

Многофункциональный калибратор МК9023А

Руководство пользователя



Содержание

1. Введение.....	3
1.1. Общее описание передней панели.....	3
1.2. Общее описание задней панели	7
1.3. Опции и принадлежности.....	7
1.4. Удаленное управление	8
2. Перед началом работы.....	10
2.1. Меры предосторожности	10
2.2. Подача питания и прогрев	11
2.3. Настройка функций.....	11
2.4. Рабочий режим.....	12
3. Главное меню.....	13
3.1. Меню информации.....	13
3.2. Меню устройства.....	13
3.3. Меню системы	14
3.4. Меню интерфейса.....	14
3.5. Меню калибровки	15
3.6. Меню предварительных настроек.....	15
4. Примеры использования калибратора для поверки средств измерений	17
4.1. Напряжение постоянного и переменного тока	17
4.2. Сила постоянного и переменного тока	21
4.3. Электрическое сопротивление постоянному току.....	23
4.4. Электрическая ёмкость	26
4.5. Измерители электрической мощности, анализаторы и измерители электроэнергии.....	27
4.6. Модули для поверки осциллографов (опции ОСЦ1 и ОСЦ2).....	32
4.7. Воспроизведение сигналов первичных преобразователей температуры	36
4.8. Модуль встроенного мультиметра (опция МУЛЬТИМЕТР).....	39
5. Техническое обслуживание.....	44
5.1. Замена предохранителя.....	44
5.2. Очистка внешней поверхности	44
5.3. Обновление встроенного ПО	44
5.4. Сообщения об ошибках	45
6. Общие технические и метрологические характеристики	46
6.1. Воспроизведение напряжения постоянного и переменного тока	46
6.2. Воспроизведение силы постоянного и переменного тока	48
6.3. Воспроизведение электрического сопротивления постоянному току	50
6.4. Воспроизведение электрической ёмкости	52
6.5. Воспроизведение мощности и электрической энергии постоянного и переменного тока.....	53
6.6. Гармонические составляющие.....	55
6.7. Воспроизведение сигналов первичных преобразователей температуры.....	55
6.8. Модуль для определения нормируемых метрологических характеристик осциллографов с полосой пропускания до 400 МГц (опция ОСЦ1)	57
6.9. Модуль для определения нормируемых метрологических характеристик осциллографов с полосой пропускания до 1,1 ГГц (опция ОСЦ2).....	59
6.10. Модуль измерения электрических сигналов с помощью встроенного мультиметра (опция МУЛЬТИМЕТР)	59

1. Введение

Многофункциональный калибратор МК9023А предназначен для применения в качестве универсального эталона для проведения поверки и калибровки электронных (цифровых и аналоговых) электроизмерительных приборов (мультиметры, электроизмерительные клещи, омметры, измерители мощности и анализаторы параметров электропитания, измерители электроэнергии, измерительные преобразователи, мегаомметры, измерители сопротивления изоляции, универсальные мультиметры/вольтметры, осциллографы и многие другие типы оборудования). Высокая нагрузка на выходе калибратора в режиме выходного напряжения (до 50 мА) обеспечивает возможность поверки аналоговых электроизмерительных приборов с высоким током потребления. Встроенные функции подачи сигналов гармонической и не гармонической формы обеспечивают возможность тестирования чувствительности измерительного прибора к искаженным сигналам посредством сигнала с варьирующимся коэффициентом амплитуды.

МК9023А может быть оснащён дополнительными модулями (опциями) предназначенными для поверки и калибровки:

- осциллографов с полосой пропускания до 400 МГц и до 1,1 ГГц;
- любых измерительных приборов постоянного тока с высоким сопротивлением с рабочим напряжением до 1,5 кВ и измерители мощности 1 МВт.
- комплектных измерительных преобразователей и внешних датчиков (тензодатчиков, датчиков давления, крутящего момента, усилия и т.д.) с помощью встроенного мультиметра.

В калибраторе МК9023А реализованы функции автоматического вычисления погрешности, дистанционного управление и удобная процедура повторной калибровки.

1.1. Общее описание передней панели

Основные элементы управления калибратора (рис. 1):



Рисунок 1 Передняя панель

1. Выходные клеммы
2. Дисплей
3. Клавиши с числами и для навигации
4. Кнопки функций
5. Входные клеммы
6. Функциональные клавиши (голубые) и клавиши меню (серые)

1.1.1. Подробное описание клемм

Все входные и выходные клеммы расположены на левой стороне передней панели. Маркировка между клеммами обозначает общее номинальное максимальное напряжение в режиме ожидания. Максимальные номинальные напряжения в ходе работы, как правило, ниже, а их превышение может стать причиной повреждения калибратора! Подробное описание номинальных параметров см. в технических характеристиках.

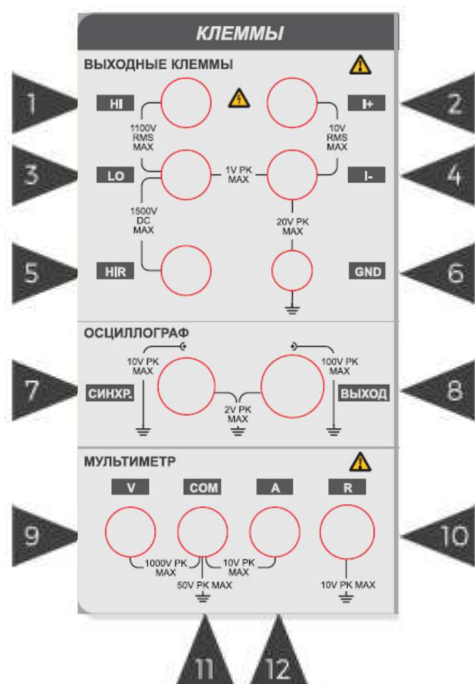


Рисунок 2 Входные/выходные клеммы

1. HI. Выводит заданное напряжение при использовании функций VOLTAGE (НАПРЯЖЕНИЕ) и POWER (МОЩНОСТЬ), заданное сопротивление в режиме 2W (2-проводная схема) функций RESISTANCE (СОПРОТИВЛЕНИЕ) и CAPACITANCE (ЁМКОСТЬ), а также сигнал усилия в режиме 4W RESISTANCE (СОПРОТИВЛЕНИЕ, 4-проводная схема). Все сигналы относительно LO.
2. I+. Выводит заданный ток при использовании функций CURRENT (ТОК) и POWER (МОЩНОСТЬ), а также измеряет RESISTANCE (СОПРОТИВЛЕНИЕ) в режиме 4W (4-проводная схема). Все сигналы относительно I-.
3. LO. Действует в качестве нулевого потенциала при использовании функций VOLTAGE, POWER, 2W RESISTANCE (СОПРОТИВЛЕНИЕ, 2-проводная схема), 2W CAPACITANCE (ЁМКОСТЬ, 2-проводная схема) и МЕГОМ (режим источника высокого сопротивления). Также обеспечивает нулевой потенциал для сигнала усилия в режиме 4W RESISTANCE.
4. I-. Действует в качестве нулевого потенциала при использовании функций CURRENT и POWER. Также обеспечивает нулевой потенциал для сигнала считывания в режиме 4W RESISTANCE. Напряжение клеммы I- варьируется до 20 В_{пик} относительно земли. С помощью меню «SETUP» («Настройка») эту клемму можно заземлить через реле.
5. HIR. Выводит заданное сопротивление при использовании функции HIR (опция МЕГОМ).
6. GND. Потенциал заземления, гальванически соединенный с корпусом и проводом PE сети электропитания.
7. SINXР. Используется в качестве внешнего триггера для функций ОСЦИЛЛОГРАФ (опции ОСЦ1, ОСЦ2).
8. ВЫХОД. Выводит все сигналы функции SCOPE через коаксиальный разъем типа N (опции ОСЦ1, ОСЦ2).
9. V. При использовании функции METER (ИЗМЕРИТЕЛЬ) измеряет сигналы напряжения и частотные сигналы относительно COM (опция МУЛЬТИМЕТР).
10. COM. Действует в качестве нулевого потенциала при использовании всех функций METER (опция МУЛЬТИМЕТР).
11. A. При использовании функции METER измеряет токовые сигналы относительно COM (опция МУЛЬТИМЕТР).

12. R. Разъем только для переходника (опция 9000-60) и компенсатора холодного спая (опция 91), поэтому не подключайте какие-либо другие кабели к этой клемме! Переходник (опция 9000-60) используется для измерения RTD (резистивные датчики температуры) и сопротивления 4W при использовании функции METER (опция МУЛЬТИМЕТР), а опция 91 используется для компенсации холодного спая термопар. Описание клемм переходника указано на самих переходниках.

1.1.2. Подробное описание дисплея

Дисплей подразделяется на несколько участков со следующими назначениями:



Рисунок 3. Дисплей

1. Выбранная функция. Символ слева от названия функции обозначает состояние системы (■ режим ожидания, ⏸ выполняется успокоение, ▶ выполняется работа). Справа могут отображаться дополнительные символы предупреждений:
 - a. Выполняется прогрев. Калибратор полностью работоспособен, но может быть вне установленных технических характеристик.
 - b. Перегрев. Выходные клеммы невозможно включить, пока температура не упадет ниже безопасного предела. Задайте 10 В пост. т. и подождите несколько минут, пока символ не пропадет.
 - c. Другая ошибка. Некоторые функции могут быть недоступны и/или быть вне установленных технических характеристик. Чтобы получить подробную информацию, перейдите в пункт меню «MENU/Information/Device status» («МЕНЮ/Информация/Состояние устройства»).
2. Всплывающая подсказка. Отображает дополнительную информацию о выбранном параметре или основном значении. Информация может включать в себя погрешность, диапазон, описание, пределы (токовой нагрузки, диапазон напряжений стабилизированного источника тока) и т.д. Всплывающая подсказка скрыта, если параметр не выбран.
3. Основное значение. Его можно изменять посредством ввода чисел, клавиш курсора или поворотной ручки. Символ справа обозначает форму сигнала.
4. Вспомогательные параметры. Кнопками ◀ и ▶ можно переключаться между параметрами (и основным значением). Для каждой функции существуют разные наборы вспомогательных параметров.
5. Названия функциональных клавиш. Функции расположенных под дисплеем функциональных клавиш изменяются динамически в зависимости от текущих условий работы. Эти названия

описывают функции функциональных клавиш в любой отдельно взятый момент.

6. Удаленное управление. Отображает активный интерфейс и его основной параметр.
7. Состояние вывода. Отображает состояние вывода (серый означает OFF (ВЫКЛ.), а зеленый - ON (ВКЛ.) и схему активных выходных клемм.
8. Состояние ввода. Отображает состояние измерителя (серый означает отсоединенный, а зеленый - выполняется измерение) и схему активных входных клемм.
9. Показания измерителя (опция МУЛЬТИМЕТР). Функцию измерителя можно изменить с помощью кнопки FUNC (ФУНКЦИЯ) в группе клавиш METER (ИЗМЕРИТЕЛЬ).

1.1.3. Подробное описание клавиш

На передней панели имеется 3 группы кнопок. Функциональные клавиши и кнопки меню расположены под дисплеем, кнопки функций расположены справа, а кнопки ввода чисел с поворотной ручкой и кнопки курсора расположены между ними.



Рисунок 4. Функциональные клавиши и кнопки меню

1. **ВЫБРАТЬ.** Выбор предыдущего/следующего параметра на дисплее. Выбранный параметр можно отредактировать и отображается соответствующая всплывающая подсказка (если эта функция активирована). Чтобы отменить выбор параметра, нажмите на CANCEL (ОТМЕНИТЬ).
2. **НАСТРОЙКА.** Вход/выход из меню устройства. Меню устройство содержит дополнительные параметры функций. Дополнительную информацию см. в главе 3.2 или в подразделах SETUP (Настройка) главы 4.
3. **СИСТЕМА.** Вход/выход из главного меню. Главное меню содержит все настройки, связанные с устройством. См. структуру меню в главе 3.
4. **Функциональные клавиши.** Кнопки с чувствительными к контексту функциями. Текущие функции отображаются на дисплее непосредственно над кнопками.

Кнопки ввода

1. Кнопки функций. Непосредственный выбор функции калибратора или переключение режима функции, если функция уже выбрана (например, если в режиме напряжения постоянного тока нажать на кнопку VOLTAGE, будет выполнен переход в режим напряжения переменного тока).
2. ВКЛ. Переводит калибратор в рабочий режим в соответствии с выбранной функцией и параметрами. В рабочем режиме надпись «ВКЛ.» светится.
3. ОТКЛ. Переводит калибратор в режим ожидания. В режиме ожидания выходные клеммы внутренне изолированы от калибратора.
4. НОЛЬ. Устанавливает считываемое значение измерителя на ноль путем сдвига коррекции активной функции измерителя.
5. ФУНКЦИЯ. Переключает функцию измерителя.



Рисунок 5. Кнопки функций

Кнопки ввода

Кнопки чисел и навигации выполняют две функции. В меню эти кнопки используются для переключения между пунктами меню (кнопки ▲ и ▼, вращение ручки), выбора пункта (кнопкой ENTER (ВВОД), функциональной клавишей ОК или нажатием на ручку), ввода значения или выхода из пункта меню (кнопкой CANCEL, функциональной клавишей EXIT/CLOSE (ВЫЙТИ/ЗАКРЫТЬ)).

Кнопки чисел и навигации вне меню используются для редактирования значений выбранных параметров. Если параметр не выбран, при нажатии на любую кнопку чисел или навигации будет выбран главный параметр функции. Значения также можно редактировать клавишами курсора и поворотной ручкой. Используйте кнопки ◀ и ▶, чтобы переключаться между разрядами чисел, а кнопки ▲ и ▼, чтобы увеличивать или уменьшать это значение. Вращение ручки действует в качестве кнопок ▲ / ▼ или ◀ / ▶, а нажатие на ручку переключает между двумя режимами.

1.2. Общее описание задней панели

На этой панели расположен модуль ввода линии электропитания с предохранителем линии электропитания, селектор напряжения линии электропитания 115/230 В и переключатель линии электропитания. На нижней стороне задней панели расположены разъемы интерфейса RS-232, MSI и в качестве опции LAN, USB и IEEE488.

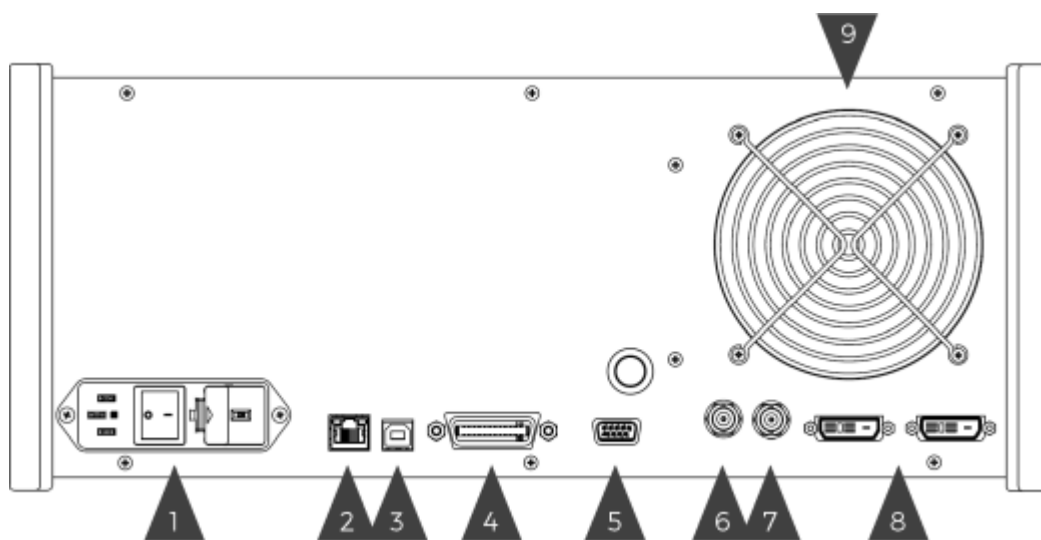


Рисунок 6. Задняя панель

1. Модуль для шнура питания с переключателем питания, держателем предохранителя и селектором напряжения 115/230 В.
2. Разъем RJ-45 (Ethernet) для удаленного управления.
3. USB-разъем для удаленного управления.
4. Разъем GPIB IEEE-488 для удаленного управления.
5. Разъем RS-232
6. Ввод внешнего синхронизирующего сигнала.
7. Вывод внешнего синхронизирующего сигнала.
8. Разъемы MSI (2 шт.) для управления или синхронизации с другими устройствами Meatest.
9. Крышка выпускного отверстия вентилятора.

1.3. Опции и принадлежности

В стандартный комплект поставки каждого многофункционального калибратора МК9023А входят следующие принадлежности:

- руководство пользователя
- сетевой кабель питания
- запасные предохранители (3,15 А, 6,3 А)
- интерфейсный кабель RS232
- измерительные кабели (2 шт.).

Следующие принадлежности не входят в стандартный комплект поставки:

- Опция 140-50 (токовая катушка до 1500 А)
- Опция 91 (компенсатор холодного спая Pt100)

Многофункциональный калибратор МК9023А можно заказать со встроенными опциями, указанными в таблице 1. Встроенные опции разрешено устанавливать только изготовителю и сертифицированным сервисным центрам.

Модули	Описание	Дополнительная принадлежность
ОСЦ1 (SC0)	Опция для поверки осциллографов с полосой пропускания до 400 МГц	Коаксиальный переходник N/BNC
ОСЦ2 (SC1)	Опция для поверки осциллографов с полосой пропускания до 1,1 ГГц	Коаксиальный переходник N/BNC
МЕГОМ (HVR)	Опция для поверки измерительных приборов постоянного тока с высоким сопротивлением с рабочим напряжением до 1,5 кВ	191-11 Кабель для измерения высокого напряжения до 5 кВ
МУЛЬТИМЕТР (MER)	Опция встроенного мультиметра для поверки измерительных преобразователей, моделирования тензодатчиков и других промышленных датчиков	Кабельный переходник для измерений R4W/RTD (опция 9000-60)

Таблица 1. Дополнительные встроенные опции

1.4. Удаленное управление

Калибратор можно интегрировать в автоматизированные системы калибровки (ATS) и управлять им с удаленного компьютера с помощью следующих интерфейсов удаленного управления:

RS232
USB
GPIB (IEEE488)
LAN

При удаленном управлении максимальные номинальные значения выходных сигналов калибратора, а также все остальные технические характеристики, такие же, как и в ручном режиме.

1.4.1. Настройка соединения

В любой отдельно взятый момент для связи можно использовать только один интерфейс. Активным по умолчанию интерфейсом является RS232. Другие интерфейсы можно выбрать в «MENU->Interface->Active bus» («МЕНЮ->Интерфейс->Активная шина»). Чтобы установить соединение между калибратором и компьютером, задайте соответствующим образом настройки интерфейса в вашем компьютере:

Настройки соединений RS232 и USB

- | | |
|---|--|
| - Порт COM | См. доступные порты COM в Windows Device Manager (Диспетчер устройств Windows). |
| - Скорость обмена данными в бодах через USB | В соответствии с заданной в пункте меню «MENU->Interface->USB Baudrate» («МЕНЮ->Интерфейс->Скорость обмена данными в бодах через USB») (по умолчанию задано 9600) |
| - Скорость обмена данными в бодах через RS232 | В соответствии с заданной в пункте меню «MENU->Interface->RS232 Baudrate» («МЕНЮ->Интерфейс->Скорость обмена данными в бодах через RS232») (по умолчанию задано 9600). |
| - Битов данных | 8 |
| - Стоповых битов | 1 |
| - Проверка на четность | Нет |
| - Квитирование установления связи (XON/XOFF) | Выкл |

Настройки соединения GPIB

- «GPIB Address» («Адрес GPIB») В соответствии с заданным в пункте меню «MENU->Interface->GPIB Address» («МЕНЮ->Интерфейс->Адрес GPIB») (по

умолчанию задано 2).

Настройки соединения LAN

Функция распознавания службы DHCP активна по умолчанию и рекомендуется для упрощения установления соединения. Если вы предпочитаете использовать постоянный IP-адрес или необходимо изменить другие настройки по умолчанию, перейдите в пункт меню «MENU->Interface->LAN Settings» («МЕНЮ->Интерфейс->Настройки LAN»).

Для связи по LAN используется протокол Telnet. Учетной записью по умолчанию для клиента Telnet является “9010+_SNxxxxxx 23”, где “xxxxxx” обозначает серийный номер, а 23 является портом связи по умолчанию.

1.4.2. Протокол SCPI и его команды

Полное описание протокола SCPI, дополнительную информацию о настройке связи, поиске и устранении неполадок см. в руководстве по эксплуатации МК9023А SCPI.

2. Перед началом работы

При первом вскрытии коробки с калибратором проверьте содержимое упаковки. Полный список принадлежностей см. в главе 1.3.

Перед включением питания поместите измерительный прибор на ровную поверхность, а если он хранился при температурах вне диапазона опорных температур, дайте ему стабилизироваться в течение **не менее одного часа**.

2.1. Меры предосторожности

Прибор был разработан согласно IEC 61010-1:2011 + A1. Безопасность обеспечивается за счет конструирования и применения специальных компонентов. Изготовитель снимает с себя ответственность за ущерб, понесенный в результате модификаций конструкции или замены деталей на не оригинальные детали.

Предупреждающие знаки, нанесенные на оборудование:

	Предупреждение, риск возникновения опасности
	Предупреждение о риске поражения электрическим током. Может присутствовать опасное напряжение свыше 50 В пост. или пер. тока
	См. руководство пользователя.
	Защитное заземление.
	Предохранитель.

Чтобы предотвратить возможное поражение электрическим током или травмы:

Перед использованием изделия внимательно изучите информацию по технике безопасности.

Не вносите изменения в изделие и используйте только предписанными способами, в противном случае возможно нарушение безопасности, обеспечиваемой изделием.

Если изделие изменено или повреждено, его запрещено использовать.

Используйте это изделие только внутри помещения.

Используйте шнур питания, одобренный для использования с местным сетевым напряжением, снабженный надлежащей конфигурацией вилки и обладающий номинальными характеристиками, соответствующими изделию.

Используйте испытательные провода с номинальными характеристиками не ниже 1000 В и 30 А для всех основных функций, а также не ниже 2000 В для функции измерения сопротивления при работе с режимом источник высокого сопротивления (опция МЕГОМ).

**В ходе работы не подносите руки к любым клеммам изделия
и оголенным металлическим частям кабеля !!!**

**Высокое напряжение на этих деталях может стать причиной смерти или
серьезной травмы!!!**

2.2. Подача питания и прогрев

К калибратору следует подключить сетевое питание 230/115 В - 50/60 Гц. Прежде чем подключать прибор к сети питания, проверьте положение селектора сетевого напряжения, который расположен на задней панели. Установите селектор напряжение в надлежащее положение для 115 В или 230 В.

Вставьте один конец шнура питания в разъем на задней панели, а другой конец шнура питания вставьте в настенную розетку. Включите калибратор сетевым переключателем, расположенным непосредственно рядом с ним. На дисплее должен появиться следующий экран-заставка.

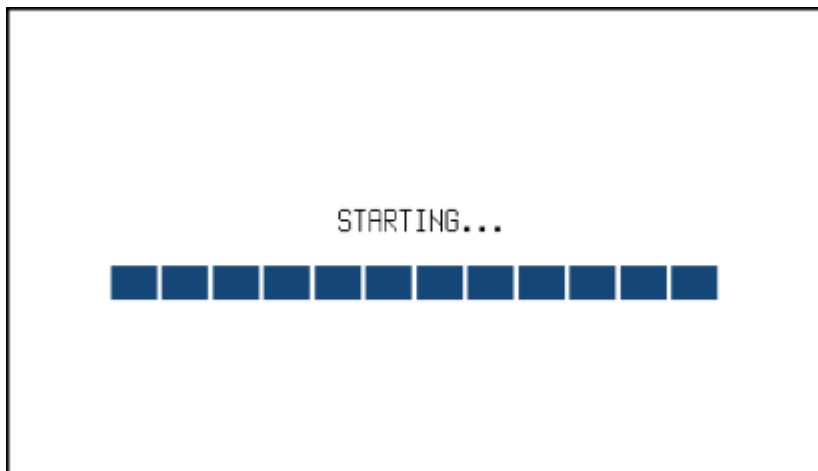


Рисунок 7. Начальный экран

Затем калибратор проведет проверки внутренней аппаратуры в течение приблизительно 5 с, после чего запустится в состоянии запуска (называемом предварительными настройками). Предварительные настройки при запуске можно задать на свое усмотрение, а также можно задать до 99 других наборов предварительных настроек и открывать их в любое время. По умолчанию предварительные настройки при запуске заданы с функцией VDC, 10 В с выключенным выводом.

Прогрев

Указанные параметры гарантированы в течение 30 минут после включения калибратора и его стабилизации при контрольных условиях.



Рисунок 8. Экран по умолчанию, заданный на заводе-изготовителе

2.3. Настройка функций

Функцию вывода (источника) калибратора можно настроить с помощью кнопок ВЫБОР РЕЖИМОВ. Нажмите на любую кнопку ВЫБОР РЕЖИМОВ, чтобы изменить функцию, либо последовательно нажимайте на кнопку, чтобы переключаться между режимами функций, если они имеются (например, между постоянным DC и переменным VC режимом для функции напряжения).

После выбора функции можно изменить основное значение, а также такие вспомогательные параметры вывода, как частота в режимах переменного тока AC или смещение фазы при функции переменного тока AC питания. Параметры функции можно редактировать тремя способами:

- Числовая клавиатура. Введите значение непосредственно с клавиатуры и подтвердите нажатием на функциональную клавишу с соответствующей единицей измерения или на кнопку ENTER, чтобы задать значение в основной единице измерения (например, V).
- Клавиши курсора и поворотная ручка. Чтобы увеличить/уменьшить выбранный разряд числа на единицу, нажимайте на кнопки Δ или ∇ или вращайте поворотную ручку. Переходите между разрядами параметра с помощью кнопок $\leftarrow$ $\rightarrow$ или нажмите на поворотную ручку, чтобы перейти в режим выбора разряда, поверните ручку до нового разряда и подтвердите еще одним нажатием на ручку.
- Функциональные клавиши. Значения большинства параметров также можно изменить с помощью функциональных клавиш $\times 10$ и $:10$, которые изменяют значение на порядок величин, а функциональная клавиша $\pm$ изменяет полярность.



Рисунок 9. Основные и вспомогательные параметры

Описанные методы изменяют основной параметр по умолчанию. Если на дисплее имеются какие-либо другие параметры, между ними можно переключаться с помощью кнопок со стрелками. На рисунке выше показана функция напряжения переменного тока с основным значением 10 В_{скз} и двумя вспомогательными параметрами: форма сигнала и частота. Для быстрого доступа для обоих вспомогательных параметров имеются их собственные функциональные клавиши.

Дополнительные настройки доступны при нажатии на кнопки настройки SOURCE (ИСТОЧНИК) и METER (ИЗМЕРИТЕЛЬ). Эти кнопки обеспечивают быстрый переход в соответствующие разделы меню устройства. Дополнительную информацию см. в главе 3.2 или в подразделах НАСТРОЙКА главы 4.

2.4. Рабочий режим

Калибратор можно включить в рабочий режим нажатием на кнопку ВКЛ. Кнопка ОТКЛ. выключает рабочий режим. При включении калибратора и при переключении между функциями калибратор находится в режиме ОТКЛ. Состояние рабочего режима обозначается светодиодным индикатором в кнопке ВКЛ., а также зеленым прямоугольником рядом с обозначением Source на правой стороне дисплея. На схеме под обозначением Source показаны используемые в настоящее время клеммы.

Измерение входного сигнала

Если установлена опция МУЛЬТИМЕТР, можно также воспользоваться выгодами встроенного мультиметра и его измерительными возможностями. Ввод измерителя можно активировать и деактивировать нажатием на кнопку ФУНКЦИЯ. Аналогично выводу калибратора, состояние ввода измерителя обозначается светодиодным индикатором в кнопке ФУНКЦИЯ и зеленым прямоугольником рядом с обозначением МУЛЬТИМЕТР.

3. Главное меню

С помощью четырех кнопок на передней панели можно получить доступ к следующим разделам главного меню:

- Source. Быстрый переход в раздел Menu > Device (Меню > Устройство), который связан с выбранной в настоящее время функцией источника.
- Meter. Быстрый переход в раздел Menu > Device > Meter (Меню > Устройство > Измеритель).
- Preset. Сохранение или открытие предварительно заданных конфигураций калибратора. Дополнительную информацию см. в главе 3.6.
- Menu. Доступ к главному меню.

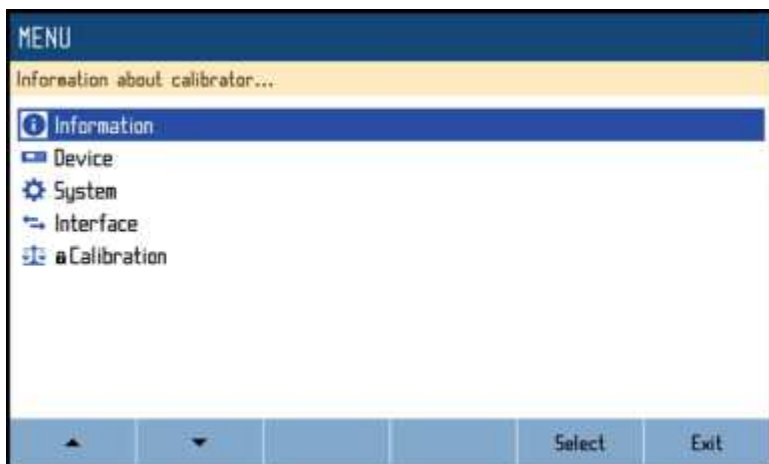


Рисунок 10. Главное меню

Главное меню представляет собой наиболее комплексный инструмент настройки калибратора, которое содержит такую информацию, как серийный номер, дата калибровки или яркость дисплея, а также настройки интерфейса удаленного управления и калибровочные постоянные.

Краткая всплывающая подсказка в желтом поле отображает краткое описание выбранного пункта. Пункты главного меню подробно описаны в главах 3.1 - 3.5.

3.1. Меню информации

Меню информации содержит общие данные об устройстве, которые недоступны для изменения пользователем:

- Manufacturer (Изготовитель) - Model (Модель) - Serial number (Серийный номер)	Идентификация устройства.
- Software version (Версия ПО) - Hardware version (Версия аппаратуры) - Internal options (Установленные опции)	Конфигурация устройства.
- Expiration of Calibration validity (Срок действия калибровки) - Current date (Текущая дата) - Device status (Состояние устройства)	Информация о готовности устройства. Дата истечения срока действия калибровки равна дате предыдущей калибровки, плюс интервал калибровки. Более подробную информацию см. в описании пункта меню «Calibration».
- Testing tools (Инструменты для тестирования)	Диагностика дисплея и клавиатуры.
- Modules (Модули)	Список внутренних электронных модулей и их состояний.

3.2. Меню устройства

Меню устройства подразделяется в соответствии с функциями калибратора и обеспечивает доступ к дополнительным настройкам, связанным с функцией. С помощью расположенных на передней панели кнопок быстрого доступа SOURCE и METER можно перейти непосредственно к разделам используемых в настоящее время функций. На следующем рисунке в качестве примера меню устройства показан раздел мощности постоянного тока.

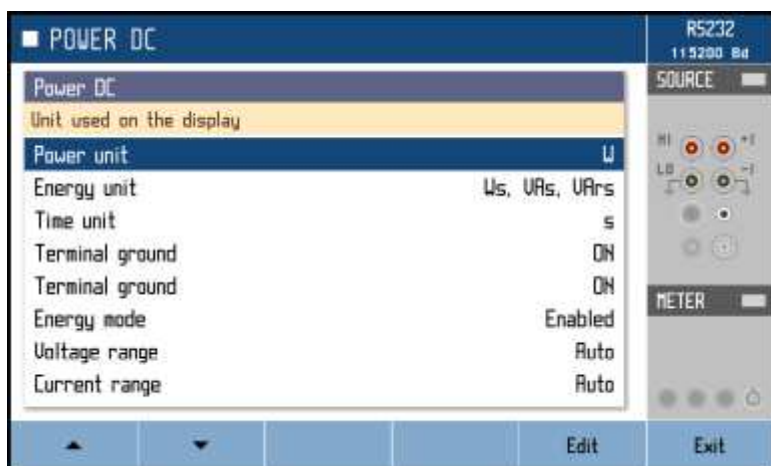


Рисунок 11. Меню устройства/установки

3.3. Меню системы

Меню System содержит общие доступные для пользователя настройки устройства:

- Language (Язык) Язык пользовательского интерфейса.
- Display backlight (Подсветка дисплея) [0 - 100 %]
- Button light intensity (Яркость подсветки кнопок) [0 - 100 %]
- Beeper volume (Громкость зуммера) [0 - 100 %]
- Keyboard beep (Звуковой сигнал клавиатуры) [On/Off] (Вкл./Выкл.)
- Show tooltips on display (Показывать всплывающие подсказки на дисплее) Включает/выключает желтую всплывающую подсказку в меню.
- Form of specification (Тип характеристики) [Auto (Автоматически)/Absolute (Абсолютная) %/ppm]
- Date & Time (Дата и время) Защищенное паролем подменю со следующими пунктами.
 - Time (Время) Время системы в формате HH:MM:SS (ЧЧ:ММ:СС).
 - Date (Дата) Дата системы в выбранном формате.
 - Format (Формат) Формат даты [M/D/Y (М/Д/Г), M-D-Y, D/M/Y, D.M.Y, D-M-Y, Y/M/D, Y.M.D]
 - Show date & time on display (Отображать дату и время на дисплее) [On/Off] (Вкл./Выкл.)

3.4. Меню интерфейса

Меню интерфейса содержит настройки подключения удаленного управления:

Пункт меню	Диапазон / формат	Значение по умолчанию
Active bus (Активная шина)	RS232/GPIB/USB/LAN	RS232
RS232 Baudrate (Скорость обмена данными в бодах через RS232)	1200 - 115200	9600
GPIB Address (Адрес GPIB)	0 - 31	2
USB Baudrate (Скорость обмена данными в бодах через USB)	1200 - 115200	9600
LAN Settings (Настройки LAN)		
> DHCP	On/Off	On
> IP Address (IP-адрес)	Формат IPv4; заблокировано, если DHCP включено.	192.168.001.100
> Subnet mask (Маска подсети)	Формат IPv4; заблокировано, если DHCP включено.	255.255.255.000
> Default gateway (Шлюз по	Формат IPv4; заблокировано, если DHCP	255.255.255.255

умолчанию)	включено.	
> Port number (Количество портов)	0 - 9999	23
> Host name (Имя хоста)	14 алфавитных и числовых знаков; заблокировано, если DHCP выключено.	9010+_SN710011

3.5. Меню калибровки

Меню калибровки содержит внутренние калибровочные постоянные и другие инструменты для регулировки устройства, поэтому оно защищено паролем. Более подробную информацию о регулировке прибора МК9023А см. в главе 6. В меню Calibration имеются следующие пункты:

1. Data (Данные). Содержит текущие калибровочные данные. Структура этого меню описана в главе 6.1.
2. Backup (Резервное сохранение). Резервное сохранение калибровочных данных. Более подробную информацию см. далее.
3. Password (Пароль). Изменение пароля доступа к калибровке. Пароль калибровки обеспечивает доступ к меню Calibration и настройкам Date/Time в меню Information.
4. Calibration date (Дата калибровки). Дата калибровки автоматически обновляется при регулировке калибровочных данных или просто при ручном подтверждении (если калибровка не требует регулировки).

5. Calibration interval (Периодичность калибровки). Рекомендуемая периодичность равна 12 месяцам. Функция резервного сохранения обеспечивает возможность сохранять и открывать полные наборы калибровочных данных. Калибровочные данные также автоматически сохраняются при изменении любого калибровочного значения, создании записи с помощью автоматического сохранения "Auto" (или перезаписи существующих, если предыдущее изменение произошло в течение предыдущих 90 дней). Чтобы сохранять и открывать предварительно сохраненные наборы калибровочных данных, используйте функциональные клавиши:

1. Back up (Резервное сохранение). Сохранение используемых в настоящее время калибровочных данных с перезаписью существующей записи в выбранной Location (Ячейке). Можно перезаписать только пустые записи и записи с доступом для калибровки и ручным сохранением.
2. Try (Выполнить попытку). Временная загрузка выбранной записи. Исходные калибровочные данные будут восстановлены при следующем запуске калибратора.
3. Load (Загрузить). Загружает выбранную запись на постоянно.
4. Delete (Удалить). Удаление записи. Можно удалить только записи с доступом для калибровки и ручным сохранением.

3.6. Меню предварительных настроек

Функция набора предварительных настроек обеспечивает возможность сохранить и открыть одну из до 100 конфигураций калибратора, чтобы можно было быстро приступить к работе вместо настройки калибратора каждый раз. Чтобы отобразить список сохраненных наборов предварительных настроек, нажмите на кнопку PRESET:

PRESETS					
Location	Preset	Function	Date		
00	Startup	Power AC	08/29/2018		
01	---	---	---		
02	---	---	---		
03	---	---	---		
04	---	---	---		
05	---	---	---		
06	---	---	---		
07	---	---	---		
08	---	---	---		
09	---	---	---		
10	---	---	---		
▼					
Save	Load	Clear	Page Up	Page Down	Close

Рисунок 12. Меню предварительных настроек

Чтобы открыть предварительно заданную конфигурацию, выберите ее набор предварительных

настроек в списке и нажмите на функциональную клавишу Load. Конфигурация будет загружена при выводе, выключенном в целях безопасности.

Конфигурацию можно сохранить аналогичным образом, выбрав Location 0 - 99 в списке и нажав на функциональную клавишу Save (Сохранить). Набор предварительных настроек включает в себя конфигурации:

- Функции и режима (например, мощности переменного тока)
- Основного значения (например, 10 ВА)
- Вспомогательных параметров (например, 50 Гц, 10 В, 1 А, 0 °)
- Дополнительных параметров меню Device/Setup для текущей функции Source и Meter.

Набор предварительных настроек не включает в себя параметры гармонических искажений, а также настройки главного меню, кроме вышеупомянутых.

4. Примеры использования калибратора для поверки средств измерений

4.1. Напряжение постоянного и переменного тока

4.1.1. Напряжение постоянного (DC) и переменного (SINE) тока

1. Подключите мультиметр к калибратору, как показано на следующем рисунке.
2. Выберите надлежащую функцию и диапазон в мультиметре.
3. Нажмите на клавишу функции VOLTAGE на калибраторе. Будет автоматически задан режим постоянного напряжения (DC). Если необходимо напряжение переменного тока (AC), еще раз нажмите на клавишу VOLTAGE.

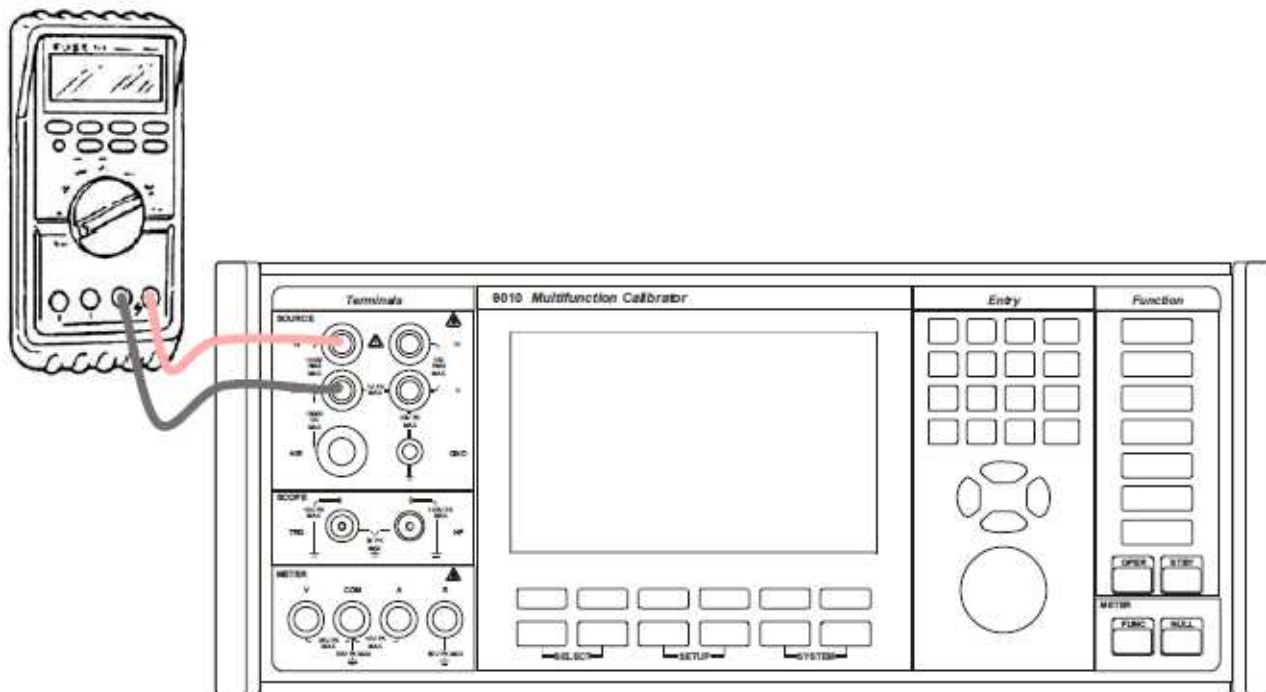


Рисунок 13. Поверка мультиметра

4. В режиме AC последовательно нажимайте на кнопку функции ВЫБРАТЬ, чтобы активировать окно Frequency и задать запрашиваемую частоту.
5. Задайте значение выходного напряжения с помощью клавиш курсора, поворотной ручки или цифровой клавиатуры.
6. Включите рабочий режим калибратора, нажав на клавишу ВКЛ. Выходное напряжение появится на выходных клеммах, загорится клавиша ВКЛ. и индикация SOURCE на экране будет зеленой.
7. Чтобы отключить рабочий режим калибратора, нажмите на клавишу ОТКЛ.

4.1.2. Не синусоидальное напряжение

Калибратор может служить источником не синусоидальных форм сигнала с предварительно заданной формой. Вывод ограничивается значениями 200 В и 1 кГц. Применяются следующие формы сигнала:

- Limit. Sine (Ограниченный синусоидальный): синусоидальный с заданным искажением 13,22 %.
- Square (Прямоугольный): симметричный прямоугольный сигнал.
- Triangle (Треугольный): симметричный.
- Ramp Up (Линейное нарастание)
- Ramp Down (Линейное снижение)
- Harmonic (Гармоника): регулируемые гармонические составляющие

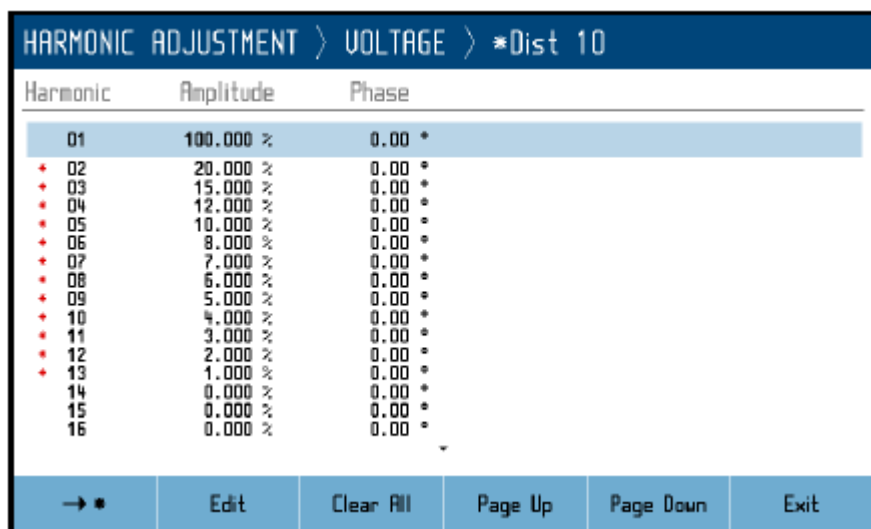
Чтобы выбрать запрашиваемую форму сигнала, нажмите на функциональную клавишу SHAPE (ФОРМА), выделите необходимый пункт с помощью функциональных клавиш ▲▼, клавиш курсора или поворотной ручки, а затем подтвердите нажатием на ENTER.

4.1.3. Режим Гармоники (Harmonic)

Калибратор обладает уникальной функцией создания заданного заказчиком выходного сигнала переменного тока. Определение сигнала основывается на настройке амплитуды и смещении фазы гармонических составляющих относительно базовой, основной частоты. Количество гармонических составляющих ограничено 50, но максимальная частота гармонической составляющей не может превышать 5 кГц. Амплитуда отдельных гармонических составляющих не может превышать 30% от амплитуды сигнала основной частоты.

Редактирование гармонической составляющей

1. Чтобы активировать окно Harmonic, нажмите на клавишу SELECT.
2. Нажмите на функциональную клавишу EDIT (РЕДАКТИРОВАТЬ). Откроется таблица со списком гармонических составляющих. Задайте амплитуду и фазу запрашиваемой гармонической составляющей. Используйте клавишу SELECT, чтобы переключать активное окно между Amplitude (Амплитуда) и Phase (Фаза).
3. После настройки всех гармонических составляющих нажмите на функциональную клавишу EXIT, чтобы вернуться в основное окно. Искажение синусоидального сигнала отрегулировано.



Harmonic	Amplitude	Phase
01	100.000 %	0.00 *
* 02	20.000 %	0.00 *
* 03	15.000 %	0.00 *
* 04	12.000 %	0.00 *
* 05	10.000 %	0.00 *
* 06	8.000 %	0.00 *
* 07	7.000 %	0.00 *
* 08	6.000 %	0.00 *
* 09	5.000 %	0.00 *
* 10	4.000 %	0.00 *
* 11	3.000 %	0.00 *
* 12	2.000 %	0.00 *
* 13	1.000 %	0.00 *
14	0.000 %	0.00 *
15	0.000 %	0.00 *
16	0.000 %	0.00 *

→ * Edit Clear All Page Up Page Down Exit

Рисунок 14. Настройка гармонических составляющих

Чтобы сбросить все настройки гармонических составляющих, используйте функциональную клавишу CLEAR ALL (ОЧИСТИТЬ ВСЕ). Все гармонические составляющие более высокого порядка будут сброшены на ноль, за исключением основной гармоника. Если задано не нулевое искажение, в окне Harmonic перед обозначением Sine (Синусоидальный) появится знак звездочки.

Чтобы переключаться между страницами гармонических составляющих, используйте функциональные клавиши PAGE UP (НА СТРАНИЦУ ВВЕРХ) и PAGE DOWN (НА СТРАНИЦУ ВНИЗ).

Предварительный просмотр сигнала

Сформированный сигнал можно отобразить в частотной или временной области.

Нажмите на функциональную клавишу Bar (Гистограмма), чтобы отобразить относительный уровень заданных гармонических составляющих в частотной области. Основная гармоника отображается желтым, а гармоники более высокого порядка - красным цветом.

Нажмите на функциональную клавишу PREVIEW (ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ПРОСМОТР), чтобы просмотреть форму сигнала во временной области.

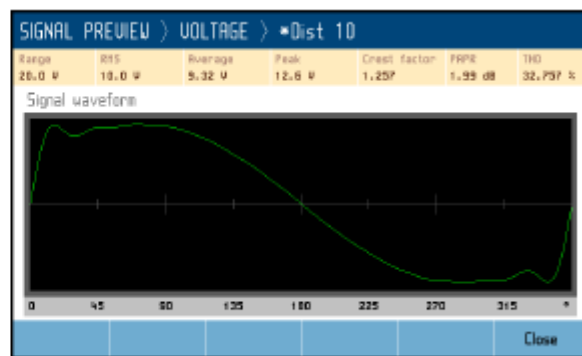
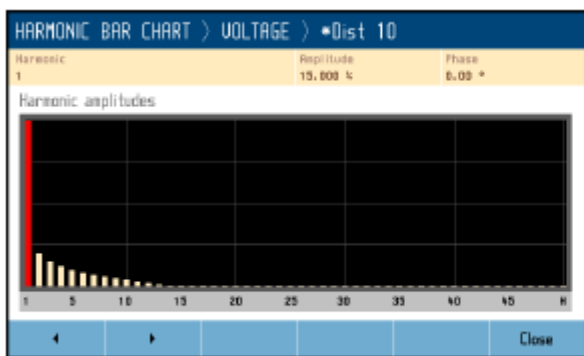


Рисунок 15. Предварительный просмотр сигнала

Функция Предварительной настройки

Любой отрегулированный сигнал можно сохранить в памяти калибратора (предустановка) для использования в будущем. Предустановка Harmonic позволяет сохранять и вызывать одну из 22 конфигураций. Первая предустановка - синус 00, и она не может быть изменена или сохранена. Чтобы создать новое название предустановки, используйте функциональную клавишу NEW (НОВЫЙ). Используйте поворотную ручку, чтобы выбирать отдельные знаки (числа или буквы), а по окончании подтвердите нажатием на SAVE (СОХРАНИТЬ).

Любую ранее сохраненную форму волны можно загрузить с помощью функциональной клавиши LOAD (ЗАГРУЗИТЬ) или удалить с помощью функциональной клавиши DELETE (УДАЛИТЬ).

HARMONIC PRESET > Voltage		
Location	Preset	Date
00	Sine	01.01.2020
01	Dist 10	24.01.2022
02	Preset 3 (Empty)	Not specified
03	Preset 4 (Empty)	Not specified
04	Preset 5 (Empty)	Not specified
05	Preset 6 (Empty)	Not specified
06	Preset 7 (Empty)	Not specified
07	Preset 8 (Empty)	Not specified
08	Preset 9 (Empty)	Not specified
09	Preset 10 (Empty)	Not specified
10	Preset 11 (Empty)	Not specified
11	Preset 12 (Empty)	Not specified
▼		
Save	Load	Delete
Close		

Рисунок 16. Список предварительно заданных форм сигнала

4.1.4. Пассивный и активный выход

Диапазоны 20 мВ и 200 мВ постоянного тока (DC) могут работать в режиме как пассивного, так и активного выхода, а все остальные диапазоны работают только в режиме активного вывода.

Электронный усилитель формирует активный выход. Выход обеспечивает более высокий ток нагрузки до 5 мА, однако с немного более худшей погрешностью. Пассивный режим формируется резистивным делителем с выходным сопротивлением 50 Ом. Выходной сигнал менее шумный и с лучшей погрешностью, однако максимальный выходной ток зависит от его выходного полного сопротивления. Подробное описание отличий см. в технических характеристиках.

Нажимайте на клавишу ВЫБРАТЬ, пока не активируется поле Output mode (Режим вывода). Измените настройку с Active (Активный) на Passive (Пассивный) с помощью функциональных клавиш со стрелками, функциональной клавиши List (Список) или поворотной ручки.

4.1.5. Настройка напряжения

Настройку функции напряжения можно активировать клавишей SETUP SOURCE (НАСТРОЙКА ИСТОЧНИКА). Откроется следующий экран:

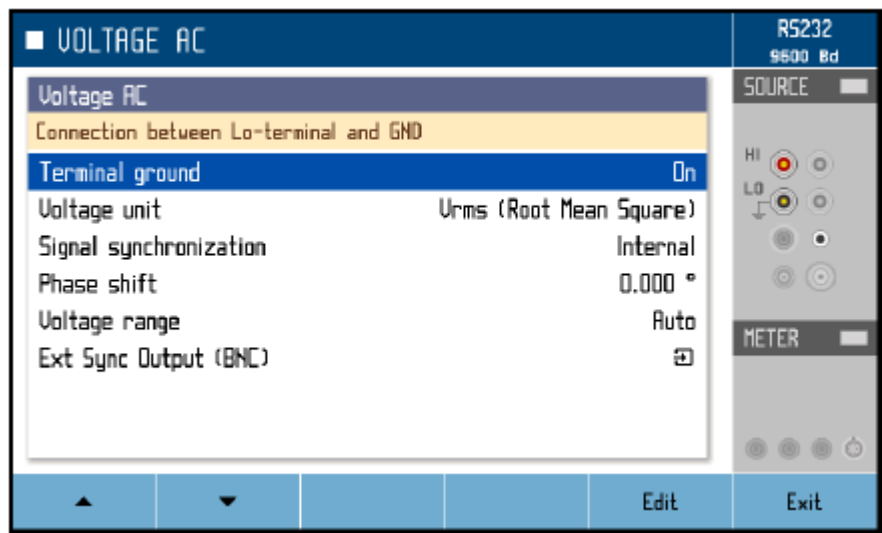


Рисунок 17. Экран настройки напряжения

В меню SETUP доступны дополнительные настройки функции напряжения. Используйте клавиши ▲ ▼ и функциональную клавишу EDIT, чтобы изменять следующие пункты:

Terminal ground (Клемма заземления)	On/Off	Выходная клемма напряжения LO заземлена/плавающая.
[только для режима AC] Voltage unit (Единица измерения напряжения)	Root Mean Square (Среднеквадратичное значение) / Peak (Пик) / Peak-Peak (Размах колебаний)/ Average (Среднее)	
[только для режима AC] Signal synchronization (Синхронизация сигнала)	Internal (Внутренняя)	Частота и фаза заданы внутренним генератором.
	Power Line (Линия питания)	Синхронизировано по напряжению линии питания.
	BNC	Синхронизировано с разъемом EXT SYNC INPUT на задней панели.
	External Master (Внешнее ведущее устройство)	Синхронизировано с ведущим устройством через разъем MSI на задней панели.
[только для режима AC] Phase shift (Смещение фазы)	x.xxx Degrees (Градусов) (°)	Смещение фазы между выводом напряжения и синхронизирующим сигналом.
[только для режима DC] Output mode (Режим вывода)	Active/Passive (Активный/пассивный)	Выбор режима вывода в диапазонах 20 мВ и 200 мВ постоянного тока
Voltage range (Диапазон напряжения)	Auto (Автоматический) /20 мВ/200 мВ/2 В/20 В/100 В/280 В/1000 В	
[только для режима AC] Ext Sync Output (BNC) (Вывод для внешней синхронизации)	Mode (Режим)	Переключение функции разъема Ext Sync Output BNC на задней панели. Оба вывода генерируют прямоугольный сигнал с передним фронтом, синхронизированным по фазе с внутренним опорным переменным током (AC). «Sync output» (Вывод синхронизирующего сигнала) представляет собой опоры по фазе и частоте для основного выходного сигнала, используемого для синхронизации с другими устройствами. Частота вывода синхронизирующего сигнала ограничена значением 1200 Гц (2400 Гц, если частота основного сигнала равна 19200 Гц или выше). Более высокие частоты разделяются на два, чтобы частота вывода синхронизирующего сигнала всегда оставалась ниже 1200 Гц (2400 Гц для основной частоты 19200 Гц или выше). «Sample output» (Вывод выборки) предназначен для активации внешнего вольтметра, чтобы синхронизировать выборочные измерения с основным выводом, используемым для калибровки МК9023А. Если «Sample multiplier» (Множитель выборки) установлен на «Auto» (Автоматически), частота основного сигнала

		будет умножена до 850 Гц на коэффициенты 2048 - 64, поддерживая вывод выборки на частоте приблизительно 30 - 65 кГц. Частота основного сигнала свыше 850 Гц умножается на коэффициенты 32 - 8, повышая частоту вывода выборки до его предела 5 МГц. Фиксированные множители выборки умножают вышеописанный вывод Sync вместо частоты основного сигнала.
	Sample state (Состояние выборки)	On/Off. Если включить состояние выборки, дискретизированный сигнал начнется, когда опорный сигнал пройдет через ноль.
	Sample multiplier (Множитель выборки)	Auto/8/16/32/64/128/256/512/1024/2048

4.2. Сила постоянного и переменного тока

4.2.1. Сила постоянного тока (DC) и переменного (синусоидального) тока (SINE)

1. Подключите амперметр к калибратору, как показано на следующем рисунке.
2. Выберите надлежащую функцию и диапазон в амперметре (мультиметре).
3. Нажмите на клавишу функции CURRENT на калибраторе. Будет автоматически задан режим DC. Если необходим переменный ток (AC), еще раз нажмите на клавишу CURRENT.

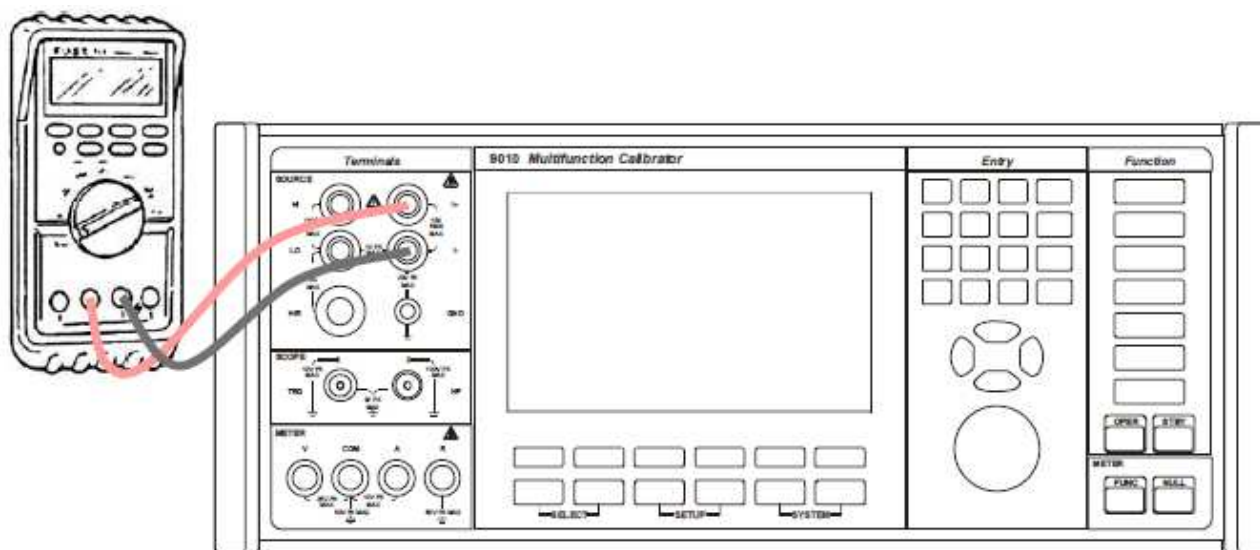


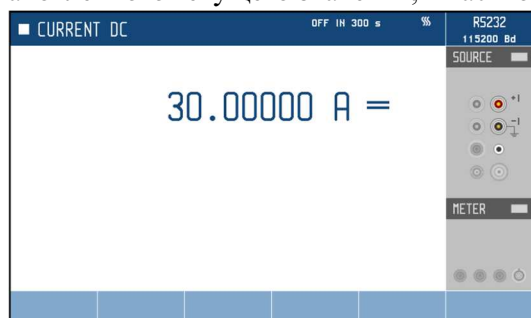
Рисунок 18. Проверка амперметра

4. В режиме AC последовательно нажимайте на кнопку функции ВЫБРАТЬ, чтобы активировать окно Frequency и задать запрашиваемую частоту.
5. Задайте значение выходного тока с помощью клавиш курсора, поворотной ручки или числовой клавиатуры.
6. Включите рабочий режим калибратора, нажав на клавишу ВКЛ. Выходной ток появится на выходных клеммах, загорится клавиша ВКЛ. и индикация SOURCE на экране будет зеленой.
7. Чтобы выключить вывод напряжения, нажмите на клавишу ОТКЛ.

Ограничение по времени работы диапазона 30 А

Дисплей калибратора показывает счетчик времени, когда выбран диапазон 30 А. Временной буфер уменьшается при включении выходных клемм и автоматически выключает, когда он падает до нуля. При отключенных выходных клеммах буфер времени пополняется со скоростью 1 секунда за 2 секунды в режиме реального времени. Максимальный предел составляет 5 мин – 30 минут в зависимости от установленного текущего значения, в частности: $Время [сек] = 172710 / (I^2 - 324,3)$

где I – величина выходного тока.



4.2.2. Не синусоидальный ток

Калибратор может служить источником не синусоидальных форм сигнала с предварительно заданной формой. Вывод ограничен значениями 100 мкА - 2 А и 1 кГц. Применяются следующие формы сигнала:

- Limit. Sine (Ограниченный синусоидальный): синусоидальный с заданным искажением 13,22 %.
- Square (Прямоугольный): симметричный прямоугольный сигнал.
- Triangle (Треугольный): симметричный.
- Ramp Up (Линейное нарастание)
- Ramp Down (Линейное снижение)
- Harmonic (Гармоника): регулируемые гармонические составляющие

Чтобы выбрать запрашиваемую форму сигнала, нажмите на функциональную клавишу SHAPE (ФОРМА), выделите необходимый пункт с помощью функциональных клавиш ▲▼, клавиш курсора или поворотной ручки, а затем подтвердите нажатием на ENTER.

4.2.3. Режим Гармоники (Harmonic)

Калибратор обладает уникальной функцией создания заданной заказчиком формы сигнала. Определение сигнала основывается на настройке амплитуды и смещении фазы гармонических составляющих относительно базовой, основной частоты. Количество гармонических составляющих ограничено 50, но максимальная частота гармонической составляющей не может превышать 5 кГц. Амплитуда отдельных гармонических составляющих не может превышать 30% от амплитуды сигнала основной частоты.

Способ настройки параметров формы сигнала см. в главах 4.1.2. и 4.1.3.

4.2.4. Настройка режима выходного тока

Настройку функции напряжения можно активировать клавишей SETUP SOURCE (НАСТРОЙКА ИСТОЧНИКА). Откроется следующий экран:

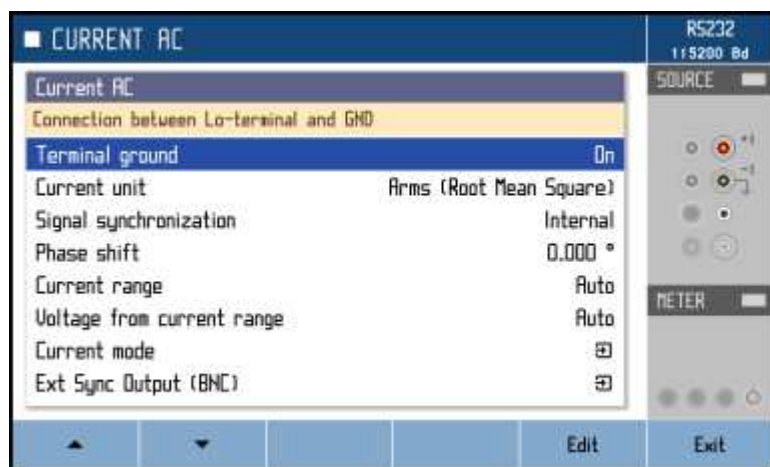


Рисунок 19. Экран настройки тока

В меню SETUP доступны дополнительные настройки функции тока. Используйте клавиши ▲▼ и функциональную клавишу EDIT, чтобы изменять следующие пункты:

Terminal ground (Клемма заземления)	On/Off	Выходная клемма тока LO заземлена/плавающая.
Current unit (Единица измерения тока)	Root Mean Square (Среднеквадратичное значение) / Peak (Пик) / Peak-Peak (Размах колебаний) / Average (Среднее)	
[только для режима AC] Signal synchronization (Синхронизация сигнала)	Internal (Внутренняя)	Частота и фаза заданы внутренним генератором.
	Power Line (Линия питания)	Синхронизировано по напряжению линии питания.
	BNC	Синхронизировано с разъемом EXT SYNC INPUT на задней панели.
	External Master (Внешнее ведущее устройство)	Синхронизировано с ведущим устройством через разъем MSI на задней панели.
[только для режима AC] Phase shift	x.xxx Degrees (Градусов) (°)	Смещение фазы между выводом тока и синхронизирующим сигналом.

(Смещение фазы)		
Current range (Диапазон тока)	Auto/200 пА /2 мА/20 мА/200 мА/2 А/20 А	
Voltage from current range (Напряжение по диапазону тока)	Auto/50 мВ/500 мВ/5 В	
Current mode (Режим тока)	Current mode (Режим тока)	Normal (Нормальный)/ Voltage from current (Напряжение по току)/ Coil (Катушка)
	Equivalent coefficient (Эквивалентный коэффициент) (V/A)	Если для режима тока задано Voltage from Current, этот параметр определяет соотношение между генерируемым напряжением и заданным током.
	Number of Coil turns (Количество витков катушки)	Если для режима тока задано Coil, значение на дисплее и значение удаленного управления будут умножены на это число.
[только для режима AC] Ext Sync Output (BNC) (Вывод для внешней синхронизации)	Mode (Режим)	Переключение функции разъема Ext Sync Output BNC на задней панели. Оба вывода генерируют прямоугольный сигнал с передним фронтом, синхронизированным по фазе с внутренним опорным переменным током. «Sync output» (Вывод синхронизирующего сигнала) представляет собой опору по фазе и частоте для основного выходного сигнала, используемого для синхронизации с другими устройствами. Частота вывода синхронизирующего сигнала ограничена значением 1200 Гц (2400 Гц, если частота основного сигнала равна 19200 Гц или выше). Более высокие частоты разделяются на два, чтобы частота вывода синхронизирующего сигнала всегда оставалась ниже 1200 Гц (2400 Гц для основной частоты 19200 Гц или выше). «Sample output» (Вывод выборки) предназначен для активации внешнего измерителя, чтобы синхронизировать выборочные измерения с основным выводом тока, используемым для калибровки МК9023А. Если «Sample multiplier» (Множитель выборки) установлен на «Auto» (Автоматически), частота основного сигнала будет умножена до 850 Гц на коэффициенты 2048 - 64, поддерживая вывод выборки на частоте приблизительно 30 - 65 кГц. Частота основного сигнала свыше 850 Гц умножается на коэффициенты 32 - 8, повышая частоту вывода выборки до его предела 5 МГц. Фиксированные множители выборки умножают вышеописанный вывод Sync вместо частоты основного сигнала.
	Sample state (Состояние выборки)	On/Off. Если включить состояние выборки, дискретизированный сигнал начнется, когда опорный сигнал пройдет через ноль.
	Sample multiplier (Множитель выборки)	Auto/8/16/32/64/128/256/512/1024/2048

4.3. Электрическое сопротивление постоянному току

Базовая версия калибратора обеспечивает плавно регулируемой декадой сопротивления LVR. Декада работает на основании моделирования сопротивления с помощью электронных схем. Функция предназначена для поверки функций измерения электрического сопротивления различных мультиметров, в которых используются сигналы низкого уровня. Режимом является VARIABLE (ПЕРЕМЕННАЯ).

Кроме работы в качестве имитатора сопротивления, калибратор обеспечивает более точное сопротивление в режиме FIXED (ФИКСИРОВАННЫЙ). В этом режиме доступны только фиксированные номинальные значения декады.

Калибратор можно оснастить опцией МЕГОМ (режим источника высокого сопротивления). Эта опция обеспечивает диапазоном сопротивления от 10 кОм до 100 ГОм с рабочим напряжением до 1500 В постоянного тока. Функция предназначена для поверки измерителей сопротивления изоляции, мегомметров и других измерительных приборов постоянного тока с высоким сопротивлением с рабочим напряжением до 1,5 кВ.

Чтобы выбрать функцию сопротивления, нажмите на клавишу функции RESISTANCE.

4.3.1. Режим источника низкого сопротивления (плавная установка сопротивлений)

Декаду низкого сопротивления можно использовать с двух- или четырехпроводным соединением. Для двухпроводного соединения используются выходные клеммы с обозначением HI и LO. Для четырехпроводного соединения используются клеммы HI и LO в качестве клемм питания, а +I и -I в качестве клемм измерения.

Примечание: четырехпроводной метод соединения обеспечивает более низкую погрешность поверки, особенно для значений низкого сопротивления по причине исключенного влияния сопротивления измерительных кабелей.

Функция режима источника низкого сопротивления работает на основе электронного имитатора сопротивления. Её рабочие условия ограничены. Максимальное тестовое напряжение равно 20 В. Ограничения тестового напряжения и тестового тока см. в технических характеристиках.

Если установлена опция декады высокого сопротивления HVR (опция MEGOM), последовательно нажимайте на кнопку функции RESISTANCE, пока не будет выбран режим RESISTANCE LVR. Чтобы отобразить список режимов, нажмите на функциональную клавишу MODE (РЕЖИМ). Выберите Variable (Переменная) и подтвердите нажатием на ENTER. Подключите омметр (мультиметр) к калибратору, как показано на следующем рисунке.

1. Выберите надлежащую функцию и диапазон в омметре (мультиметре).
2. Задайте запрашиваемый режим подключения с двух- или четырехпроводным соединением. Чтобы переключаться между двумя режимами, используйте функциональную клавишу WIRE (ПРОВОД). Задайте требуемое значение сопротивления.
3. Включите выходные клеммы, нажав на клавишу ВКЛ.
4. Чтобы отключить клеммы, нажмите на клавишу ОТКЛ.

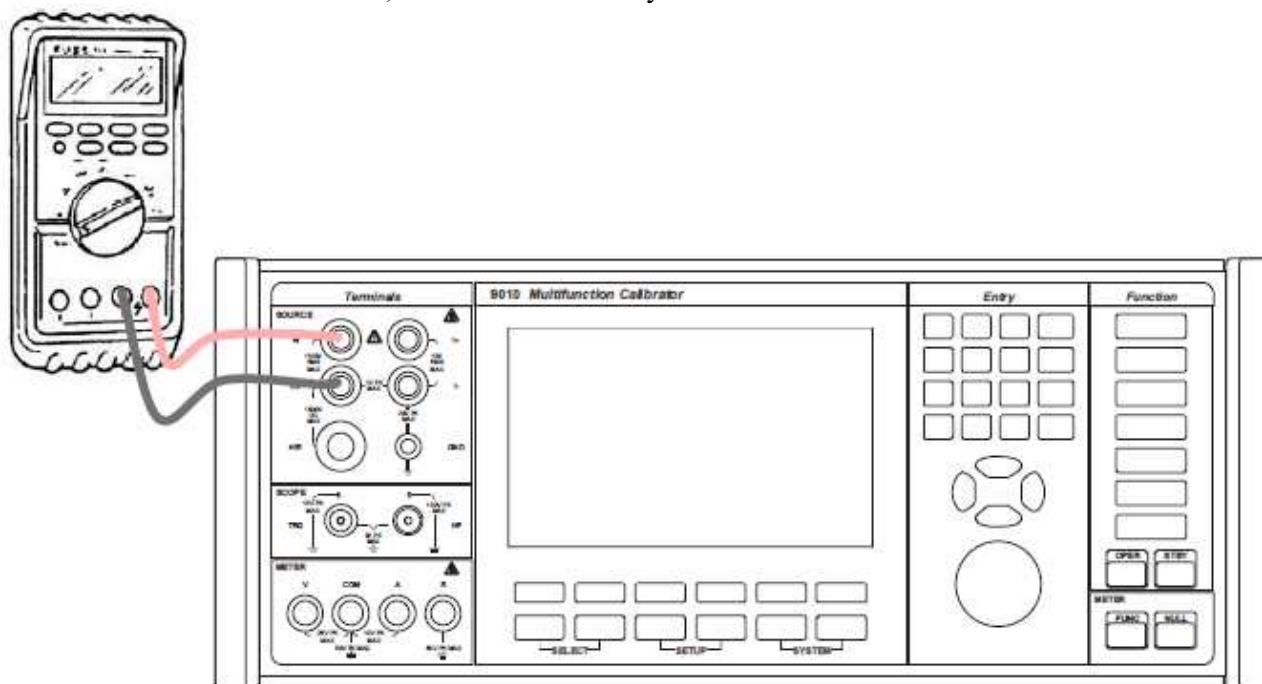


Рисунок 20. Двухпроводная схема поверки сопротивления

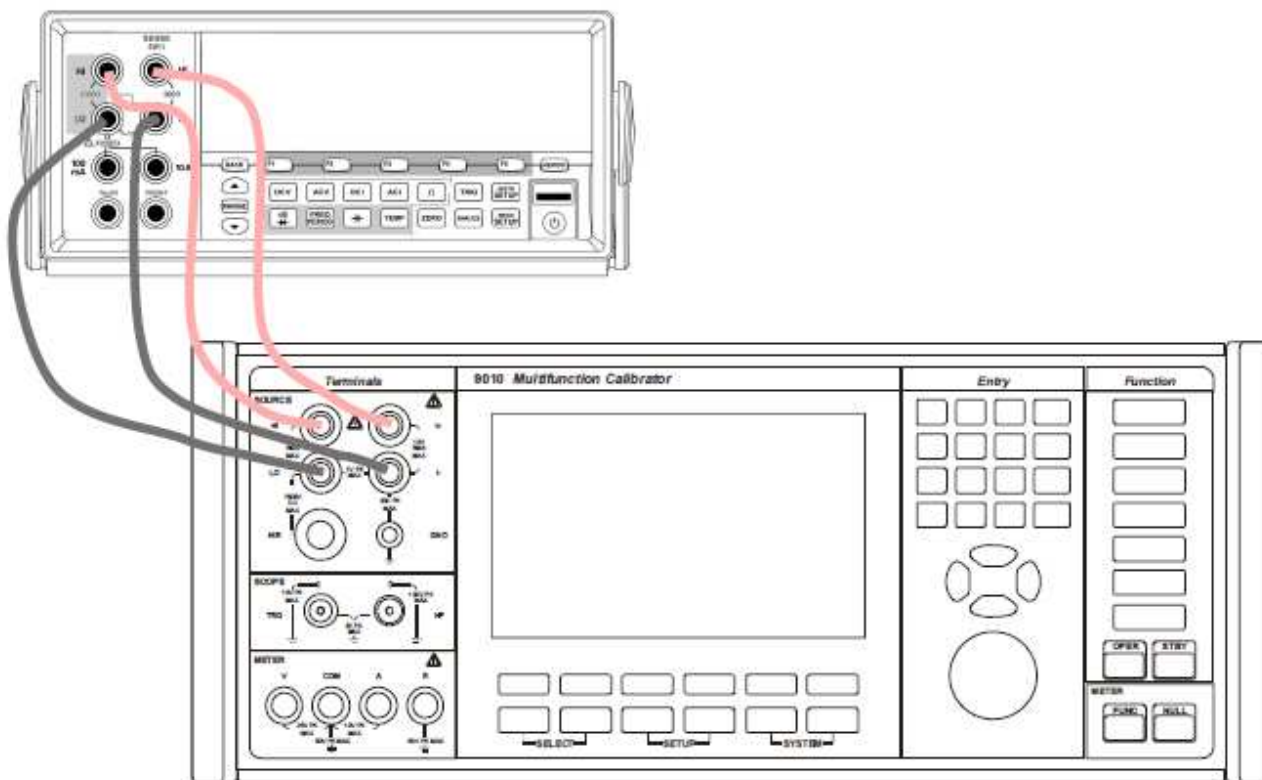


Рисунок 21. Четырехпроводная схема поверки сопротивления

4.3.2. Режим источника низкого сопротивления (фиксированные декады сопротивлений)

Фиксированный режим обеспечивает высокую точность получаемого сопротивления, однако диапазон сопротивления ограничивается номинальными значениями фиксированного сопротивления. На дисплее всегда отображается точное калибровочное значение.

Чтобы отобразить список режимов, нажмите на функциональную клавишу **MODE** (РЕЖИМ). Выберите пункт **Fixed** и подтвердите нажатием на **ENTER**. Чтобы выбрать двух- или четырехпроводное соединение, нажмите на функциональную клавишу **WIRE**.

Позиции отдельных фиксированных значений можно выбрать функциональными клавишами **▲▼**, клавишами курсора или поворотной ручкой. Числовая клавиатура не активна в этом режиме. На дисплее отображается калибровочное значение.

4.3.3. Режим источника высокого сопротивления (опция МЕГОМ)

Режим источника высокого сопротивления обеспечивает полностью программируемым последовательно подключенным магазином сопротивлений в диапазоне от 10 кОм до 100 ГОм с максимальным рабочим напряжением 1500 В. Декада применима для напряжения постоянного тока. Не используйте тестовый сигнал переменного тока. Режим источника высокого сопротивления доступен только в двухпроводной конфигурации.

Чтобы отобразить список режимов, нажмите на функциональную клавишу **MODE** (РЕЖИМ). Выберите пункт **High resistance** (Высокое сопротивление) и подтвердите нажатием на **ENTER**.

1. Подключите омметр (мультиметр) к калибратору, как показано на следующем рисунке.
2. Выберите надлежащую функцию и диапазон в омметре (мультиметре).
3. Нажмите на клавишу функции **RESISTANCE** на калибраторе. Нажмите на функциональную клавишу **MODE** и выберите позицию декады высокого сопротивления.
4. Задайте требуемое значение сопротивления.
5. Включите выходные клеммы, нажав на клавишу **ВКЛ**.
6. Чтобы отключить клеммы, нажмите на клавишу **ОТКЛ**.

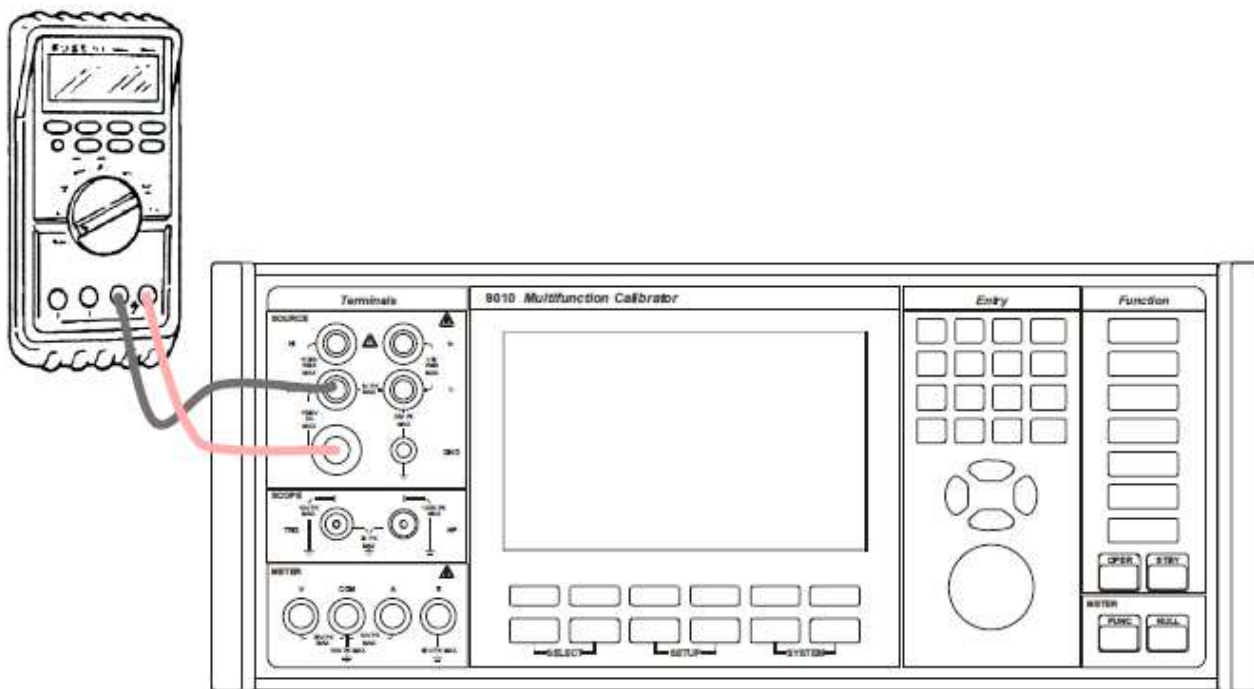


Рисунок 22. Проверка в режиме источника высокого сопротивления

4.3.4. Настройка сопротивления

Настройку функции сопротивления можно активировать клавишей SETUP SOURCE. Доступны следующие параметры:

- Terminal ground (Клемма заземления): On/Off

Когда для параметра задано ON, выходные клеммы LO внутренне соединены с проводом PE.

4.4. Электрическая ёмкость

Калибратор включает в себя плавно регулируемую ёмкость. Декада работает на основании моделирования ёмкости с помощью электронных схем. Функция предназначена для проверки режимов измерения ёмкости различных мультиметров. Режимом является VARIABLE (ПЕРЕМЕННАЯ) со знаком.

Кроме режима VARIABLE, калибратор обеспечивает более точное значение ёмкости в режиме FIXED. В этом режиме доступны только фиксированные номинальные значения декады.

4.4.1. Режим плавной установки электрической ёмкости (VARIABLE)

Режим доступен только с подключением двух клемм и максимальным значением при тестировании от 2 до 5 В в зависимости от заданного значения. Ограничения тестового напряжения и тестового тока см. в технических характеристиках.

Чтобы отобразить список режимов, нажмите на функциональную клавишу MODE (РЕЖИМ). Выберите Variable (Переменная) и подтвердите нажатием на ENTER.

1. Подключите мультиметр к калибратору, как показано на следующем рисунке.
2. Выберите надлежащую функцию и диапазон в мультиметре.
3. Нажмите на клавишу функции CAPACITANCE на калибраторе.
4. Включите выходные клеммы, нажав на клавишу ВКЛ.
5. Чтобы отключить клеммы, нажмите на клавишу ОТКЛ.

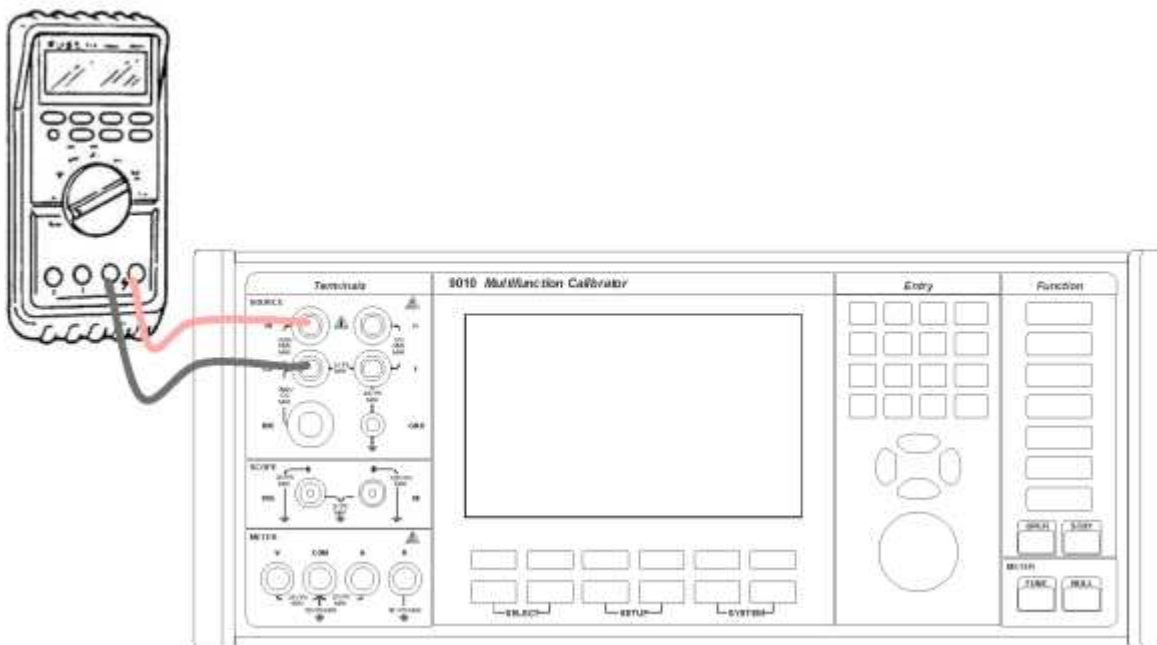


Рисунок 23. Проверка электрической ёмкости

4.4.2. Режим фиксированной установки электрической ёмкости (FIXED)

Фиксированный режим обеспечивает высокую точность получаемой электрической ёмкости, однако диапазон ёмкости ограничивается номинальными значениями фиксированной ёмкости.

Чтобы отобразить список режимов, нажмите на функциональную клавишу MODE (РЕЖИМ). Выберите пункт Fixed и подтвердите нажатием на ENTER. Позиции отдельных фиксированных значений можно выбрать функциональными клавишами ▲▼, клавишами курсора или поворотной ручкой. Числовая клавиатура не активна в этом режиме.

4.4.3. Настройка ёмкости

Настройку функции емкости можно активировать клавишей SETUP SOURCE. Доступны следующие параметры:

- Terminal ground (Клемма заземления)

Когда для параметра задано ON, выходные клеммы LO внутренне соединены с проводом PE.

4.5. Измерители электрической мощности, анализаторы и измерители электроэнергии

Калибратор может работать в режиме воспроизведения мощности переменного и постоянного тока (одновременное воспроизведение постоянного и переменного напряжения и силы тока). Функция предназначена для проверки измерителей электрической мощности и анализаторов параметров качества электропитания. Нажмите на функциональную клавишу POWER, чтобы выбрать режим Power/Energy (Мощности/энергии).

4.5.1. Режим электрической мощности постоянного тока и синусоидального тока (Power)

В режиме DC можно задать только выходное напряжение и ток. В режиме AC также можно задать частоту выходного сигнала и смещение фазы между напряжением и током.



Рисунок 24. Режим воспроизведения мощности переменного тока (Power)

1. Подключите измеритель мощности к калибратору, как показано на следующем рисунке.
2. Нажмите на клавишу функции POWER на калибраторе. Чтобы переключить между режимом DC и AC, еще раз нажмите на клавишу POWER.
3. Задайте выходное напряжение, ток, частоту и смещение фазы с помощью функциональных клавиш под дисплеем, либо с помощью клавиш ВЫБРАТЬ переключайтесь между активными полями на дисплее для непосредственного ввода значения.
4. Нажмите на клавишу ВКЛ., чтобы подключить выходные клеммы. Калибратор служит источником напряжения и тока.
5. Чтобы отключить клеммы, нажмите на клавишу ОТКЛ.

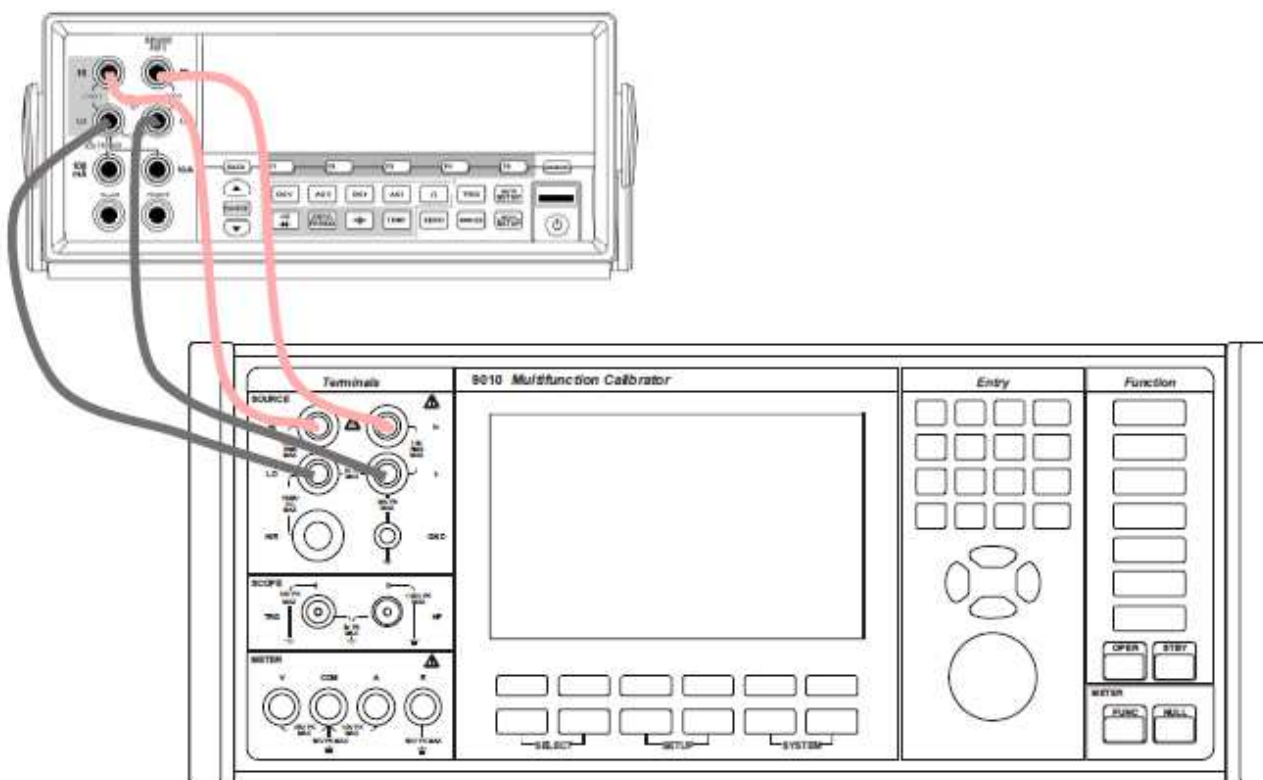


Рисунок 25. Проверка измерителя мощности

Калибратор оснащен каналом плавающего тока. Заземленный или плавающий вывод можно настроить в меню SETUP.

Знак сигнала переменного тока указывает на режим SIN без искажения.

4.5.2. Режим Гармоники (Harmonic)

В режиме Harmonic для выходного сигнала можно задать любое искажение, выраженное в смещении амплитуды и фазы.

Гармонический спектр выходного напряжения можно задать отдельно.

Выберите режим Power с помощью клавиши POWER. Нажмите на функциональную клавишу Harmonic. Откроется следующий экран:



Рисунок 26. Режим Harmonic

Способ редактирования, предварительного просмотра, сохранения и загрузки отдельных гармонических составляющих см. в главе 4.1.3. Знак звездочки в поле Harmonic указывает, что для выходного сигнала задано гармоническое искажение. Обозначение без знака звездочки означает, что выходной сигнал представляет собой чистый синусоидальный сигнал.

4.5.3. Режим воспроизведения электрической энергии (Energy)

В режиме Energy калибратор служит источником выходного сигнала в течение заданного периода. Выберите режим Power с помощью клавиши POWER. Нажмите на функциональную клавишу Energy. Откроется следующий экран:



Рисунок 27. Режим Energy

Задайте запрашиваемое время, в течение которого выходные сигналы должны быть подключены к выходным клеммам. Чтобы перемещать активное окно, используйте функциональную клавишу ВЫБРАТЬ.

Оба режима SIN и Harmonic можно применять в режиме Energy.

4.5.4. Параметры электрической мощности и энергии

Кроме параметра основного значения мощности, следующие функциональные клавиши под дисплеем могут редактировать непосредственно параметры:



Рисунок 28. Функциональные клавиши Power/Energy

Функциональная клавиша Harmonic позволяет настроить не синусоидальную форму сигнала с гармоническим искажением. Клавишами ВЫБРАТЬ переместите активную линию в позицию Harmonic. Назначение функциональных клавиш изменится, благодаря чему можно задать гармонический спектр более высокого порядка. Дополнительную информацию см. в главе 4.1.3.

Функциональная клавиша Energy активирует линию для ввода запрашиваемой части энергии в поле ENERGY или запрашиваемого времени в поле TIME.

Кроме кнопок одного касания, в калибраторе имеются свои собственные настройки параметров в меню SETUP. Нажмите на клавишу SOURCE SETUP (НАСТРОЙКА ИСТОЧНИКА), чтобы открыть меню с настройками параметров.

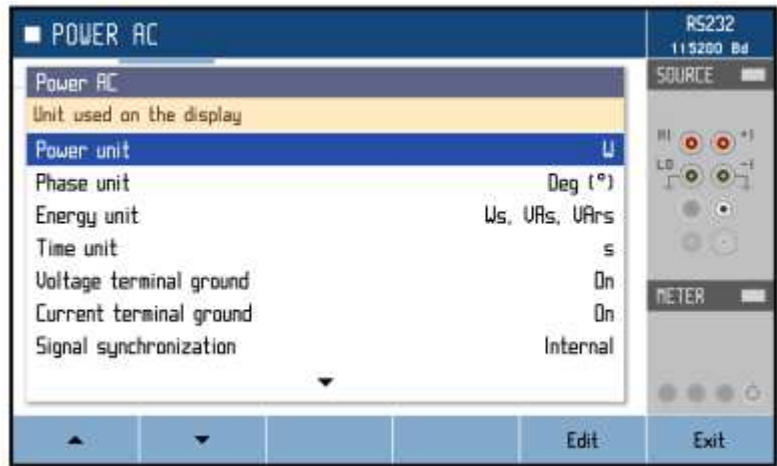


Рисунок 29. Экран настройки мощности

Можно изменить следующие пункты:

[только для режима AC] Power unit (Единица измерения мощности)	W/VA/VAr (Вт / ВА / ВА реактивный)	
[только для режима AC] Phase unit (Единица измерения фазы)	Градусы (°) или Cos (опережение/запаздывание)	
[только для режима AC] Energy unit (Единица измерения энергии)	Ws (Вт·с) / VAs (ВА·с) / VArс (ВА реактивный·с) / Wh (Вт·ч) / VAh (ВА·ч) / VArh (ВА реактивный·ч)	
Time unit (Единица измерения времени)	s (секунда) / hms (формат чч:мм:сс)	
Voltage terminal ground (Заземление клеммы напряжения)	On/Off	Выходная клемма напряжения LO заземлена/плавающая
Current terminal ground (Заземление клеммы тока)	On/Off	Выходная клемма тока LO заземлена/плавающая
[только для режима AC] Signal synchronization (Синхронизация сигнала)	Internal (Внутренняя)	Частота и фаза заданы внутренним генератором.
	Power Line (Линия питания)	Синхронизировано по напряжению линии питания.
	BNC	Синхронизировано с разъемом EXT SYNC INPUT на задней панели.
	External Master (Внешнее ведущее устройство)	Синхронизировано с ведущим устройством через разъем MSI на задней панели.
[только для режима AC] Phase shift	x.xxx Градусы (°) или Cos (опережение/запаздывание)	Смещение фазы между напряжением и током.

(Смещение фазы)		
Energy mode (Режим энергии)	По времени (таймер)	после активации выходная мощность работает в течение заданного промежутка времени, а затем автоматически выключается
	Свободный режим	после активации выходная мощность увеличивается на неопределенный срок и подсчитывает количество потребляемой энергии
Voltage range (Диапазон напряжения)	Auto/2 В/20 В/100 В/280 В	
Current range (Диапазон тока)	Обычный (Normal) - Auto/2 мА/20 мА/200 мА/2 А/20 А VFC – Auto/50 мВ/ 500 мВ/ 5 В Coil – 50xNormal Диапазон выбирается автоматически в зависимости от выбранного режима.	
Switch delay (Задержка переключения)	Switch-off delay (Задержка включения)	Задержка включения текущего канала после подключения напряжения, в диапазоне от 0 до 60 с. Эта задержка обозначается символом (часы) на главной панели при включении и выключении выходных клемм.
	Switch-off delay (Задержка выключения)	Задержка отключения текущего канала после подключения напряжения, в диапазоне от 0 до 60 с.
Current mode (Режим тока)	Current mode (Режим тока)	Normal (Нормальный)/ Voltage from current (Напряжение по току)/ Coil (Токовая катушка)
	Equivalent coefficient (Эквивалентный коэффициент) (V/A)	Если для режима тока задано Voltage from Current, этот параметр определяет соотношение между генерируемым напряжением и заданным током.
	Number of Coil turns (Количество витков токовой катушки)	Если для режима тока задано Coil, значение на дисплее и значение удаленного управления будут умножены на это число.
	Coil uncertainty (погрешность токовой катушки)	при установке текущего режима на токовой катушке, значения погрешности как на дисплее, так и на пульте дистанционного управления увеличиваются на это число
[только для режима AC] Ext Sync Output (BNC) (Вывод для внешней синхронизации)	Mode (Режим)	Переключение функции разъема Ext Sync Output BNC на задней панели. Оба вывода генерируют прямоугольный сигнал передним фронтом, синхронизированным по фазе с внутренним опорным напряжением переменного тока. «Sync output» (Вывод синхронизирующего сигнала) представляет собой опоры по фазе и частоте для основного выходного сигнала, используемого для синхронизации с другими устройствами. Частота вывода синхронизирующего сигнала ограничена значением 1200 Гц (2400 Гц, если частота основного сигнала равна 19200 Гц или выше). Более высокие частоты разделяются на два, чтобы частота вывода синхронизирующего сигнала всегда оставалась ниже 1200 Гц (2400 Гц для основной частоты 19200 Гц или выше). «Sample output» (Вывод выборки) предназначен для активации внешнего вольтметра, чтобы синхронизировать выборочные измерения с основным выводом напряжения, используемым для калибровки МК9023А. Если «Sample multiplier» (Множитель выборки) установлен на «Auto» (Автоматически), частота основного сигнала будет умножена до 850 Гц на коэффициенты 2048 - 64, поддерживая вывод выборки на частоте приблизительно 30 - 65 кГц. Частота основного сигнала свыше 850 Гц умножается на коэффициенты 32 - 8, повышая частоту вывода выборки до его предела 5 МГц. Фиксированные множители выборки умножают вышеописанный вывод Sync вместо частоты основного сигнала.
	Sample state (Состояние выборки)	On/Off. Если включить состояние выборки, дискретизированный сигнал начнется, когда опорный сигнал пройдет через ноль.
	Sample multiplier (Множитель выборки)	Auto/8/16/32/64/128/256/512/1024/2048

4.5.5. Функция одновременного воспроизведения двух напряжений

Эта функция позволяет использовать токовые клеммы в качестве источника выходного напряжения. В данном режиме фактически доступно два синхронных вывода напряжения. Простой преобразователь сопротивления используется для преобразования внутри калибратора. Диапазон выходного напряжения от 5 мВ до 5 В (переменного или постоянного тока). Используя настройку эквивалентного коэффициента, можно задать надлежащий диапазон имитируемого тока.

Примечание: эта функция удобна для калибровки ваттметров, в которых измерительные токовые клеммы используют ввод в милливольтках.

4.6. Модули для проверки осциллографов (опции ОСЦ1 и ОСЦ2)

Калибратор дополнительно может быть оснащен одним из модулей для проверки осциллографов. Оба модуля содержат следующие режимы:

Режим	Описание	Области применения	Диапазон	Разъём
Voltage (Напряжение)	Напряжение постоянного тока и низкой частоты до 1 кГц и 200 В _{пик}	Низкочастотная калибровка чувствительности по горизонтальной оси	0 - 200 В _{пик}	тип N
Sine (Синусоидальный)	Форма сигнала высокой частоты с регулируемой амплитудой до 1,5 В _{пик}	Неравномерность АЧХ в канале вертикального отклонения	15 Гц - 400 МГц (опция ОСЦ1) 15 Гц - 1,1 ГГц (опция ОСЦ2)	тип N
Pulse (Импульсные сигналы)	Широтно-импульсная модуляция с регулируемой амплитудой и соотношением	Калибровка временной развертки	1 - 50%	тип N
Time marker (Временные маркеры)	Временные маркеры с регулируемым соотношением и амплитудой	Калибровка временной развертки осциллографов	0,1 Гц - 400 МГц	тип N
Input impedance meter (Измерение сопротивления нагрузки)	Измерение сопротивления нагрузки осциллографов (50 Ом и 1 МОм)	Проверка входного сопротивления осциллографов	100 Ом, 2 МОм	тип N

Таблица 2. Режимы модуля проверки осциллографа

Выберите режим SCOPE с помощью клавиши SCOPE, после чего откроется следующий экран:



Рисунок 30. Режим SCOPE

Последовательно нажимайте на клавишу SCOPE, чтобы переключать между режимами Voltage - SINE - PWM (широтно-импульсный режим) - Time marker.

4.6.1. Поверка в режиме низкой частоты или постоянного тока

В этом режиме доступны откалиброванные сигналы постоянного тока, прямоугольный и синусоидальный. Запрашиваемый режим Voltage можно выбрать после нажатия на функциональную клавишу Shape (Форма). Отображается следующий список форм сигнала:

DC Positive (положительное напряжение постоянного тока)	Положительное напряжение постоянного тока с регулируемым уровнем.
DC Negative (отрицательное напряжение постоянного тока)	Отрицательное напряжение постоянного тока с регулируемым уровнем.
Symmetric square (симметричный прямоугольный)	Симметричный прямоугольный сигнал с регулируемым коэффициентом заполнения и частотой.
Sine (синусоидальный)	Синусоидальный сигнал с регулируемым уровнем и частотой.

Разъём ВЫХОД (тип N) используется для выходных сигналов при проверке осциллографов.

Разъём СИНХР. (тип BNC) используется для запуска осциллографа (синхронизации) при его проверке. В меню Source можно выбрать входной импеданс проверяемого осциллографа (50 Ом или 1 МОм).

Отображаемые единицы измерения амплитуды можно задать нажатием на клавишу ВЫБРАТЬ, чтобы перейти в режим редактирования основного значения, а затем нажать функциональную клавишу Unit (Единица измерения) и выбрать одну из следующих единиц измерения: V_{rms} (среднеквадратичное значение), V_{pk} (пиковое), V_{pp} (размах колебаний), V_{avg} (среднее), dBu (дБ микровольт), dBV (дБ вольт), dBm (дБ милливат).

Чтобы поверить осциллограф необходимо:

1. Подключить осциллограф к выходному разъему (тип N) калибратора.
2. Выбрать на осциллографе входной импеданс (50 Ом или 1 МОм)
3. Выберите необходимую форму сигнала с помощью функциональной клавиши Shape и подтвердите нажатием на Enter.
4. Задайте необходимую частоту, амплитуду и коэффициент заполнения.
5. Нажмите на клавишу ВКЛ., чтобы подать сигнал на выходной разъём.

4.6.2. Синусоидальный режим

В режиме Sine доступно откалиброванное синусоидальное напряжение. Форма сигнала обладает низким искажением и стабилизированной амплитудой. Полное выходное сопротивление равно 50 Ом. Выберите режим Sine, нажимая на клавишу SCOPE, пока не отобразится экран с режимом Sine. Для настройки доступны следующие значения:

- Частота в Гц
- Амплитуда в предварительно выбранных единицах измерения V_{rms} , V_{pk} , V_{pp} , V_{avg} , dBμ, dBV, dBm
- Тип кабеля для компенсации потерь в кабеле

Нажмите на клавишу ВКЛ., чтобы подключить сигнал к выходному разъёму (тип N).

Выберите режим SCOPE с помощью клавиши SCOPE и снова нажмите SCOPE, появится следующий экран:



Рисунок 31. Синусоидальный режим

Редактор компенсации потерь в измерительном кабеле

Режим используется для коррекции вносимых потерь внешнего кабеля, подключенного к разъёму (тип N), для функции Scope синусоидальный режим (Sine). Предельное значение коррекции устанавливается в диапазоне от 0 дБ до 1,5 дБ. Если предел достигнут, отображается индикатор, и значение коррекции ограничено 1,5 дБ.

Калибратор имеет память для 16 различных кабелей с редактируемым пользователем именем. Каждый кабель имеет максимум 32 точки коррекции. Между каждой точкой вычисляется линейная интерполяция. Всплывающая подсказка для кабеля показывает реальное значение, которое скорректировано с учетом фактической частоты.

Выберите кабель, а затем нажмите кнопку редактирования, появится следующий экран:

CABLE > Hand FLEX 141BM		
Point	Frequency	Attenuation
	0.00 Hz	0.00 dB
1	10.00 MHz	0.02 dB
2	50.0 MHz	0.04 dB
3	100.0 MHz	0.06 dB
4	250 MHz	0.10 dB
5	400 MHz	0.13 dB
6	700 MHz	0.17 dB
7	1000 MHz	0.20 dB
8	1.15 GHz	0.21 dB
Add Remove Remove all Edit Save Close		

Рисунок 32. Экран редактора компенсации потерь в измерительном кабеле

CABLE > *Cable 7			
Point	Frequency	Attenuation	 >1.5 dB / 750 MHz
	0.00 Hz	0.00 dB	
1	500 MHz	1.00 dB	
Add Remove Remove all Edit Save Close			

Рисунок 33. Индикация достижения предела вносимых потерь

4.6.3. Импульсный режим

В импульсном режиме выполняется подача серии импульсов с заданной частотой и коэффициентом заполнения. На экране также отображается ширина импульса. Полное выходное сопротивление равно 50 Ом. Выберите режим Pulse, нажимая на клавишу SCOPE, пока не отобразится экран с режимом Pulse. Для настройки доступны следующие значения:

- Частота в Гц.
- Амплитуда в предварительно выбранных единицах измерения V_{rms} , V_{pk} , V_{pp} , V_{avg} , dBμ, dBV, dBm
- Коэффициент заполнения

Нажмите на клавишу ВКЛ., чтобы подключить сигнал к выходному разъёму.

Отображаемая ширина импульса вычислена по формуле:

$$\Delta = 1/f * R/100 [с],$$

где f - частота выходного сигнала;

R - коэффициент заполнения в %.

4.6.4. Режим временных маркеров

В режиме Time marker осуществляется подача импульсов времени с заданной шириной и регулируемым периодом (частотой). Амплитуду временных маркеров можно регулировать на нескольких предварительно заданных уровнях. Полное выходное сопротивление равно 50 Ом. Выберите режим Time Marker, нажимая на клавишу SCOPE, пока не отобразится экран с режимом Time Marker. Для настройки доступны следующие значения:

- Период (мкс, мс, с).
- Ширина временных маркеров в виде коэффициента заполнения с предварительно заданными уровнями 1, 10, 20, 30, 40, 50 % до 4 МГц, с предварительно заданными уровнями 10, 20, 30, 40, 50 % в диапазоне от 4 МГц до 10 МГц, а также с выбросами шириной 2 нс свыше 10 МГц.
- Амплитуда в предварительно выбранных единицах измерения V_{rms} , V_{pk} , V_{pp} , V_{avg} , dBμ, dBV, dBm с предварительно заданными уровнями 50 mV, 100 mV, 500 mV, 1V peak.

Нажмите на клавишу ВКЛ., чтобы подключить сигнал к выходному разъёму (тип N).

4.6.5. Измерение сопротивления нагрузки

Входное сопротивление осциллографа может быть измерено с помощью самой модуля проверки осциллографов. Нажмите программную клавишу R-meter в любом модуле проверки осциллографов (опции ОСЦ1 и ОСЦ2), чтобы активировать функцию измерения импеданса:

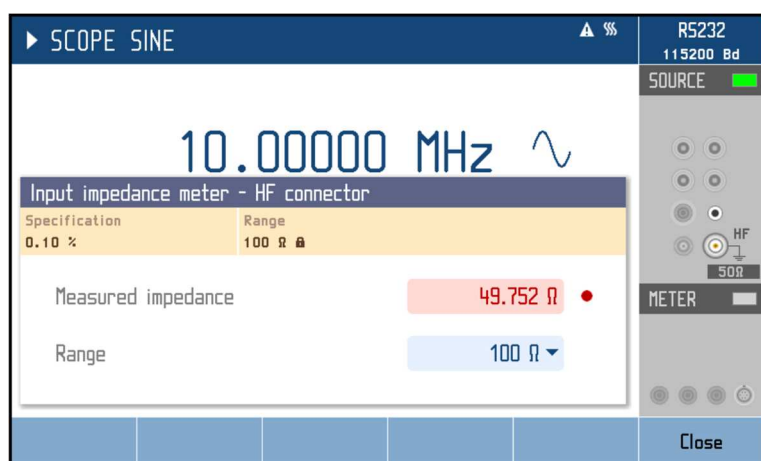


Рисунок 34. Измерение сопротивления нагрузки

Импеданс измеряется на высокочастотном разъёме (тип N). Измерение сопротивления нагрузки осциллографов 50 Ом должны измеряться в диапазоне 100 Ом, а 1 МОм - в диапазоне 2 МОм.

4.6.6. Настройка модуля проверки осциллографов

Настройку модуля проверки осциллографов можно активировать клавишей SETUP SOURCE. Откроется следующий экран:

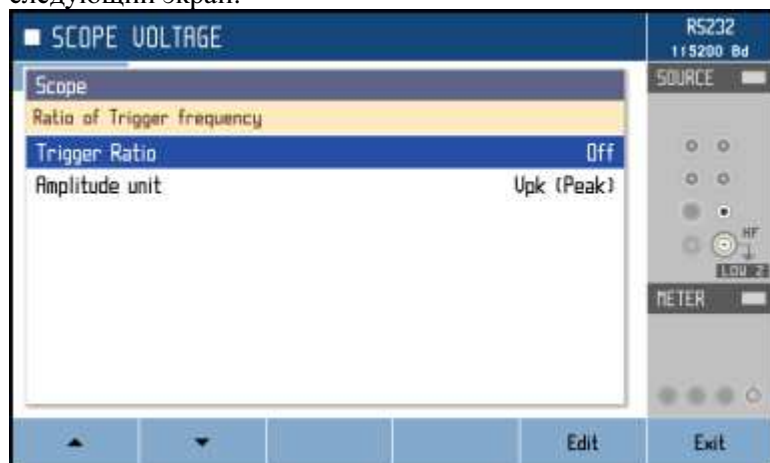


Рисунок 35. Настройка модуля проверки осциллографов

4.6.7. Сигналы запуска (синхронизации) осциллографа при его проверке

Выходное напряжение опции SCOPE можно активировать внешним сигналом, подключенным к коаксиальному разъёму BNC на передней панели. Ожидается прямоугольный сигнал с амплитудой свыше 1 В_{пик.}. Входное сопротивление ввода пускового сигнала равно 50 Ом. Для пускового сигнала доступен выбор только одного параметра Trigger Ratio (Коэффициент пускового сигнала).

Чтобы изменить настройку, нажмите на клавишу ВЫБРАТЬ в функции SCOPE, выберите пункт Trigger Ratio и выберите одно из значений Off, /1, /10, /100. Число обозначает номинальное соотношение частоты между пусковым и выходным сигналом.

Amplitude unit (Единица измерения амплитуды)

Последний пункт меню SETUP предназначен для выбора отображаемых единиц измерения. Единицу измерения также можно заменить в отдельных вспомогательных функциях с помощью функциональной клавиши Ampl. Unit (Единица измерения амплитуды).

4.7. Воспроизведение сигналов первичных преобразователей температуры

Калибратор может воспроизводить (имитировать) различные наиболее распространенные первичные преобразователи температуры, как термопреобразователи сопротивления (RTD), так и термоэлектрические преобразователи (TC). Доступ к этой функции можно получить после нажатия на клавишу выбора функции OPTION, а затем выбора типа датчика.

4.7.1. Воспроизведение сигналов термопреобразователей сопротивления (RTD)

При использовании функции TEMPERATURE RTD (ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ RTD) калибратор воспроизводит (имитирует) термопреобразователи сопротивления путем подключения такого сопротивления (которое соответствует заданной температуре) к выходным клеммам. После выбора функции откроется следующий экран:



Рисунок 36. Воспроизведение термопреобразователя сопротивления (RTD)

Чтобы воспроизвести термопреобразователи сопротивления (RTD), необходимо:

1. Подключите ввод термометра к клеммам HI - LO, +I - -I.
2. Выберите тип датчика RTD (Platinum (Платиновый) или Nickel (Никелевый)) с помощью функциональной клавиши RTD Type (Тип RTD).
3. Задайте номинальное сопротивление датчика при 0 °C R0. Для датчика Pt 100 это значение равно 100,000 Ом. Нажмите на функциональную клавишу R0.
4. Выберите предварительно заданную шкалу температуры или создайте пользовательскую шкалу и нажмите на «PT user» (Пользовательская PT), чтобы получить к ней доступ.
5. Чтобы имитировать датчик температуры, введите необходимое значение температуры в основное поле на дисплее.
6. Нажмите на клавишу ВКЛ. К выходным клеммам будет подключено вычисленное сопротивление, соответствующее заданной температуре. Фактическое значение сопротивления отображается в желтой информационной строке в верхней части дисплея. Если строка скрыта, нажмите на любую клавишу для настройки значения: клавиша курсора, поворотная ручка или клавиша со стрелкой ВЫБРАТЬ.

Сопротивление подводится к клеммам HI - LO и +I - -I в конфигурации 4W. Клеммы HI - LO являются клеммами питания, а клеммы +I - -I представляют собой измерительные клеммы.

SETUP (Настройка) воспроизведения термопреобразователя сопротивления (RTD)

Для функции TEMPERATURE RTD существует функция SETUP. Меню SETUP можно открыть нажатием на клавишу SOURCE SETUP. В нем имеются следующие пункты:

- Выбор единицы измерения температуры °C, °F или K
- Клемма заземления, с помощью которой можно внутренне заземлить выходную клемму LO.

Коэффициенты шкалы «PT User». Формула вычисления RTD следующая:

$$R_{\text{имит.}} = R_0 * (1 + T * (A + T * (B + T * C * (T - 100.0))))],$$

где T - температура в °C

R0 - номинальное сопротивление датчика температуры при 0 °C.

4.7.2. Воспроизведение сигналов термоэлектрических преобразователей температуры (термопар), TC

При использовании функции TEMPERATURE TC (ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕРМОПАРЫ) калибратор имитирует датчик температуры термопары путем вывода такого напряжения постоянного тока на выходные клеммы, которое соответствует заданной температуре и выбранному типу датчика. После выбора функции откроется следующий экран:



Рисунок 37. Воспроизведение термоэлектрических преобразователей температуры (ТС)

Чтобы воспроизвести термоэлектрические преобразователи температуры (ТС), необходимо:

1. Подключите ввод термометра к выходным клеммам HI - LO.
2. Для пункта TC Type (Тип ТС) выберите один из следующих типов датчика: R, S, B, J, T, E, K, N, M, C, D, G2
3. Выберите необходимый эталон температуры PTS-68 или ITS-90.
4. Выберите Manual (Ручной) для RJ mode (Режим эталонного спая) и введите температуру холодного спая в поле RJ (Эталонный спай). Если установлена опция МУЛЬТИМЕТР и адаптер опция 91 подключены, как показано на следующем рисунке, то можно также использовать режим автоматической компенсации:

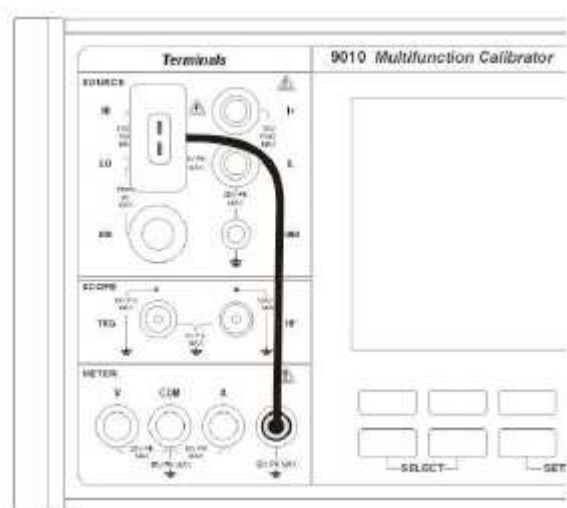


Рисунок 38. Воспроизведение термопар с помощью адаптера опция 91

5. Чтобы воспроизвести термопары, введите необходимое значение температуры в основное поле на дисплее.
6. Чтобы активировать вывод, нажмите на клавишу ВКЛ. Фактический уровень напряжения постоянного тока отображается в желтой информационной строке в верхней части дисплея. Если строка скрыта, нажмите на любую клавишу для настройки значения: клавиша курсора, поворотная ручка или клавиша со стрелкой ВЫБРАТЬ.

SETUP (Настройка) воспроизведения термоэлектрических преобразователей температуры (термопар), ТС

Для функции TEMPERATURE TC существует функция SETUP. Меню SETUP можно открыть нажатием на клавишу SOURCE SETUP. В нем имеются следующие пункты:

- Выбор единицы измерения температуры °C, °F или K
- Клемма заземления, с помощью которой можно внутренне заземлить выходную клемму LO.
- Режим вывода пассивный (более точный) или активный (доступен более высокий ток).

4.8. Опция встроенного мультиметра (МУЛЬТИМЕТР)

4.8.1. Входные клеммы

Калибратор оснащен дополнительным встроенным мультиметром. Мультиметр обеспечивает возможность непосредственного базового измерения выходного сигнала различных измерительных преобразователей, счетчиков энергии и т.д. без необходимости в каких-либо дополнительных измерительных приборах. Кроме этого, мультиметр служит в качестве термометра для адаптера внешнего эталонного спая, используемого для автоматической компенсации температуры холодного спая при воспроизведении термоэлектрических преобразователей температуры (термопар).

После нажатия на клавишу МУЛЬТИМЕТР на дисплее появится поле Multimeter (Мультиметр). Затем в нижней части экрана отобразится информационная строка с показаниями мультиметра и основными настройками.



Рисунок 39. Режим мультиметр

Чтобы произвести измерение внешних сигналов, необходимо:

1. Подключите источник сигнала к входным клеммам МУЛЬТИМЕТР:
 - Используйте клеммы A и COM для измерения тока.
 - Используйте переходник (опция 9000-60), подключенный к клемме R, чтобы измерять сопротивление и датчики температуры RTD.
 - Используйте клеммы V и COM для всех остальных функций измерителя. При измерении термопар с автоматической компенсацией холодного спая подключите адаптер (опция 91) следующим образом:

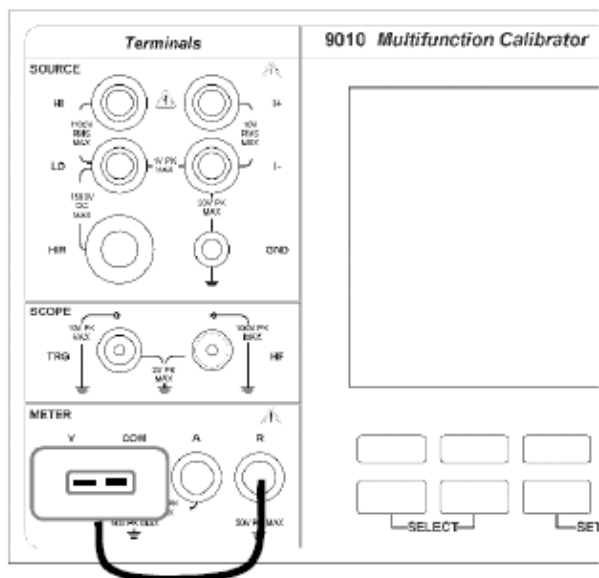


Рисунок 40. Измерение термопары с помощью адаптера (опция 91)

2. Выберите необходимую функцию. Используйте клавиши со стрелками ВЫБРАТЬ и поворотную ручку или клавиши курсора.
3. Мультиметр начнет измерять входной сигнал.

Кнопка НОЛЬ

С помощью кнопки НОЛЬ (ОБНУЛИТЬ) показания на дисплее можно обнулить в любой момент. Если функция НОЛЬ активирована, загорится светодиод в клавише НОЛЬ и на экране в информационном поле METER отобразится NULL. Чтобы отменить функцию обнуления, снова нажмите на клавишу НОЛЬ.

4.8.2. Назначение функциональных клавиш

Из функции мультиметра можно получить непосредственный доступ к нескольким вспомогательным функциям. Нажимайте на клавишу ВЫБРАТЬ, пока не будет выбрано активное окно Meter. Изменится значение функциональных клавиш под дисплеем. Функциональные клавиши обеспечивают быстрый доступ к следующим функциям:



Рисунок 41. Функциональные клавиши мультиметра

- Smoothing (Сглаживание): Активация сглаживающего фильтра.
- Scaling (Масштабирование): Разрешение измерений по шкале относительно опорного значения.
- Statistics (Статистика): Можно отобразить статистические данные.
- Limits (Пределы): Пределы настройки полосы пропускания.
- Диапазон: Выбор автоматического или фиксированного диапазона.

Smoothing (Сглаживание)

Эта функция обеспечивает возможность активировать сглаживающий фильтр и задать время интегрирования в виде количества усредняемых выборок. Чтобы активировать фильтр, задайте ON для пункта Smoothing.

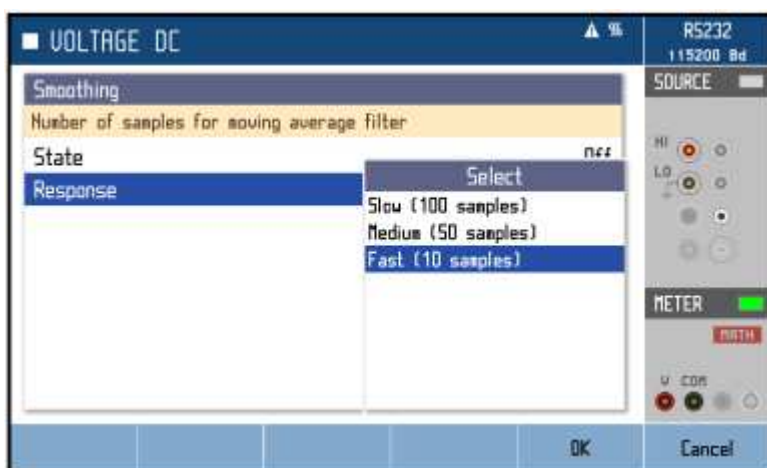


Рисунок 42. Сглаживающий фильтр измерителя

Scaling (Масштабирование)

Функция Scaling обеспечивает возможность повторного вычисления показаний мультиметра. Чтобы задать параметры масштабирования, нажмите на функциональную клавишу Scaling:

- Scaling. Используйте этот пункт, чтобы включить масштабирование. Масштабирование автоматически выключится после каждого изменения функции измерителя (например, при переходе с DCV на ACV).
- Function. «%» отображает относительное значение, а «Scale» отображает абсолютное значение на основании формул.

$$\text{Относительное значение [\%]} = (\text{показание} - \text{опорное значение}) / \text{опорное значение} * 100$$

и

$$\text{Абсолютное значение} = \text{коэффициент} * \text{показание} + \text{смещение}.$$

- Коэффициент, смещение и % опорного значения являются параметрами формулы масштабирования.
- Пользовательская единица измерения и обозначение Custom unit (Пользовательская единица

измерения). Можно задать пользовательскую единицу измерения с названием длиной до 4 буквенно-числовых знаков. Используйте кнопки навигации или поворотную ручку, чтобы ввести необходимые буквы, переключайте между верхним и нижним регистром с помощью функциональной клавиши A ^ a, а затем активируйте эту функцию, задав ON для пункта Custom unit.

Statistics (Статистика)

Если функция STATISTICS включена, показания мультиметра подвергаются статистической оценке. Чтобы отобразить параметры статистики, используйте функциональную клавишу Statistics. И информационном поле METER отображается символ MATH (МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ). Отображаются следующие данные:

- Min (Мин.) Минимальное показание
- Max (Макс.) Максимальное показание
- Span (Интервал) Разность между макс. и мин. показаниям.
- Average (Среднее) Среднее значение для всех полученных показаний.
- St. deviation (Среднеквадратичное отклонение) Среднеквадратичное отклонение полученных показаний.
- Count (Подсчет) Количество показаний.

Функцию STATISTICS можно выключить нажатием на функциональную клавишу Statistics или показания можно сбросить нажатием на функциональную клавишу Clear.



Рисунок 43. Функция статистики измерителя

Limits (Пределы)

Функция LIMITS сообщает, находится ли показание внутри или вне предварительно заданных пределов. Перед включением этой функции необходимо ввести нижний и верхний предел. Значением по умолчанию для обоих пределов является 0,000000. Сравнение показания с пределами отображается в поле METER с обозначением LIMT (ПРЕДЕЛ), а стрелки показывают, что показание ниже, внутри или выше пределов. Функция LIMITS применима ко всем функциям мультиметра.

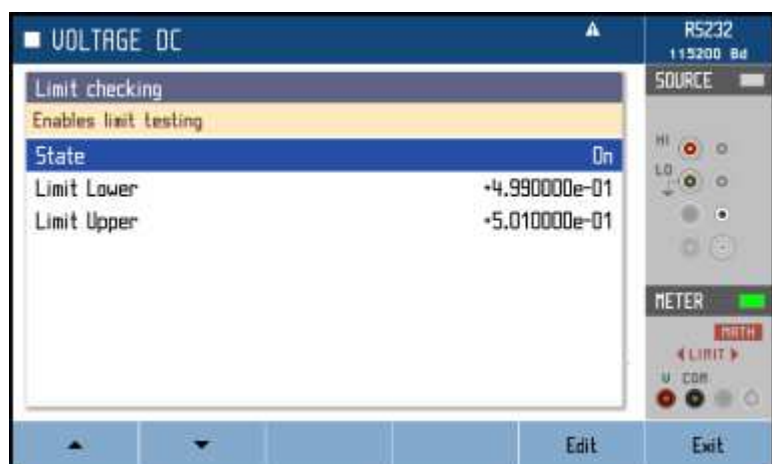


Рисунок 44. Функция пределов измерителя

4.8.3. Настройка измерителя

Для мультиметра существует меню SETUP, в котором можно выбрать параметры, указанные в следующей таблице. Чтобы отобразить экран SETUP, нажмите на клавишу ФУНКЦИЯ (опция МУЛЬТИМЕТР).

Пункт меню	Подсистема (при ее наличии)	Значения	Значение
Функция	Voltage DC (Напряжение пост. т.), Current DC (Постоянный ток), Lo Current DC (Постоянный ток Lo), Frequency (Частота), Resistance (Сопротивление), RTD, TC		Выбранная функция измерителя
Ranges (Диапазоны)	Напряжение постоянного тока	Auto/12 мВ/ 120 мВ/1,2 В/12 В	Выбор фиксированного диапазона или автоматического диапазона.
	Current DC	Auto/2.4 мА/24 мА	
	Lo Current DC	Auto/100 мкА/1 мА	
	Сопротивление	Auto/ 2 кОм/20 кОм	
	Частота	Auto/10 кГц/100 кГц	
	RTD	Auto/2 кОм/20 кОм	
	Термопара	Auto/12 мВ/120 мВ	
Terminal ground (Клемма заземления)	On/Off		Заземление клеммы COM
Input impedance (Входное полное сопротивление)	10 МОм/High Z (свыше 1 ГОм)		Выбор входного сопротивления вольтметра.
Frequency input (Ввод частоты)	Passive (Пассивный) / Active (Активный) (подтягивающий)		Способ измерения входного сигнала.
AC filter (Фильтр переменного тока)	100 Гц/100 кГц		Полоса пропускания по входу
Temperature unit (Единица измерения температуры)	°C/°F/K		Temperature unit (Единица измерения температуры)
Термопара	Тип	R/S/B/J/T/E/K/N/M/C/D/G2	Тип термопары
	Эталон	PTS-68/ITS-90	Выбор шкалы температуры
	RJ mode (Режим эталонного спая)	Manual/External (Ручной/внешний)	Компенсация холодного спая
	RJ Value (Значение эталонного спая)	xx.xx °C	Температура холодного спая
RTD	Тип	Platinum/Nickel (Платиновый/никелевый)	Тип RTD
	Эталон	PT385 (68)/PT385 (90)/PT3916/PT3926/PT User	Выбор шкалы температуры
	R0	xxx.xxx Ω	Сопротивление датчика при 0°C
	RTD Coefficient A (Коэффициент RTD A)	x.xxxxxx	Аппроксимирующие коэффициенты
	RTD Coefficient B	x.xxxxxx	
	RTD Coefficient C	x.xxxxxx	
Integration time (Время интегрирования)	50/60/100/200/400/800 мс		Частота обновления показаний
Auto offset (Автоматическое смещение)	On/Off		Автоматическая коррекция смещения
Mathematics (Математические операции)	Smoothing (Сглаживание)		Более подробную информацию см. в главе 4.8.2
	Scaling (Масштабирование)		
	Statistics (Статистика)		
	Limit checking (Проверка пределов)		

Таблица 3. Меню SETUP мультиметра

Непосредственный доступ к математическим параметрам также можно получить с помощью функциональных клавиш под дисплеем: Smoothing, Scaling, Statistics и Limits. Математические функции, которые были включены, обозначены желтой полоской в описании функциональной клавиши в нижней строке. В поле METER одновременно отображается обозначение **MATH**, которое указывает на применение математической функции.

5. Техническое обслуживание

В данной главе приведено описание способов проведения повседневного технического обслуживания, чтобы поддерживать ваше устройство в оптимальном рабочем состоянии.

5.1. Замена предохранителя

В калибраторе МК9023А имеется 2 предохранителя, которые может заменять пользователь и которые расположены на задней панели. Замените предохранители следующим образом:

1. Выключите калибратор и отсоедините от него шнур питания.
2. Найдите предохранитель, который необходимо заменить. Предохранитель сетевого питания расположен в корпусе селектора напряжения/предохранителя рядом с разъемом сетевого питания, а предохранитель выходного тока расположен в средней части задней панели.
3. Плоской отверткой откройте крышку селектора напряжения или поверните крышку предохранителя выходного тока, чтобы получить доступ к держателю предохранителя.
4. Извлеките предохранитель, проверьте, не перегорел ли он, а затем при необходимости замените его новым предохранителем с такими же номинальными характеристиками.

5.2. Очистка внешней поверхности

Чтобы поддерживать внешний вид устройства в состоянии, аналогичном новому, очищайте корпус и клавиши передней панели мягкой тряпкой, слегка смоченной водой или не абразивным мягким моющим раствором, который не оказывает вредного воздействия на пластиковые материалы.

5.3. Обновление встроенного ПО

Пользователь может обновить встроенное ПО. Чтобы получить новейшие улучшения пользовательского интерфейса, новые функции и устранения ошибок, рекомендуется проверять на наличие обновлений встроенного ПО приблизительно каждые 6 месяцев. Для этого:

1. Перейдите по адресу www.meatest.com/drivers-updates и найдите файл обновления встроенного ПО (.upl) для своего устройства. Если ваше устройство отсутствует, обратитесь в службу поддержки компании Meatest и запросите файл обновления встроенного ПО для своего устройства.
2. Проверьте, является ли версия файла обновления более новой, чем версия вашей программы. Версию установленного встроенного ПО можно найти в пункте меню MENU > Information > Software version (МЕНЮ > Информация > Версия ПО). Если установленная версия такая же, прекратите процесс обновления.
3. Скачайте программу Uploader с того же веб-сайта и установите ее, если она еще не установлена.
4. Кабелем RS232 подключите прибор к своему ПК и используйте Uploader, чтобы обновить встроенное ПО своего прибора. Калибратор перезапустится после завершения обновления.
5. Проверьте версию установленного ПО.

5.4. Сообщения об ошибках

В таблице приведено общее описание кодов ошибок, которые могут появиться при ручном управлении калибратором. Полный список ошибок изложен в руководстве по SCPI.

Группы кодов ошибок	Описание и наиболее важные коды ошибок
1000-5999	Встроенные процессоры распознают внутренние ошибки. Попробуйте обновить встроенное ПО до новейшей версии (как описано в главе 7.3), а если ошибка не исчезла после этого, сообщите о ней в центр сервисной поддержки.
6000-6999	Ошибки пользовательского интерфейса не дают пользователю вводить неправильные значения с клавиатуры и получать доступ к отсутствующим функциям. <u>6032</u> : устройство заблокировано в режиме удаленного управления. Чтобы выйти, нажмите на функциональную клавишу «Go to Local» (Перейти в локальный режим).
7000-7099	Ошибки, вызванные отсутствующей или поврежденной аппаратурой. Перезапустите прибор, а если ошибка не устранена, сообщите о ней в центр сервисной поддержки. <u>7021</u> : функция источника недоступна. Обратитесь в Meatest за возможными обновлениями. <u>7022</u> : функция измерителя недоступна. Обратитесь в Meatest за обновлением опции МЕГОМ.
7100-7999	Защитный элемент сработал и вывод/ввод выключен, чтобы предотвратить повреждение калибратора. Проверьте на слишком высокую нагрузку и/или внешнее напряжение на клеммах. Если ошибка не устранена, сообщите о ней в центр сервисной поддержки. <u>7100, 7101, 7103-7106, 7109, 7110</u> : перегрузка вывода. Уменьшите нагрузку до предписанных пределов и/или отсоедините от выходных клемм внешний источник слишком высокого напряжения. <u>7102, 7107, 7108</u> : перегрузка ввода. Уменьшите напряжение/ток тестового сигнала. <u>7111</u> : клеммы I+, I- разомкнуты. Вывод тока отсоединен. <u>7112</u> : клеммы Hi-Lo закорочены. Вывод напряжения отсоединен.
8000-8999	Ошибки калибровочных данных могут возникнуть при работе с калибровочными данными. Они также диагностируют ошибки резервного сохранения калибровки.
9000-10999	Как правило, ошибки набора предварительных настроек возникают при попытке создать, изменить или удалить набор предварительных настроек устройства или гармоник таким образом, который приведет к повреждению данных набора настроек, например, при повторном использовании существующих названий, удалении активно используемых наборов или превышении объема памяти. Дополнительную информацию см. в главе 3.6.
11000-11999	Превышение пределов внутренних измерителей: прибор содержит несколько внутренних измерителей, которые отслеживают пределы напряжения и тока на клеммах, температуры некоторых важных деталей устройства и других измерителей. Некоторые из этих ошибок могут стать причиной отключения выходных клемм. <u>11007</u> : клеммы Hi-Lo закорочены. Вывод напряжения отсоединен. <u>11008</u> : перегрузка по напряжению МЕГОМ. Выход HIR отсоединен. <u>11028</u> : клеммы I+, I- разомкнуты. Вывод тока отсоединен.
13001-13999	Ошибки, связанные с компенсацией кабеля
	<u>13001</u> : заданное значение пустое
	<u>13007</u> : Достигнуто максимальное количество записей
	<u>13010</u> : Элемент не обнаружен

Таблица 4. Общее описание кодов ошибок

6. Общие технические и метрологические характеристики

Все характеристики абсолютной погрешности, приведенные в данном документе, определены с доверительным интервалом 95% и коэффициентом расширения $k = 2$. Погрешности включают в себя долгосрочную стабильность в течение 12 месяцев, температурный коэффициент, отклонение от линейности, нестабильность выходного напряжения по нагрузке, нестабильность выходных параметров по сети питания и прослеживаемость до заводских или национальных калибровочных эталонов. Рекомендуемый интервал повторной калибровки равен 1 году.

Условия эксплуатации

Нормальные условия:	температура окружающего воздуха от +21 °C до +25 °C, макс. относительная влажность 70%.
Рабочие условия:	температура окружающего воздуха от +13 °C до +33 °C, макс. относительная влажность 70%, максимальная высота над уровнем моря 3 км.
Условия хранения:	температура окружающего воздуха от минус 10 °C до +55 °C, максимальная высота над уровнем моря 12 км.
Температурный коэффициент:	10 % от характеристики на каждый градус °C (за пределами Нормальных условий эксплуатации)

Общие сведения

Время прогрева:	Прибор обеспечивает все свои характеристики после прогрева прибора в течение 30 минут с момента включения.
Электропитание:	115/230 В $\pm$ 10 %, 50/60 Гц, максимальная потребляемая мощность 450 ВА
Соответствие требованиям к ЭМС:	Класс безопасности I согласно IEC 61010 ред. 2
	Класс защиты от ЭСР (электростатический разряд) I согласно EN 61326
	Категория перегрузки по напряжению II
	Степень загрязнения 2
Габариты (Ш x В x Д):	435 x 175 x 620 мм
Вес:	24 кг (без дополнительных модулей)

6.1. Воспроизведение напряжения постоянного и переменного тока

Общий диапазон выходного напряжения постоянного тока:	0,00000 мВ - 1050,000 В	
Общий диапазон выходного напряжения переменного тока:	1,00000 мВ _{СКЗ} - 1050,000 В _{СКЗ}	
Диапазоны напряжения:	автоматический, 20 мВ, 200 мВ, 2 В, 20 В, 100 В, 280 В, 1050 В	
Пределы диапазона:	150 - 1050 В для поддиапазона 1050 В, в противном случае 5 - 100 % от поддиапазона	
Доступные единицы измерения напряжения переменного тока:	RMS (СКЗ), peak (пик), peak-peak (размах колебаний) average (среднее)	
Диапазон частот:	15,000 Гц – 300,00 кГц	2 В и ниже
	15,000 Гц – 100,000 кГц	2 В до 20 В
	15,000 Гц – 30,000 кГц	20 В до 200 В
	15,000 Гц – 10,0000 кГц	200 В - 280 В
	20,000 Гц – 1000,00 Гц	свыше 280 В
Абсолютная погрешность установки частоты выходного напряжения не превышает значения:	$\pm(0,0025 \% \text{ от } F)$ где F – установленное значение частоты	
Режимы воспроизведения напряжения:	Пассивный выход 50 Ом (доступен при постоянном токе от 0 до 200 мВ). Активный выход (доступен во всем диапазоне как при постоянном, так и переменном токе).	

6.1.1 Воспроизведение напряжения постоянного тока

Диапазон	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности (в нормальных условиях эксплуатации), $\pm r_{pp}$	
	за 90 дней	за 1 год
0,00000 - 20,00000 мВ	95+10 мкВ / 28+1,5 мкВ ¹	100+10 мкВ / 30+1,5 мкВ ¹
20,0001 - 200,0000 мВ	14+10 мкВ / 14+1,5 мкВ ¹	15+10 мкВ / 15+1,5 мкВ ¹
0,200001 - 2,000000 В	11+5 мкВ	12+5 мкВ
2,00001 - 20,00000 В	9+35 мкВ	10+35 мкВ
20,0001 - 100,0000 В	14+150 мкВ	15+150 мкВ
100,0001 - 280,0000 В	14+400 мкВ	15+400 мкВ
280,001 - 1050,000 В	18+3,5 мВ	20+3,5 мВ

1 - для пассивного режима выхода.

6.1.2 Воспроизведение напряжения переменного тока

Диапазон	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности (в нормальных условиях эксплуатации), $\pm r_{pp}$							
	15 Гц - 10 кГц		10 кГц - 30 кГц		30 кГц - 100 кГц		100 кГц - 300 кГц	
	за 90 дней	за 1 год	за 90 дней	за 1 год	за 90 дней	за 1 год	за 90 дней	за 1 год
1,0000 - 20,0000 мВ	1200 +25 мкВ	1500 +25 мкВ	1200 +30 мкВ	1500 +30 мкВ	2300 +35 мкВ	2500 +35 мкВ	4500 +300 мкВ	5000 +300 мкВ
20,0000 - 200,0000 мВ	300 +40 мкВ	350 +40 мкВ	450 +60 мкВ	500 +60 мкВ	750 +100 мкВ	800 +100 мкВ	4600 +500 мкВ	5000 +500 мкВ
0,200000 - 2,000000 В	140 +90 мкВ	165 +90 мкВ	230 +100 мкВ	250 +100 мкВ	580 +200 мкВ	600 +200 мкВ	4600 +800 мкВ	5000 +800 мкВ
2,00000 - 20,00000 В	120 + 700 мкВ	160 +700 мкВ	280+1,2 мВ	300+1,2 мВ	480+4 мВ	500+4 мВ	---	---
20,0001 - 100,0000 В	160+5 мВ	180+5 мВ	380+14 мВ	400+14 мВ	---	---	---	---
100,0001 - 280,0000 В ²	160+10 мВ	180+10 мВ	280+40 мВ	300+40 мВ	---	---	---	---
280,000 - 1050,000 В ³	280+30 мВ	300+30 мВ	---	---	---	---	---	---

2 - выше 200 В частота ограничена 15-10000 Гц.

3 - частота ограничена 20-1000 Гц.

6.1.3 Характеристики искажения и максимальный ток нагрузки

Параметр	Диапазон	20 мВ	200 мВ	2 В	20 В	100 В	280 В	1000 В
THD (суммарный коэффициент нелинейных искажений) + шум ⁴	15-45 Гц	$\pm 0,05\% + 200$ мкВ	$\pm 0,05\% + 300$ мкВ	$\pm 0,15\%$	$\pm 0,15\%$	$\pm 0,15\%$	$\pm 0,15\%$	$\pm 0,25\%$
	45-10000 Гц	$\pm 0,05\% + 200$ мкВ	$\pm 0,05\% + 300$ мкВ	$\pm 0,05\%$	$\pm 0,05\%$	$\pm 0,05\%$	$\pm 0,05\%$	$\pm 0,20\%$
	10-30 кГц	$\pm 0,25\% + 200$ мкВ	$\pm 0,25\% + 300$ мкВ	$\pm 0,12\%$	$\pm 0,15\%$	$\pm 0,3\%$	$\pm 0,3\%$	---
	30-100 кГц	$\pm 0,35\% + 230$ мкВ	$\pm 0,35\% + 300$ мкВ	$\pm 0,22\%$	$\pm 0,3\%$	---	---	---
	100-300 кГц	$\pm 1,5\% + 500$ мкВ	$\pm 1\% + 700$ мкВ	$\pm 0,7\%$	---	---	---	---
Максимальный ток нагрузки	Активное постоянное напряжение	1 мА	5 мА	30 мА	50 мА	50 мА	50 мА	5 мА
	45-10000 Гц	0,5 мА _{ср3}	4 мА _{ср3}	30 мА _{ср3}	50 мА _{ср3}	50 мА _{ср3}	40 мА _{ср3}	3 мА _{ср3}
	10-30 кГц	0,5 мА _{ср3}	4 мА _{ср3}	10 мА _{ср3}	10 мА _{ср3}	10 мА _{ср3}	10 мА _{ср3}	---
	30-100 кГц	0,5 мА _{ср3}	2 мА _{ср3}	5 мА _{ср3}	5 мА _{ср3}	---	---	---
	100-300 кГц	100 Ом мин. нагрузка	100 Ом мин. нагрузка	1 мА	---	---	---	---

4 - THD в полосе пропускания до 500 кГц или 10 самых низких гармоник.

6.1.4 Не синусоидальные формы сигнала

Формы сигнала:	симметричный прямоугольный, линейное нарастание, линейное снижение, треугольный, обрезанный синусоидальный с THD 13,45 %, гармоника
Диапазон напряжения:	1,00000 мВ _{скз} – 200,0000 В _{скз} (максимально 282,0000 В _{пик})
Диапазон частот:	15,000-1000,00 Гц
Погрешность пикового значения:	±0,21%+70 мкВ _{пик}

6.2. Воспроизведение силы постоянного и переменного тока

Общий диапазон выходной силы постоянного тока:	0,0000 мкА - 30,00000 А	
Общий диапазон выходной силы переменного тока:	10,0000 мкА _{скз} - 30,00000 А _{скз}	
Диапазоны тока:	автоматический, 200 мкА, 2 мА, 20 мА, 200 мА, 2 А, 20,5 А, 30 А	
Пределы диапазона:	5-100% от диапазона	
Доступные единицы измерения силы переменного тока:	RMS (СКЗ), peak (пик), peak-peak (размах колебаний) average (среднее)	
Диапазон частот:	15,000 Гц-10,0000 кГц	ниже 200 мА
	15,000 Гц-5,0000 кГц	для 200 мА - 2 А
	15,000 Гц-1000,00 Гц	свыше 2 А
Абсолютная погрешность установки частоты выходного напряжения не превышает значения:	±(0,001 % от F) где F – установленное значение частоты	

6.2.1 Воспроизведение силы постоянного тока

Диапазон	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности (в нормальных условиях эксплуатации), ±ppm	
	за 90 дней	за 1 год
0,0000 - 200,0000 мкА	180+20 нА	200+20 нА
0,200000 - 2,000000 мА	140+50 нА	150+50 нА
2,00000 - 20,00000 мА	90+600 нА	100+600 нА
20,0000 - 200,0000 мА	90+5 мкА	100+5 мкА
0,200000 - 2,000000 А	150+50 мкА	160+50 мкА
2,00000 - 20,50000 А	230+500 мкА	250+500 мкА
20,50000 - 30,00000 А ⁵	430+750 мкА	450+750 мкА
20,50000 - 1500,000 А ⁶	Метрологические характеристики на пределе 30 А умноженные на дополнительную погрешность (при использовании токовой катушки Опция 140-50)	

5 - время работы калибратора при воспроизведении силы тока на пределе 30 А ограничено временем разогрева выходных усилительных каскадов до критических значений и которое зависит от величины воспроизводимого тока и подключенной нагрузки. При достижении критической температуры воспроизводимая величина будет отключена от нагрузки, при этом на экран индикатора выводится сообщения о перегрузке выходных каскадов. Дисплей калибратора показывает счетчик времени, когда выбран диапазон 30 А. Временной буфер уменьшается при включении выходных клемм и автоматически выключает, когда он падает до нуля. При отключенных выходных клеммах буфер времени пополняется со скоростью 1 секунда за 2 секунды в режиме реального времени. Максимальный предел составляет 5 мин – 30 минут в зависимости от установленного текущего значения (см. раздел 4.2.1).

6 – дополнительная погрешность токовой катушки Опция 140-50 указана в разделе 6.2.7

6.2.2 Воспроизведение силы переменного тока

Диапазон	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности (в нормальных условиях эксплуатации), $\pm r_{pp}$					
	15 Гц - 1 кГц		1 кГц - 5 кГц		5 кГц - 10 кГц	
	за 90 дней	за 1 год	за 90 дней	за 1 год	за 90 дней	за 1 год
10,0000 - 200,0000 мкА	1100+80 нА	1250+80 нА ⁷	2600+150 нА ⁷	3000+150 нА ⁷	4600+200 нА	5000+200 нА
0,200000 - 2,000000 мА	800+200 нА	850+200 нА	1300+500 нА	1500+500 нА	3600+600 нА	4000+600 нА
2,00000 - 20,00000 мА	380+2 мкА	400+2 мкА	900+4 мкА	1000+4 мкА	1800+6 мкА	2000+6 мкА
20,0000 - 200,0000 мА	380+20 мкА	400+20 мкА	900+50 мкА	1000+50 мкА	1800+100 мкА	2000+100 мкА
0,200000 - 2,00000 А	460+100 мкА	480+100 мкА	900+500 мкА	1000+500 мкА	---	---
2,00000 - 20,50000 А	700+4 мА	750+4 мА	---	---	---	---
20,50000 - 30,00000 А ⁸	---	1200+5 мА	---	---	---	---
20,50000 - 1500,000 А ⁹	Метрологические характеристики на пределе 30 А умноженные на дополнительную погрешность (при использовании токовой катушки Опция 140-50)					

7 – погрешность не нормируется для выходных сигналов меньше 10 мкА.

8 - время работы калибратора при воспроизведении силы тока на пределе 30 А ограничено временем разогрева выходных усилительных каскадов до критических значений и которое зависит от величины воспроизводимого тока и подключенной нагрузки. При достижении критической температуры воспроизводимая величина будет отключена от нагрузки, при этом на экран индикатора выводится сообщения о перегрузке выходных каскадов. Дисплей калибратора показывает счетчик времени, когда выбран диапазон 30 А. Временной буфер уменьшается при включении выходных клемм и автоматически выключает, когда он падает до нуля. При отключенных выходных клеммах буфер времени пополняется со скоростью 1 секунда за 2 секунды в режиме реального времени. Максимальный предел составляет 5 мин – 30 минут в зависимости от установленного текущего значения (см. раздел 4.2.1).

9 – дополнительная погрешность токовой катушки Опция 140-50 указана в разделе 6.2.7

6.2.3 Характеристики искажения и максимальное напряжение на нагрузке

Параметр	Диапазон	200 мкА	2 мА	20 мА	200 мА	2 А	30 А
Максимальная индуктивная нагрузка	15 Гц-10 кГц	1 Гн	100 мГн	100 мГн	10 мГн	1 мГн	500 мкГн
THD (суммарный коэффициент нелинейных искажений) + шум ¹⁰	15 Гц-1 кГц	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%
	1 кГц-5 кГц	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	---
	5 кГц-10 кГц	0,5%	0,4%	0,4%	0,4%	---	---
Максимальное напряжение на нагрузке	Постоянный ток	5 В	5 В	10 В	10 В	5 В	5 В
	15 Гц-1 кГц	4 В _{скз}	4 В _{скз}	5 В _{скз}	5 В _{скз}	3,5 В _{скз}	3 В _{скз}
	1 кГц-5 кГц	4 В _{скз}	4 В _{скз}	5 В _{скз}	5 В _{скз}	3,5 В _{скз}	---
	5 кГц-10 кГц	2 В _{скз}	2 В _{скз}	2 В _{скз}	2 В _{скз}	---	---
Добавление нагрузки ¹¹	Постоянный ток	50 нА/В	50 нА/В	200 нА/В	2 мкА/В	100 мкА/В	500 мкА/В
	15 Гц-1 кГц	70 нА/В	100 нА/В	200 нА/В	2 мкА/В	100 мкА/В	500 мкА/В
	1 кГц-5 кГц	1,5 мкА/В	1,5 мкА/В	1,5 мкА/В	2 мкА/В	200 мкА/В	---
	5 кГц-10 кГц	2 мкА/В	2 мкА/В	2 мкА/В	3 мкА/В	---	---

10 - THD в полосе пропускания до 100 кГц.

11 - дополнительная погрешность для максимального напряжения на нагрузке больше 0,5 В_{скз}

6.2.4 Не синусоидальные формы сигнала

Формы сигнала:	симметричный прямоугольный, линейное нарастание, линейное снижение, треугольный, обрезанный синусоидальный с THD 13,45 %, гармоника
Диапазон тока:	100,0000 мкА _{скз} – 2,000000 А _{скз} (максимально 2,82 А _{пик})
Диапазон частот:	15,000-1000,00 Гц
Погрешность пикового значения:	$\pm 0,21\% + 70 \text{ нА}_{\text{пик}}$

6.2.5. Напряжение на выходных клеммах тока

Диапазон напряжения:	0,00000 мВ - 5,000000 В
Диапазон коэффициента:	0,000002 - 10,000000 В/А
Форма сигнала:	Постоянный ток, синусоидальный
Диапазон частот:	Постоянный ток, 15,000 Гц - 400,00 Гц
Искажение:	< 0,1% в полосе пропускания 100 кГц

6.2.6 Характеристики напряжения на выходных клеммах тока

Диапазон ¹²	Допускаемая абсолютная погрешность, $\pm$ ppm	Полное сопротивление источника
50,00000 мВ	500+20 мкВ	2,2 Ом
500,0000 мВ	500+200 мкВ	22 Ом
5,000000 В	500+1 мВ	220 Ом

¹² – выходная величина устанавливается от 5% до 100 % от поддиапазона

6.2.7. Токовая катушка (опция 140-50)

Номинальное значение коэффициента трансформации измерительного тока (число витков катушки):	x25 x50
Максимальное выходное значение тока:	1500 А
Пределы допускаемой погрешности значения коэффициента трансформации	$\pm 0,3\%$ (в диапазоне частот от 0 Гц до 100 Гц)
Максимальный входной ток:	не более 20 А (непрерывно) не более 30 А (в течение не более 5 минут)
Минимальные размеры зажима клещей	x25 (25x13 мм) x50 (24x26 мм)

6.3. Воспроизведение электрического сопротивления постоянному току

Режимы измерения: 2W (двухпроводной)
4W (четырёхпроводной)

6.3.1. Воспроизведение электрического сопротивления постоянному току (непрерывный режим)

Общий диапазон сопротивления:	0,0000 Ом - 1,000000 МОм (в режиме 4W) 0,0000 Ом - 1,100000 ГОм (в режиме 2W)
Компенсация 2W:	0,0 - 1000,0 МОм

Диапазон ¹³	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности (в нормальных условиях эксплуатации), ±ppm				Допустимый ток ¹⁴
	режим 4W		режим 2W		
	90 дней	1 год	90 дней	1 год	
0,0000 - 10,0000 Ом	250+2 мОм	300+2 мОм	250+32 мОм	300+32 мОм	0,4 - 100 мА
10,0001 - 33,0000 Ом	210+2 мОм	250+2 мОм	210+32 мОм	250+32 мОм	0,4 - 100 мА
33,0001 - 100,0000 Ом	130+2 мОм	150+3 мОм	120+32 мОм	150+32 мОм	0,4 - 100 мА
100,0001 - 200,0000 Ом	90+3 мОм	100+3 мОм	90+33 мОм	100+33 мОм	0,4 - 30 мА
200,001 - 1000,000 Ом	90+3 мОм	100+3 мОм	90+33 мОм	100+33 мОм	0,4 - 10 мА
1000,001 - 2000,000 Ом	80+30 мОм	90+30 мОм	80+60 мОм	90+60 мОм	0,1 - 6 мА
2,00001 - 10,00000 кОм	80+30 мОм	90+30 мОм	80+60 мОм	90+60 мОм	20 - 2000 мкА
10,00001 - 20,00000 кОм	80+300 мОм	90+300 мОм	80+330 мОм	90+330 мОм	4 -1000 мкА
20,0001 - 100,0000 кОм	80+300 мОм	90+300 мОм	80+330 мОм	90+330 мОм	1 - 200 мкА
100,0001 - 200,0000 кОм	80+3 Ом	100+3 Ом	90+3 Ом	100+3 Ом	1 - 100 мкА
200,001 - 330,000 кОм	80+3 Ом	100+3 Ом	90+3 Ом	100+3 Ом	1 - 60 мкА

330,001 - 1000,000 кОм	120+3 Ом	150+3 Ом	120+3 Ом	150+3 Ом	0,2 - 20 мкА
1000,001 - 2000,000 кОм	---	---	130+30 Ом	150+30 Ом	0,04 - 10 мкА
2,00001 - 3,30000 МОм	---	---	130+30 Ом	150+30 Ом	0,04 - 6 мкА
3,30001 - 10,00000 МОм	---	---	180+30 Ом	200+30 Ом	10 - 2000 нА
10,00001 - 20,00000 МОм	---	---	1600+300 Ом	2000+300 Ом	10 - 1000 нА
20,0001 - 33,0000 МОм	---	---	1600+300 Ом	2000+300 Ом	10 - 600 нА
33,0001 - 100,0000 МОм	---	---	1600+300 Ом	2000+300 Ом	10 - 180 нА
100,0001 - 200,0000 МОм	---	---	2500+3 кОм	3000+3 кОм	10 - 100 нА
200,001 - 330,000 МОм	---	---	2500+3 кОм	3000+3 кОм	10 - 60 нА
330,001 - 1000,000 МОм	---	---	8500+10 кОм	10000+10 кОм	4 - 20 нА

13 - Границы диапазона основываются на калибровочных значениях эталонов режима установки фиксированного сопротивления, поэтому они могут отклоняться от номинальных значений до $\pm 5\%$.

14 - Абсолютная погрешность действительна для испытательных токов, которые дают минимум 100 мВ при заданном сопротивлении. Например, минимальный испытательный ток составляет 10 мА при сопротивлении 10 Ом в соответствии со спецификацией. При меньших испытательных токах минимальный сумматор увеличивается на коэффициент умножения $k = \text{Уровень(Ом)} \times 1$ при 100 мВ/ фактический. Например, при сопротивлении 10 Ом и испытательном токе 1 мА минимальный сумматор равен: 2 мОм $\times$ 10 мА/1 мА = 20 мОм вместо 2 мОм. При испытательных токах выше 10 мА и ниже указанных 100 мА сумматор.

6.3.2. Воспроизведение электрического сопротивления постоянному току (фиксированный режим)

Общий диапазон сопротивления:	0,0000 Ом - 100,0000 кОм (в режиме 4W)
	0,0000 Ом - 1,000000 ГОм (в режиме 2W)

Диапазон	Предел допускаемой основной погрешности (в нормальных условиях эксплуатации)				Максимальная нагрузка
	Калиброванного значения		Относительно номинального		
	режим 4W	режим 2W ¹⁵	режим 4W	режим 2W	
0,0000 Ом	< 0,5 мОм	25 мОм	±10 мОм	±1 Ом	500 мА _{пик}
0,1000 Ом	0,5 мОм	25 мОм	±2%	±1 Ом	500 мА _{пик}
1,0000 Ом	0,5 мОм	25 мОм	±2%	±1 Ом	400 мА _{пик}
10,0000 Ом	1 мОм	30 мОм	±2%	±1 Ом	300 мА _{пик}
100,0000 Ом	3 мОм	30 мОм	±2%	±2%	100 мА _{пик}
1000,000 Ом	±15 ppm	±40 ppm	±2%	±2%	20 В _{пик}
10,00000 кОм	±15 ppm	±20 ppm	±2%	±2%	20 В _{пик}
100,0000 кОм	±15 ppm	±15 ppm	±2%	±2%	100 В _{пик}
1000,0000 кОм	---	±30 ppm	---	±2%	100 В _{пик}
10,00000 МОм	---	±130 ppm	---	±5%	100 В _{пик}
100,0000 МОм	---	±1000 ppm	---	±10%	100 В _{пик}
1000,000 МОм	---	±2500 ppm	---	±15%	100 В _{пик}

15 - для фиксированного режима 2W добавьте минимальное значение 15 мкВ в зависимости от измеряемого тока. Например, при испытательном токе 10 мА добавьте минимальное значение 15 мкВ/10 мА=1,5 мОм.

6.3.3. Воспроизведение электрического сопротивления в режиме источника высокого сопротивления (опция МЕГОМ)

Общий диапазон сопротивления:	100,00 кОм - 10,000 ГОм (непрерывно), 100 ГОм (фиксированное значение)
Диапазон измерение напряжения для испытаний:	0,0 - 1500,0 В (постоянный ток)

Диапазон	Максимальное напряжение постоянного тока	Предел допускаемой основной погрешности сопротивления	Предел допускаемой основной погрешности напряжения
100,00 - 199,99 кОм	800 В	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,3\% + 2 \text{ В}$
200,0 - 999,9 кОм	1100 В	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,3\% + 2 \text{ В}$
1,0000 - 1,9999 МОм	1150 В	$\pm 0,3\%$	$\pm 0,5\% + 5 \text{ В}$
2,000 - 9,999 МОм	1150 В	$\pm 0,3\%$	$\pm 0,5\% + 5 \text{ В}$
10,000 - 19,999 МОм	1500 В	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\% + 5 \text{ В}$
20,00 - 199,99 МОм	1500 В	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\% + 5 \text{ В}$
200,0 - 999,9 МОм	1500 В	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\% + 5 \text{ В}$
1,0000 - 1,9999 ГОм	1500 В	$\pm 1\%$	$\pm 1\% + 5 \text{ В}$
2,000 - 10,000 ГОм	1500 В	$\pm 1\%$	$\pm 1\% + 5 \text{ В}$
100 ГОм	1500 В	$\pm 3\%$	$\pm 1,5\% + 5 \text{ В}$

6.4. Воспроизведение электрической ёмкости

Режимы измерения: 2W (двухпроводной)

6.4.1. Воспроизведение электрической ёмкости (непрерывный режим)

Общий диапазон:	0,800000 нФ - 120,0000 мФ
Максимальная нагрузка:	5 В _{пик} или 150 мА _{пик} (в зависимости от того, что наступит раньше)

Диапазон ¹⁶	Предел допускаемой основной погрешности (в нормальных условиях эксплуатации)		Максимальная частота
	за 90 дней	за 1 год	
0,800000 - 2,000000 нФ	$\pm 0,5\% + 15 \text{ пкФ}$	$\pm 0,5\% + 15 \text{ пкФ}$	1000 Гц
2,00001 - 3,30000 нФ	$\pm 0,5\% + 15 \text{ пкФ}$	$\pm 0,5\% + 15 \text{ пкФ}$	1000 Гц
3,30001 - 20,00000 нФ	$\pm 0,45\%$	$\pm 0,5\%$	1000 Гц
20,0001 - 33,0000 нФ	$\pm 0,45\%$	$\pm 0,5\%$	1000 Гц
33,0001 - 100,0000 нФ	$\pm 0,45\%$	$\pm 0,5\%$	500 Гц
100,0001 - 200,0000 нФ	$\pm 0,45\%$	$\pm 0,5\%$	300 Гц
0,200001 - 2,000000 мкФ	$\pm 0,45\%$	$\pm 0,5\%$	300 Гц
2,00001 - 3,30000 мкФ	$\pm 0,45\%$	$\pm 0,5\%$	300 Гц
3,30001 - 10,00000 мкФ	$\pm 0,45\%$	$\pm 0,5\%$	300 Гц
10,00001 - 20,00000 мкФ	$\pm 0,45\%$	$\pm 0,5\%$	300 Гц
20,0001 - 33,0000 мкФ	$\pm 0,45\%$	$\pm 0,5\%$	300 Гц
33,0001 - 100,0000 мкФ	$\pm 0,45\%$	$\pm 0,5\%$	300 Гц
100,0001 - 200,0000 мкФ	$\pm 0,45\%$	$\pm 0,5\%$	50 Гц
0,200001 - 1,100000 мФ	$\pm 0,45\%$	$\pm 0,5\%$	15 Гц
1,100001 - 2,000000 мФ	$\pm 0,45\%$	$\pm 0,5\%$	8 Гц
2,00001 - 11,00000 мФ	$\pm 0,45\%$	$\pm 0,5\%$	5 Гц
11,00001 - 20,00000 мФ	$\pm 0,6\%$	$\pm 0,7\%$	1 Гц
20,0001 - 120,0000 мФ	$\pm 0,8\%$	$\pm 1,0\%$	0,5 Гц

¹⁶ - границы диапазона до 1,1 мФ основаны на калибровочных значениях эталонов режима установки фиксированной ёмкости, поэтому они могут отклоняться от номинальных значений до $\pm 10\%$.

6.4.2. Воспроизведение электрической ёмкости (фиксированный режим)

Общий диапазон:	1,000000 нФ - 100,0000 мкФ
Максимальная нагрузка:	25 В _{пик} или 150 мА _{пик} (в зависимости от того, что наступит раньше)
Допуск относительно номинального значения:	±10%

Диапазон	Предел допускаемой основной погрешности калиброванного значения	Максимальная частота
1,000000 нФ	±1,25%	1000 Гц
10,00000 нФ	±0,35%	1000 Гц
100,0000 нФ	±0,25%	500 Гц
1,000000 мкФ	±0,25%	300 Гц
10,00000 мкФ	±0,35%	300 Гц
100,0000 мкФ	±0,45%	300 Гц

6.5. Воспроизведение мощности и электрической энергии постоянного и переменного тока

Общий диапазон напряжения:	0,200000 В – 1050,0000 В
Общий диапазон тока:	0,200000 мА - 30,00000 А
Диапазон воспроизводимых значений мощности электрического тока:	0,04000 мВт – 30,0000 кВт
Диапазон частот:	Постоянный тока, 15,000 Гц - 1000,00 Гц
Диапазон длительности воспроизведения энергии:	2,000 с – 3600,000 с
Диапазон значений сдвига фазы:	0,00° - 359,99°
Погрешность воспроизведения сдвига фазы:	0,15° (до 200 Гц) 0,25° (свыше 200 Гц) 0,5° на диапазоне 1050 В, от 20 до 500 Гц

6.5.1. Воспроизведение мощности постоянного тока

Допускаемая погрешность воспроизведения мощности постоянного тока определяется по формуле:

$$dP = \sqrt{(dU^2 + di^2 + 0,01^2)},$$

где

dP - погрешность воспроизведения значения выходной мощности в %

dU - погрешность воспроизведения значения напряжения постоянного тока в % (согласно техническим характеристикам напряжения постоянного тока в главе 8.1)

di - погрешность воспроизведения значения силы постоянного тока в % (согласно техническим характеристикам силы постоянного тока в главе 8.2)

Пример вычисления мощности постоянного тока

В этом примере выполняется вычисление погрешности 4 Вт (20 В, 200 мА). Вычисление каждой составляющей формулы выполняется следующим образом:

- dU = 0,0035% + 40 мкВ = 0,0037% (значения 20 В)

- di = 0,015% + 6 мкА = 0,018% (значения 200 мА)

Далее погрешность воспроизведения мощности постоянного тока вычисляется следующим образом:

$dP = \sqrt{(0,0037^2 + 0,018^2 + 0,01^2)} = 0,021\%$, что также является наилучшей достижимой точностью постоянного тока.

6.5.2. Воспроизведение мощности переменного тока

Допускаемая погрешность воспроизведения мощности переменного тока определяется по формуле:

$$dP = \sqrt{(dU^2 + dI^2 + dPF^2 + 0,03^2)},$$

где

dP - погрешность воспроизведения значения выходной мощности в %

dU - погрешность воспроизведения значения напряжения переменного тока в % (согласно техническим характеристикам напряжения постоянного тока в главе 8.1)

dI - погрешность воспроизведения значения силы переменного тока в % (согласно техническим характеристикам силы постоянного тока в главе 8.2)

dPF - погрешность коэффициента мощности в %

dPF основывается на типе используемых единиц измерения мощности и вычисляется по следующим формулам:

$$dPF = [1 - \cos(\varphi + d\varphi) / \cos(\varphi)] \cdot 100 \text{ для активной мощности}$$

$$dPF = [1 - \sin(\varphi + d\varphi) / \sin(\varphi)] \cdot 100 \text{ для реактивной мощности}$$

$$dPF = 0 \text{ для полной мощности}$$

где

φ - представляет собой установленный сдвиг по фазе между напряжением и током.

d φ - погрешность установки сдвига по фазе

Пример вычисления мощности переменного тока

Этот пример основывается на следующих параметрах:

- Функция: активная мощность переменного тока

- Заданное значение: 500 Вт (100 В, 10 А, сдвиг по фазе 60°), 50 Гц

Вычисление каждой составляющей формулы выполняется следующим образом:

- dU = 0,025% + 0,010% от диапазона = 0,045% (значения 100 В)

- dI = 0,05% + 0,01 % от диапазона = 0,06% (значения 10 А)

- dPF = $[1 - \cos(60 + 0,15) / \cos 60] \cdot 100 = 0,45\%$

Далее погрешность воспроизведения мощности переменного тока вычисляется следующим образом:

$$dP = \sqrt{(0,045^2 + 0,06^2 + 0,45^2 + 0,03^2)} = 0,46\%$$

Характеристики отдельного коэффициента мощности (PF)

Диапазон (Range): от минус 1,0000 до +1,0000

Погрешность определяется по следующей формуле:

$$dPF = \text{abs} [\cos(\varphi + d\varphi) / \cos(\varphi)] + 0,0005,$$

где

φ - представляет собой установленный сдвиг по фазе между напряжением и током.

d φ - погрешность установки сдвига по фазе

6.5.3. Воспроизведение электрической энергии постоянного и переменного тока

Допускаемая погрешность воспроизведения электрической энергии определяются по таким же формулам, что и мощность, но с добавлением погрешности периода времени 0,01%+0,3 с.

Таким образом, окончательный вид формул следующий:

$$dE = \sqrt{(dU^2 + dI^2 + dt^2 + 0,01^2)} \text{ для постоянного тока}$$

$$dE = \sqrt{(dU^2 + dI^2 + dPF^2 + dt^2 + 0,03^2)} \text{ для переменного тока}$$

где

dt = 0,01%+30/заданный период (t)

Пример вычисления электрической энергии переменного тока

Этот пример основывается на следующих параметрах:

- Функция: электрическая энергия переменного тока

- Заданная мощность: 460 Вт (230 В, 2 А, сдвиг по фазе 0°), 50 Гц
- Заданный период: 5 минут

Вычисление каждой составляющей формулы выполняется следующим образом:

$$dU = 0,03\% + 12 \text{ мВ} = 0,035\% \text{ (значения 230 В)}$$

$$di = 0,07\% + 200 \text{ мкА} = 0,08\% \text{ (значения 2 А)}$$

$$dPF = [1 - \cos(0 + 0,15) / \cos 0] \cdot 100 = 0,0003\%$$

$$dt = 0,01\% + 0,3 \text{ с} = 0,11\% \text{ (периода длительностью 5 минут)}$$

Далее погрешность воспроизведения электрической энергии переменного тока вычисляется следующим образом:

$$dE = \sqrt{(0,035^2 + 0,08^2 + 0,0003^2 + 0,11^2 + 0,03^2)} = 0,14\%$$

6.6. Гармонические составляющие

Гармонические составляющие могут быть наложены на форму сигнала для всех функций воспроизведения калибратором напряжения и силы переменного тока, мощности и электрической энергии переменного тока.

Параметры сигнала основной частоты:

Максимальная пиковая амплитуда первой гармоники:	$\sqrt{2}$ х полный диапазон
Погрешность амплитуды первой гармоники:	0,2% от диапазона первой гармоники
Максимальная частота первой гармоники:	1 кГц
Минимальная допускаемая погрешность установки частоты первой гармоники:	$\pm 0,0025\%$
Погрешность воспроизведения сдвига фазы:	0,2° (до 70 Гц)
	0,5° (свыше 70 Гц)

Параметры гармонических составляющих:

Максимальное количество гармонических составляющих:	50
Максимальная пиковая амплитуда гармоники:	0,00 - 30,00% от полного диапазона гармоники
Погрешность амплитуды гармоники:	0,2% от диапазона первой гармоники
Максимальная частота гармоники:	5 кГц
Диапазон значений сдвига фазы:	0,00 - 360,00°
Погрешность воспроизведения сдвига фазы:	5 мкс (стандартно)

Ограничение амплитуды итогового искаженного выходного сигнала:

Максимальная пиковая амплитуда:	$\sqrt{2}$ х полный диапазон основных гармоник
---------------------------------	--

6.7. Воспроизведение сигналов первичных преобразователей температуры

Типы датчиков:	термопреобразователи сопротивления (RTD), термоэлектрические преобразователи температуры (термопар)
----------------	--

6.7.1. Воспроизведение (моделирование) сигналов термопреобразователей сопротивления (RTD)

Диапазон воспроизведения температуры:	от минус 200,00 °C до +800,00 °C
Стандартные номинальные статические характеристики преобразования (типы термопреобразователей):	Pt 3850 IPTS68, Pt 3851 ITS90, Pt 3916, Pt 3926, Ni 120 и пользовательский
Диапазон настройки R0 (сопротивление ТС при температуре 0 °C):	20-2000 Ом

Тип термометра сопротивления	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности моделирования температуры (в нормальных условиях эксплуатации), °C						
	Диапазон моделирования температуры, °C						
	от -200 до -190	от -190 до -100	от -100 до 0	от 0 до +250	от +250 до +460	от +460 до +630	от +630 до +800
Pt 3850 R0: 100 Ом	±0,05	±0,06	±0,07	±0,09	±0,12	±0,14	±0,18
Pt 3851 R0: 100 Ом	±0,05	±0,06	±0,08	±0,10	±0,12	±0,15	±0,18
Pt 3926 R0: 100 Ом	±0,06	±0,06	±0,08	±0,10	±0,12	±0,15	---
Pt 3916 R0: 100 Ом	±0,06	±0,06	±0,08	±0,10	±0,12	±0,15	
Pt 385 R0: 200 Ом	±0,04	±0,05	±0,08	±0,09	±0,12	±0,14	
Pt 385 R0: 500 Ом	±0,04	±0,04	±0,05	±0,08	±0,12	±0,15	
Pt 385 R0: 1000 Ом	±0,03	±0,04	±0,05	±0,09	±0,11	±0,14	
Тип термометра сопротивления	от -80 до 0	от 0 до +100	от +100 до +260	---			
Ni 120	±0,05	±0,08	±0,14	---			

6.7.2. Воспроизведение сигналов термоэлектрических преобразователей температуры (термопар), ТС

Диапазон воспроизведения температуры:	от минус 250,00 °C до +2315,00 °C (в зависимости от типа термопары)
Стандартные номинальные статические характеристики преобразования (типы термопар)	B, C, D, E, G2, J, K, M, N, R, S, T
Режимы компенсации холодного спая:	выкл., ручной, автоматический ¹⁷

¹⁷ - для автоматического режима требуется адаптер (опция 91)

Тип термопары	Диапазон моделирования температуры, °C	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности моделирования температуры (в нормальных условиях эксплуатации), °C
R	от -50 до +100	±0,96
	от +100 до +400	±0,55
	от +400 до +1000	±0,44
	от +1000 до +1767	±0,39
S	от -50 до +100	±0,90
	от +100 до +250	±0,56
	от +250 до +1400	±0,49
	от +1400 до +1767	±0,40
B	от +400 до +800	±0,90
	от +800 до +1000	±0,54
	от +1000 до +1500	±0,48
	от +1500 до +1820	±0,41
J	от -200 до -100	±0,30
	от -100 до +150	±0,25
	от +150 до +700	±0,18
	от +700 до +1200	±0,18
T	от -200 до -100	±0,30

	от -100 до 0	$\pm 0,26$
	от 0 до +100	$\pm 0,21$
	от +100 до +400	$\pm 0,18$
E	от -250 до -100	$\pm 0,45$
	от -100 до +280	$\pm 0,23$
	от +280 до +600	$\pm 0,19$
	от +600 до +1000	$\pm 0,19$
K	от -200 до -100	$\pm 0,35$
	от -100 до +480	$\pm 0,25$
	от +480 до +1000	$\pm 0,23$
	от +1000 до +1372	$\pm 0,24$
N	от -200 до -100	$\pm 0,45$
	от -100 до 0	$\pm 0,30$
	от 0 до +580	$\pm 0,26$
	от +580 до +1300	$\pm 0,23$
M	от -50 до +50	$\pm 0,25$
	от +50 до +100	$\pm 0,22$
	от +100 до +470	$\pm 0,21$
	от +470 до +1410	$\pm 0,20$
C	от 0 до +100	$\pm 0,37$
	от +100 до +280	$\pm 0,34$
	от +280 до +1370	$\pm 0,34$
	от +1370 до +2315	$\pm 0,47$
D	от 0 до +100	$\pm 0,45$
	от +100 до +280	$\pm 0,37$
	от +280 до +1830	$\pm 0,34$
	от +1830 до +2315	$\pm 0,47$
G2	от +100 до +200	$\pm 0,72$
	от +200 до +430	$\pm 0,49$
	от +430 до +2080	$\pm 0,35$
	от +2080 до +2315	$\pm 0,39$

Автоматическая компенсация холодного спая с помощью адаптера (опция 91)

Тип датчика:	Pt 100
Допускаемая погрешность:	0,1 °C (с сохранением калибровочных констант в калибраторе) 0,3 °C (в обратном случае)
Нестабильность датчика:	< 0,05 °C/год

6.8. Модуль для определения нормируемых метрологических характеристик осциллографов с полосой пропускания до 400 МГц (опция ОСЦ1)

Общее описание функций модуля:

Режим	Диапазон частот	Voltage range (Диапазон напряжения)	Выходной разъем	Номинальное выходное полное сопротивление
Воспроизведение амплитудных характеристик	Постоянное напряжение, 15 Гц - 1 кГц	0 - 200 В _{пик}	тип N	0 Ом

Генератор синусоидального напряжения	15 Гц - 400 МГц	1,4 мВ _{пик} - 1,5 В _{пик}	тип N	50 Ом
Формирование сигнала с малым временем нарастания (PWM)	0,1 Гц - 400 МГц	50 мВ _{пик} - 1 В _{пик}	тип N	50 Ом
Формирование временных маркеров (Time marker)	0,1 Гц - 400 МГц	50 мВ _{пик} - 1 В _{пик}	тип N	50 Ом

Параметры сигнала выходного разъёма синхронизации :

Форма сигнала:	положительный прямоугольный
Амплитуда:	> 1 В _{пик} / 50 Ом
Коэффициент деления:	выкл., 1, 10, 100
Время нарастания импульса:	< 1 нс

6.8.1. Режим воспроизведения напряжения

Выходной разъём:	Коаксиальный, типа N
Форма сигнала:	Постоянное напряжение (положительный, отрицательный), прямоугольный (симметричный, положительный, отрицательный), синусоидальный
Диапазоны амплитуд:	20 мВ, 200 мВ, 2 В, 20 В, 100 В, 280 В
Диапазон частот:	15,00000 Гц - 1000,0000 Гц
Абсолютная погрешность установки частоты:	±0,0025 %
Время нарастания импульса:	< 3 мкс
Номинальное выходное полное сопротивление:	50 Ом или 1 МОм (для компенсации нагрузки)

Режим	Нагрузка постоянного тока	Диапазон напряжения	Предел допускаемой основной погрешности воспроизведения напряжения, (% от значения +% от диапазона +нижний предел), за 1 год, (в нормальных условиях эксплуатации)
Воспроизведение напряжения постоянного тока	50 Ом	0 - 3,5 В _{пик}	±0,15%+0,002%+30 мкВ
	1 МОм	0 - 200 В _{пик}	±0,03%+0,002%+30 мкВ
Воспроизведение синусоидального напряжения	50 Ом	0 - 3,5 В _{скз}	±0,25%+0,005%+30 мкВ
	1 МОм	0 - 200 В _{скз}	±0,10%+0,005%+30 мкВ
Воспроизведение прямоугольного напряжения	50 Ом	0 - 3,5 В _{пик}	±0,40%+0,15%
	1 МОм	0 - 200 В _{скз}	±0,25%+0,15%

6.8.2. Режим генератора синусоидального напряжения

Выходной разъём:	Коаксиальный, типа N
Форма сигнала:	Синусоидальный
Диапазон частот:	15,00000 Гц - 400,00 МГц
Абсолютная погрешность установки частоты:	±0,00025 %
Диапазон амплитуды:	1,400 мВ _{пик} - 1,5000 В _{пик}

Параметр	15 Гц - 100 кГц	100 - 500 кГц	0,5 - 10 МГц	10 - 100 МГц	100 - 400 МГц
Гармонические искажения	-55 дБ	-38 дБ (<10 дБм)	-38 дБ (<10 дБм)	-38 дБ (<10 дБм)	-30 дБ (<10 дБм)
Неравномерность АЧХ	$< 0,2 \%$	$< 0,5 \%$ +100 мкВ _{пик}	$< 1,2 \%$ +100 мкВ _{пик}	$< 2,0 \%$ +100 мкВ _{пик}	$< 2,5 \%$ +100 мкВ _{пик}
Допускаемая основная погрешности воспроизведения напряжения	$\pm 0,5 \%$ +350 мкВ _{пик}	$\pm 2,0 \%$ +250 мкВ _{пик}	$\pm 2,5 \%$ +250 мкВ _{пик}	$\pm 3,3 \%$ +250 мкВ _{пик}	$\pm 3,7 \%$ +250 мкВ _{пик}

6.8.3. Режим формирования сигнала с малым временем нарастания (PWM)

Выходной разъем:	Коаксиальный, типа N	
Форма сигнала:	положительный прямоугольный	
Диапазон частот:	0,100000 Гц - 400,000 МГц	
Абсолютная погрешность установки частоты:	$\pm 0,00025 \%$	
Диапазон ширины импульса:	2,5 нс - 5 с	
Коэффициенты заполнения (скважность):	1 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %	ниже 2,5 МГц
	10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %	для 2,5 - 25 МГц
	50 %	свыше 25 МГц
Диапазон амплитуды:	50, 100, 500 и 1000 мВ _{пик} / 50 Ом	
Допускаемая погрешность воспроизведения амплитуды:	$\pm 10 \%$	
Джиттер:	< 2 нс	
Время нарастания импульса:	< 1 нс	

6.8.4. Режим формирования временных маркеров

Выходной разъем:	Коаксиальный, типа N	
Форма сигнала:	выброс 2 нс (ниже 400 нс)	
	PWM прямоугольный (от 400 нс и выше)	
Диапазон временных маркеров:	2,50000 нс - 10,000 с	
Допускаемая погрешность установки периода следования временных маркеров:	$\pm 0,00025 \%$	
Диапазон амплитуды:	50, 100, 500 и 1000 мВ _{пик} / 50 Ом	
Джиттер:	< 2 нс	
Допускаемая погрешность воспроизведения амплитуды:	$\pm 10 \%$	
Время нарастания импульса:	< 1 нс	

6.8.5 Режим измерения входного сопротивления осциллографа

Выходной разъем:	Коаксиальный, типа N	
Диапазоны измерений:	100 Ом, 2 МОм	
Допускаемая погрешность измерения сопротивления:	$\pm 0,1 \%$ от значения (для значений от 10% до 100% от диапазона)	

6.9 Модуль для определения нормируемых метрологических характеристик осциллографов с полосой пропускания до 1,1 ГГц (опция ОСЦ2)

6.9.1 Режим генератора синусоидального напряжения

Выходной разъем:	Коаксиальный, типа N	
Форма сигнала:	Синусоидальный	
Диапазон частот:	15,00000 Гц - 1100,00 МГц	
Абсолютная погрешность	$\pm 0,1$ ppm	

установки частоты:	
Диапазон амплитуды:	1,400 мВ _{пик} - 1,5000 В _{пик} (свыше 1 ГГц - 1,0000 В _{пик})

Параметр	15 Гц-100 кГц	100-500 кГц	0,5-10 МГц	10-100 МГц	100-600 МГц	0,6-1,1 ГГц
Гармонические искажения	-55 дБ	-33 дБ (<10 дБм)	-33 дБ (<10 дБм)	-33 дБ (<10 дБм)	-30 дБ (<10 дБм)	-30 дБ (<10 дБм)
Неравномерность АЧХ	< 0,2 %	< 0,5 % +100 мкВ _{пик}	< 1,2 % +100 мкВ _{пик}	< 2,0 % +100 мкВ _{пик}	< 2,5 % +100 мкВ _{пик}	< 4,5 % +100 мкВ _{пик}
Допускаемая основная погрешности воспроизведения напряжения	±0,5 % +350 мкВ _{пик}	±2,0 % +250 мкВ _{пик}	±2,5 % +250 мкВ _{пик}	±3,3 % +250 мкВ _{пик}	±3,7 % +250 мкВ _{пик}	±6,5 % +250 мкВ _{пик}

6.9.2 Режим формирования сигнала с малым временем нарастания (PWM)

Выходной разъём:	Коаксиальный, типа N	
Форма сигнала:	0,1 Гц - 400,000 МГц (положительный прямоугольный) 400 МГц - 1100 МГц (синусоидальный)	
Диапазон частот:	0,100000 Гц - 1100,000 МГц	
Абсолютная погрешность установки частоты:	±0,1 ppm	
Диапазон ширины импульса:	2,5 нс - 5 с	
Коэффициенты заполнения (скважность):	1 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %	ниже 2,5 МГц
	10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %	для 2,5 - 25 МГц
	50 %	свыше 25 МГц
Диапазон амплитуды:	50, 100, 500 и 1000 мВ _{пик} / 50 Ом	
Допускаемая погрешность воспроизведения амплитуды:	±10 %	
Джиттер:	< 2 нс	
Время нарастания импульса:	< 1 нс	

6.9.3 Режим формирования временных маркеров

Выходной разъём:	Коаксиальный, типа N	
Форма сигнала:	выброс 2 нс (ниже 400 нс)	
	PWM прямоугольный (от 400 нс и выше)	
Диапазон временных маркеров:	2,50000 нс - 10,000 с	
Допускаемая погрешность установки периода следования временных маркеров:	±0,1 ppm	
Диапазон амплитуды:	50, 100, 500 и 1000 мВ _{пик} / 50 Ом	
Допускаемая погрешность воспроизведения амплитуды:	±10 %	
Джиттер:	< 2 нс	
Время нарастания импульса:	< 1 нс	

6.9.4 Режим измерения входного сопротивления осциллографа

Выходной разъём:	Коаксиальный, типа N	
Диапазоны измерений:	100 Ом, 2 МОм	
Допускаемая погрешность измерения сопротивления:	±0,1 % от значения (для значений от 10% до 100% от диапазона)	

6.10. Модуль измерения электрических сигналов с помощью встроенного мультиметра (опция МУЛЬТИМЕТР)

Измерительные функции мультиметра:	Напряжение постоянного тока (DCV), сила постоянного тока (DCI), частота (F), сопротивление (R), сигналы термоэлектрических преобразователей температуры (TC), сигналы термопреобразователей сопротивления (RTD)
Номинальные значения клемм:	25 В _{пик} макс. (между клеммами V и COM)
	10 В _{пик} макс. (между клеммами A и COM)
	50 В _{пик} макс. (между клеммами COM и PE)
	> 1 МОм (между клеммами COM и PE)

Функция	Диапазон	Предел допускаемой основной погрешности ¹⁸ (в нормальных условиях эксплуатации), за 1 год	Разрешение / Диапазон
Напряжение постоянного тока	±12 мВ	±50 ppm+3 мкВ	0,01 мкВ
	±120 мВ	±50 ppm+5 мкВ	0,1 мкВ
	±1,2 В	±50 ppm+ 50мкВ	1 мкВ
	±12 В	±50 ppm+500 мкВ	10 мкВ
Сила постоянного тока	±100 мкА	±200 ppm+20 нА	1 нА
	±1 мА	±200 ppm+100 нА	10 нА
	±2,4 мА	±150 ppm+800 нА	100 нА
	±24 мА	±150 ppm+800 нА	100 нА
Частота	1 Гц - 100 кГц	±50 ppm	10 мГц- 0,1 Гц
Сопротивление	2 кОм	±200 ppm+10 МОм	1 МОм
	20 кОм	±200 ppm+50 МОм	10 МОм

18 - кроме смещения нуля. Выполните коррекцию нуля, чтобы добиться указанной погрешности.

6.10.1. Измерение сигналов термопреобразователей сопротивления (RTD) с помощью переходника (опция 9000-60)

Диапазон температур: от -200,00 °C до +800,00 °C

Тип термометра сопротивления	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерения температуры (в нормальных условиях эксплуатации), °С						
	Диапазон моделирования температуры, °С						
	от -200 до -190	от -190 до -100	от -100 до 0	от 0 до +250	от +250 до +460	от +460 до +630	от +630 до +800
Pt 3850 R0: 100 Ом	±0,10	±0,12	±0,14	±0,18	±0,24	±0,28	±0,36
Pt 3851 R0: 100 Ом	±0,10	±0,12	±0,16	±0,20	±0,24	±0,30	±0,36
Pt 3926 R0: 100 Ом	±0,12	±0,12	±0,16	±0,20	±0,24	±0,30	---
Pt 3916 R0: 100 Ом	±0,12	±0,12	±0,16	±0,20	±0,24	±0,30	
Pt 385 R0: 200 Ом	±0,08	±0,10	±0,16	±0,18	±0,24	±0,28	
Pt 385 R0: 500 Ом	±0,08	±0,08	±0,10	±0,16	±0,24	±0,30	
Pt 385 R0: 1000 Ом	±0,08	±0,08	±0,10	±0,18	±0,22	±0,28	
Тип термометра сопротивления	от -80 до 0	от 0 до +100	от +100 до +260	---			
Ni 120	±0,15	±0,24	±0,42	---			

6.10.2. Измерение сигналов термоэлектрических преобразователей температуры (термопар), ТС

Диапазон температур:	от -250,00 °C до +1820,00 °C
Режимы компенсации холодного спая:	Ручной

Тип термопары	Диапазон измерения температуры, °C	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерения температуры (в нормальных условиях эксплуатации), °C
R	от -50 до +100	±0,96
	от +100 до +400	±0,55
	от +400 до +1000	±0,72
	от +1000 до +1767	±0,76
S	от -50 до +100	±0,91
	от +100 до +250	±0,56
	от +250 до +1400	±0,79
	от +1400 до +1767	±0,79
B	от +400 до +800	±0,89
	от +800 до +1000	±0,54
	от +1000 до +1500	±0,48
	от +1500 до +1820	±0,81
J	от -200 до -100	±0,31
	от -100 до +150	±0,22
	от +150 до +700	±0,29
	от +700 до +1200	±0,29
T	от -200 до -100	±0,30
	от -100 до 0	±0,26
	от 0 до +100	±0,23
	от +100 до +400	±0,28
E	от -250 до -100	±0,45
	от -100 до +280	±0,25
	от +280 до +600	±0,25
	от +600 до +1000	±0,25
K	от -200 до -100	±0,35
	от -100 до +480	±0,33
	от +480 до +1000	±0,34
	от +1000 до +1372	±0,37
N	от -200 до -100	±0,45
	от -100 до 0	±0,30
	от 0 до +580	±0,36
	от +580 до +1300	±0,36
M	от -50 до +50	±0,25
	от +50 до +100	±0,22
	от +100 до +470	±0,32
	от +470 до +1410	±0,32
C	от 0 до +100	±0,37
	от +100 до +280	±0,34
	от +280 до +1370	±0,61

	от +1370 до +2315	$\pm 0,96$
D	от 0 до +100	$\pm 0,46$
	от +100 до +280	$\pm 0,38$
	от +280 до +1830	$\pm 0,63$
	от +1830 до +2315	$\pm 0,94$
G2	от +100 до +200	$\pm 1,00$
	от +200 до +430	$\pm 0,67$
	от +430 до +2080	$\pm 0,46$
	от +2080 до +2315	$\pm 0,51$