре вызвал запрос на обслуживание.

Для считывания суммарного регистра байта состояния следует передать сообщение последовательного опроса стандарта IEEE-488. В ответ на это будет получено десятичное число, равное двоично-взвешенной сумме разрядов, установленных в суммарном регистре. Последовательный опрос автоматически очистит разряд "запрос на обслуживание" в суммарном регистре байта состояния. На состояние остальных разрядов эти операции никакого влияния не окажут. Выполнение последовательного опроса никаким образом не повлияет также и на производительность приборов.

**Внимание:** Стандарт IEEE-488 не обеспечивает установления синхронизации между программой контроллера шины, применяемой пользователем, и измерительным прибором. Чтобы гарантировать завершение исполнения команд, переданных прибору ранее, рекомендуется использовать команду \*OPC?. Исполнение последовательного опроса до завершения исполнения \*RST, \*CLS или других команд может вызвать сообщения о ранее установившихся условиях.

### **Использование \*STB? для считывания байта состояния**

Команда \*STB? (запрос байта состояния) похожа на последовательный опрос, за исключением того, что она обрабатывается как любая другая приборная команда. Команда \*STB? дает такой же результат, за исключением того, что разряд 6 ("запрос на обслуживание") не очищается как при последовательном опросе. Команда \*STB? не обрабатывается автоматически аппаратной частью интерфейса шины IEEE-488, она будет исполнена только после завершения исполнения предыдущих команд. Опрос невозможно выполнить с использованием команды \*STB?. При исполнении команды \*STB? суммарный регистр байта состояния не очищается.

Прерывание контроллера шины с использованием SRQ

- Послать сообщение об очистке устройства.
- Очистить регистры событий командой \*CLS (clear status - сброс состояния).
- Включить регистры разрешения (маски) для регистра стандартного события командой \*ESE и для регистра байта состояния командой \*SRE.

• Послать \*OPC? (запрос завершения операции) и получить результат для обеспечения синхронизации.

- Разрешить прерывание контроллера шины по сигналу SRQ стандарта IEEE-488 (запрос на обслуживание).

Определение окончания последовательности команд

- Послать сообщение об очистке устройства, чтобы очистить буфера вывода.
- Очистить регистры события командой \*CLS (сброс состояния).
- Разрешить разряд "Операция завершена" в регистре стандартного события, используя команду \*ESE 1.
  - Послать \*OPC? (запрос завершения операции) и получить результат для обеспечения синхронизации.
  - Послать запрограммированную командную строку, поместив в конце этой строки команду \*OPC (команда завершения операции).
  - Для проверки установки разряда 5 ("Стандартное событие") в суммарном регистре байта состояния следует использовать последовательный опрос. Можно также сконфигурировать вольтметр для формирования прерывания SRQ (Запрос на обслуживание), послав команду \*SRE 32 (регистр разрешения байта состояния, разряд 5).

### **Использование разряда "данные доступны" (MAV)**

Можно использовать разряд 4 ("Данные доступны"), чтобы определить, когда данные станут доступны для считывания в контроллер шины. Вольтметр устанавливает разряд 4 при появлении запуска для снятия первого показания (например, TRIGger: SOURce: IMMEDIATE). Впоследствии вольтметр очищает разряд 4 только после считывания всех сообщений из буфера вывода.

Разряд суммарного регистра "данные доступны" (MAV) может только указать, когда станет доступным первое показание, следующее после команды READ?. Это может быть полезно, если пользователь не знает, когда произойдет событие запуска, например, по шине BUS или внешнего EXTERNAL.

При использовании команды INITiate с последующей командой FETCh? разряд 4 устанавливается только после завершения всех заданных измерений. При исполнении команды INITiate все показания помещаются во внутреннюю память вольтметра. Исполнение команды FETCh? приводит к пересылке показаний (запомненных во внутренней памяти командой INITiate) в буфер вывода вольтметра. Именно по этой причине разряд MAV может быть установлен только после завершения всех измерений.

Использование \*OPC (команды завершения операции) для сигнализации о том, что данные находятся в буфере вывода

Обычно в качестве сигнала о завершении исполнения последовательности команд лучше всего использовать разряд 0 ("Операция завершена") регистра стандартного события. Этот разряд устанавливается в регистре после исполнения команды \*OPC. Если пользователь передает команду \*OPC после команды, которая загружает какое-то сообщение в буфер вывода вольтметра (это могут быть данные показаний или запросов), он может использовать разряд "Операция завершена" для определения момента доступности упомянутого сообщения. Однако при выработке слишком большого числа сообщений, когда после каждого из них последовательно исполняется команда \*OPC, буфер вывода заполнится и вольтметр прекратит снимать показания.

### **Регистр стандартного события**

Регистр стандартного события сообщает о следующих видах приборных событий: обнаружение включения питания, ошибки синтаксиса команды, ошибки исполнения команды, ошибки самопроверки или калибровки, ошибки запроса или исполнение команды \*OPC. О любых или всех этих условиях можно сообщить, используя разряд 5 ("Стандартное событие") в суммарном регистре. Для установки маски в регистре разрешения нужно записать десятичное значение, используя команду \*ESE (разрешение состояния стандартного события).

Условие ошибок (разряды 2, 3, 4 или 5 регистра стандартного события) всегда записывает в очередь одну или несколько ошибок, кроме следующего случая. Очередь ошибок считывается командой SYSTem:ERRor?.

Об условии перегрузки показаний всегда сообщается в регистре стандартного события (разряд 3) и в регистре проверяемых данных (разряды 0, 1 или 9). Однако никаких сообщений в очередь ошибок не записывается.

## Назначение разрядов регистра стандартного события.

Разряд	Десятичное значение	Назначение
0 Операция завершена	1	Все команды, предшествовавшие команде *OPC, и сама команда *OPC исполнены
	2	Всегда установлен на 0
1 Не используется	4	Вольтметр попытался считать буфер вывода, но тот оказался пустым. Или новая командная строка была принята до окончания считывания предыдущего запроса. Или оба буфера (ввода и вывода) заполнены
2 Ошибка запроса	8	Возникла ошибка самопроверки, калибровки или перегрузки показаний (см. номера ошибок с 501 по 748)
3 Ошибка устройства	6	Возникла ошибка исполнения (см. номера ошибок с -21 1 по -230)
4 Ошибка исполнения	32	Возникла ошибка синтаксиса команды (см. номера ошибок с -101 по -158)
5 Ошибка команды	64	Всегда установлен на 0
	128	С момента последнего считывания или очистки регистра событий было выключено, а затем включено питание сети
6 Не используется		
7 Питание включено		

Регистр стандартного события очищается в следующих случаях:

- После передачи команды \*CLS (сброс состояния).
- После запроса регистра события командой \*ESR? (запрос регистра состояния стандартного события).

Регистр разрешения стандартного события очищается в следующих случаях:

- После включения питания, если перед этим вольтметр был сконфигурирован командой \*PSC 1 (сброс состояния при включении питания).
- после исполнения команды \*ESE 0 (разрешение состояния стандартного события).

Регистр разрешения стандартного события не очищается при включении питания, если пользователь предварительно сконфигурировал вольтметр командой \* PSC 0 (сброс состояния при включении питания).

### Регистр проверяемых данных

Регистр проверяемых данных дает информацию о качестве результатов измерения, выполняемых вольтметром. В нем сообщается о состояниях перегрузки и результатах контроля по диапазону значений (верхнему и нижнему пределам). О любых или всех этих условиях можно сообщить, используя разряд 3 ("Проверяемые данные") в суммарном регистре. Для установки маски в регистре разрешения нужно записать десятичное значение, используя команду STATus: QUEStionable: ENABle .

Примечание: Условие перегрузки показаний всегда сообщается в регистре стандартного события (разряд 3) и в регистре события проверяемых данных (разряды 0, 1 или 9). Однако никаких сообщений об ошибках в очередь ошибок вольтметра не записывается.

### Назначение разрядов регистра проверяемых данных

Разряд	Десятичное значение	Назначение
0 Перегрузка по напр.	1	Перегрузка предела при родах работы: постоянное и переменное напряжение, частота, период, испытание диодов, отношение
1 Перегрузка по току	2	Перегрузка предела при родах работы: постоян. и перем. токи
2 Не используется	4	Всегда установлен на 0
3 Не используется	8	Всегда установлен на 0
4 Не используется	16	Всегда установлен на 0
5 Не используется	32	Всегда установлен на 0
6 Не используется	64	Всегда установлен на 0
7 Не используется	128	Всегда установлен на 0
8 Не используется	256	Всегда установлен на 0
9 Перегрузка по сопр.	512	Перегрузка предела при 2-или 4-пров. измерениях сопротивления
10 Не используется	1024	Всегда установлен на 0
11 Нарушение нижн. предела.	2048	При контроле по диапазону значений показание менее нижнего предела
12 Нарушение верхн. предела	4096	При контроле по диапазону значений показание выше верхнего предела
13 Не используется	8192	Всегда установлен на 0
14 Не используется	16384	Всегда установлен на 0
15 Не используется	32768	Всегда установлен на 0

Регистр события проверяемых данных очищается в следующих случаях:

- После исполнения команды \*CLS (сброс состояния).
- После запроса регистра события командой STATus:QUESTionable:EVENT?.

Регистр разрешения проверяемых данных очищается в следующих случаях:

- После включения питания (команда \*PSC не применяется).
- После исполнения команды STATus:PRESet.
- После исполнения команды STATus:QUESTionable rENABLE 0.

#### Команды отчета о состоянии SYSTem:ERRor?

Запрос очереди ошибок вольтметра. В очереди можно запомнить до 20 ошибок. Сообщения об ошибках выбираются из очереди по алгоритму FIFO (первым введено - первым выведено). Каждая строка ошибки может содержать до 80 символов.

#### STATus:QUESTionable:ENABle <enable value>

Устанавливает разряды в регистре разрешения (регистре маски) проверяемых данных. Установленные разряды затем сообщаются байту состояния.

#### STATus:QUESTionable:ENABle?

Запрос регистра разрешения проверяемых данных. Вольтметр выдает в ответ двоично-взвешенное десятичное число, представляющее установленные разряды регистра разрешения.

#### STATus:QUESTionable:EVEnt?

Запрос регистра события проверяемых данных. Вольтметр выдает в ответ десятичное значение, которое соответствует двоично-взвешенной сумме всех разрядов, установленных в регистре.

#### STATus:PRESet

Очищает все разряды в регистре разрешения проверяемых данных.

#### \*CLS

Очищает суммарный регистр байта состояния и все регистры события.

#### **\*ESE <enable value>**

Устанавливает разряды в регистре разрешения (регистре маски) стандартного события. Установленные разряды затем сообщаются байту состояния.

#### **\*ESE?**

Запрос регистра разрешения стандартного события. Вольтметр выдает в ответ десятичное число, соответствующее двоично-взвешенной сумме всех разрядов, установленных в регистре.

#### **\*ESR?**

Запрос регистра стандартного события. Вольтметр выдает в ответ десятичное значение, соответствующее двоично-взвешенной сумме всех разрядов, установленных в регистре.

#### **\*OPC**

Устанавливает разряд 0 ("Операция завершена") в регистре стандартного события после исполнения команды.

#### **\*OPC?**

Выдает в ответ " 1" в буфер вывода после исполнения команды.

#### **\*PSC {0|1}**

Установка сброса состояния при включении питания. Очищает регистры разрешения (маски) байта состояния и стандартного события при включении питания (\* PSC 1). Если исполнится команда \* PSC 0, то регистры разрешения байта состояния и стандартного события при включении питания не очищаются. [Запоминается в энергонезависимой памяти].

#### **\*PSC?**

Запрос установки сброса состояния при включении питания. Вольтметр выдаете ответ "0"(\*PSC 0) или "1" (\*PSC 1).

#### **\* SRE <enable value>**

Устанавливает разряды в регистре разрешения (регистре маски) байта состояния.

#### **\*SRE?**

Запрос регистра разрешения байта состояния. Вольтметр выдает в ответ десятичное значение, которое соответствует двоично-взвешенной сумме всех разрядов, установленных в регистре.

#### **\*STB?**

Запрос суммарного регистра байта состояния. Запрос STB? аналогичен последовательному опросу, но обрабатывается как и любая другая приборная команда. Запрос STB? выдает в ответ тот же результат, что и последовательный опрос, но разряд 6 ("Запрос на обслуживание") в этом случае не очищается.

### **13.6 Сообщения об ошибках**

- Выборка ошибок выполняется по алгоритму FIFO. Первой выводится ошибка, которая была первой запомнена. После считывания всех ошибок из очереди световой сигнализатор ERROR (Ошибка) выключается. Всякий раз при выработке сообщения об ошибке звуковой сигнализатор прибора выдает звуковой сигнал.
- Если возникло более 20 ошибок, то последняя ошибка, запомненная в очереди (самая поздняя по времени), заменяется кодом - 350, "Too many errors" (Слишком много ошибок). Никакие дополнительные ошибки не запоминается до тех пор, пока не будут считаны уже имеющиеся ошибки. Если никаких ошибок не произошло к моменту считывания очереди ошибок, прибор отвечает сообщением + 0, "No error" (Ошибки нет).
- При выключении сети питания или после исполнения команды \*CLS (clear status - сброс состояния) очередь ошибок очищается. Команда \*RST (reset -сброс) очереди ошибок не очищает .
- Дистанционное управление:  
SYSTem:ERRor? Считывает одну ошибку из очереди ошибок  
Ошибки имеют следующий формат (строка ошибки может содержать до 80 символов):  
-113,"Undefined header"

## 14 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Следующие инструкции предназначены только для квалифицированного персонала. С целью избежания поражения электрическим током, не следует производить никаких операций, отличающихся от указанных в настоящем руководстве по эксплуатации. Все операции по техническому обслуживанию должен выполнять персонал, обладающий надлежащей квалификацией без отступления от требований и рекомендаций.

### 14.1 Номинальные характеристики и тип предохранителя

Если предохранитель перегорел, прибор не будет работать. Постарайтесь определить и устранить причину перегорания предохранителя, затем замените предохранитель в соответствии с номинальными характеристиками и типом, указанным на вольтметре:

**Внимание.** Для обеспечения противопожарной безопасности заменяйте предохранители только на 250 В предохранители указанного типа и номинальных характеристик; перед заменой предохранителя отключите сетевой шнур.

### 14.2 Замена предохранителя

Для постоянной защиты прибора от перегорания, заменяйте предохранитель только на указанный тип (см. табл.). До замены обязательно отключите кабель питания от сети.

Предохранители сгорают только тогда, когда прибор находится вне номинальных режимов работы. Необходимо обнаружить причину сгорания до замены предохранителя. Удостоверьтесь, что при замене используется нужный тип предохранителя.

Проверьте установки выбора напряжения питания на задней панели прибора. Если установки не соответствуют вашей сети питания, то измените их.

#### Порядок замены предохранителя

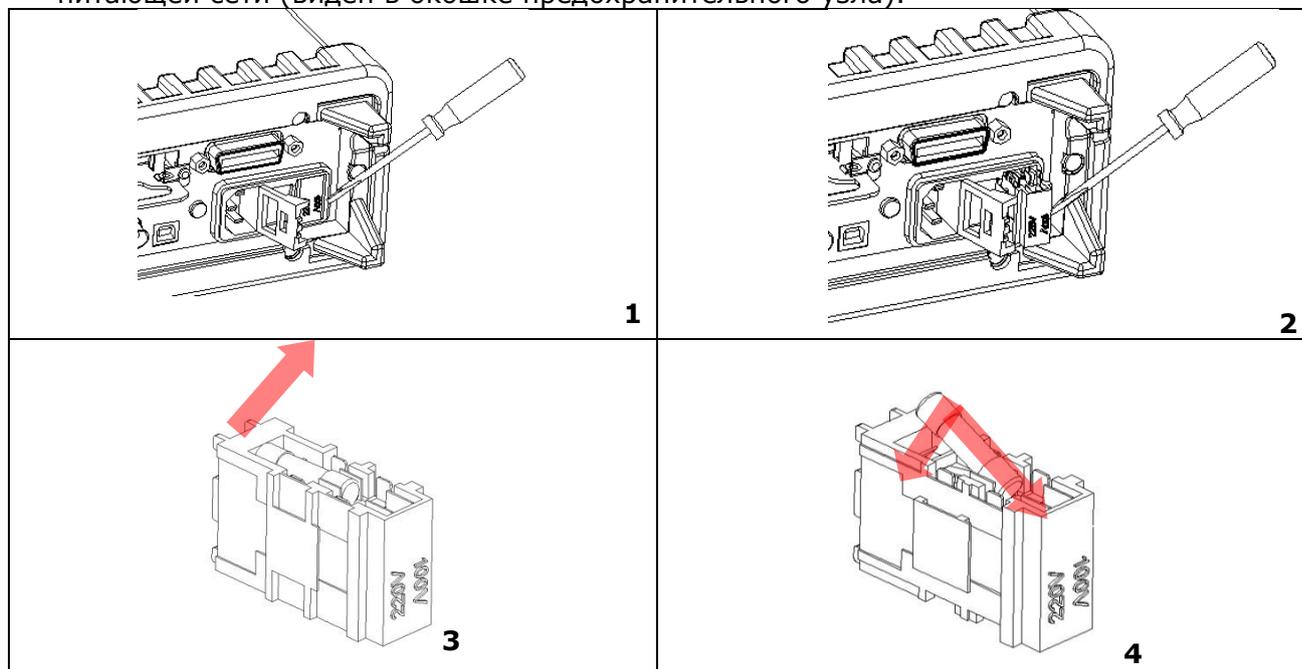
Отсоедините от прибора кабель питания

Поддеть отверткой с плоским жалом держатель сетевого предохранителя и аккуратно его извлечь из корпуса прибора (1-2).

Извлечь (по стрелке) перегоревший предохранитель из держателя (3).

Установить (по стрелке) новый предохранитель (4).

Разместить держатель в корпусе прибора с соблюдением номинала напряжения питающей сети (виден в окошке предохранительного узла).



### 14.3 Чистка и уход за поверхностью

Для чистки прибора используйте мягкую ткань, смоченную в мыльном растворе. Не распыляйте чистящее средство непосредственно на прибор, так как раствор может проникнуть вовнутрь и вызвать, таким образом, повреждение.

Не используйте химикаты (едкие и агрессивные вещества), содержащие бензин, бензол, толуол, ксилол, ацетон или аналогичные растворители. **Запрещается использовать для чистки абразивные вещества.**

## **15 ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ**

Прибор, поступающий на склад потребителя, может храниться в упакованном виде в течение одного года.

### **15.1 Условия хранения прибора:**

*Отапливаемые хранилища:*

температура воздуха от +5°C до +40°C,  
относительная влажность до 80% при температуре +25°C.

*Неотапливаемые хранилища:*

температура воздуха от минус 5°C до +40°C,  
относительная влажность воздуха до 98% при температуре + 25°C.

В помещениях для хранения не должно быть пыли, паров, кислот, щелочей, вызывающих коррозию.

### **15.2 Длительное хранение**

Длительное хранение прибора осуществляется в капитальном отапливаемом хранилище в условиях:

1. температура воздуха от +5 °C до +40 °C;
2. относительная влажность воздуха до 80 % при температуре +25°C и ниже без конденсации влаги.

Срок хранения прибора 10 лет.

В течение срока хранения прибор необходимо включать в сеть не реже одного раза в год для проверки работоспособности.

На период длительного хранения и транспортирования производится обязательная консервация прибора.

## **16 ПРАВИЛА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ**

### **16.1 Тара, упаковка и маркировка упаковки**

Для обеспечения сохранности прибора при транспортировании применена укладочная коробка с амортизаторами из пенопласта.

Упаковка прибора производится в следующей последовательности:

1. коробку с комплектом комбинированным (ЗИП) уложить в отсек на дно укладочной коробки;
2. прибор поместить в полиэтиленовую упаковку, перевязать шпагатом и поместить в коробку;
3. эксплуатационную документацию поместить в полиэтиленовый пакет и уложить на прибор или между боковой стенкой коробки и прибором;
4. товаросопроводительную документацию в пакете поместить под крышку коробки;
5. обтянуть коробку пластиковой лентой и опломбировать;
6. маркировку упаковки производить в соответствии с ГОСТ 4192—77.

### **16.2 Условия транспортирования**

1. Транспортирование прибора в укладочной коробке производится всеми видами транспорта при температуре окружающего воздуха от минус 20 °С до плюс 60°С и относительной влажности до 95 % при температуре окружающей среды не более плюс 30°С.
2. При транспортировании самолетом прибор должен быть размещен в отапливаемом герметизированном отсеке.
3. При транспортировании должна быть предусмотрена защита от попадания атмосферных осадков и пыли. Не допускается кантование прибора.
4. Условия транспортирования приборов по ГОСТ 22261-94.

## **17 ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА**

Изготовитель гарантирует соответствие параметров прибора данным, изложенным в разделе «Технические характеристики» при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации, технического обслуживания и хранения, указанных в настоящем Руководстве.

Гарантийный срок указан на сайте [www.prist.ru](http://www.prist.ru) и может быть изменен по условиям взаимной договоренности.

Средний срок службы (не менее) – 5 лет.