

Verdo MF2100

Серия милливольтметров

VERDO MF2101-MF2102



Руководство по эксплуатации



Содержание

1.Введение	4
1.1.Описание	4
1.2.Условия эксплуатации	5
1.3.Размеры и масса	5
1.4.Символы безопасности и меры предосторожности	5
1.5.Входной контроль	6
2.Знакомство с цифровыми милливольтметрами VERDO MF2100	7
2.1.Введение	7
2.2.Знакомство с передней панелью прибора	7
2.3.Знакомство с задней панелью прибора	14
2.4.Подготовка к запуску и статус	15
2.5.Дисплей	19
3.Основные измерения	20
3.1.Подготовка	20
3.2.Измерение напряжения	20
3.3.Выбор дополнительного дисплей	21
3.4.Функция математических операций	22
4.Варианты измерения	27
4.1.Конфигурация измерения	27
4.2.Работа триггера	30
4.3.Индикации максимальных и минимальных значений в процессе измерений	32
4.4.Операций сравнения	33
4.5.Системные операции	34
5.Дистанционное управление	37
5.1.Работа с интерфейсом RS-232	37
5.2.Формат данных	43
6.Справочник по командам SCPI	44
6.1.Структура команд	44
6.2.Синтаксис команд	44
6.3.Справочник по командам	50
6.4.Пример программы	63

7.Приложение А	67
7.1.Технические характеристики	67
7.2.Аксессуары в комплекте поставки	69
8.Приложение Б	70
8.1.Методика поверки	70

1. Введение

1.1. Описание

Серия милливольтметров VERDO MF2100 включает в себя две модели: VERDO MF2101 (10 Гц — 3 МГц) и VERDO MF2102 (10 Гц — 5 МГц). Обе модели представляют собой двух-канальный милливольтметр переменного тока с 4½-дюймовым дисплеем VFD, который также может использоваться в качестве измерителя мощности и уровня. Применение современных микросхем и профессиональный монтаж обеспечивают милливольтметры хорошими характеристиками: малыми размерами, высокой стабильностью и скоростью измерения, небольшой девиацией частотной характеристики и т.д.:

Серия VERDO MF2100 имеет широкие возможности для измерений:

- яркий двойной VFD-дисплей 4½ разряда;
- диапазон напряжений: 50 мкВскз – 300 Вскз, 500 Впик;
- уровень мощности: -83,8 дБм – 51,76 дБм (0 дБм = 1 мВт при нагрузке 600 Ом);
- мощность: 0.00417нВт ~ 150Вт (сопротивление нагрузки 600 Ом, сопротивление нагрузки может быть установлено пользователем);
- диапазон уровня напряжения дБВ: -86 – 49,54 (0 дБВ = 1 В);
- диапазон уровня напряжения дБмВ: -26 – 109,5 (0 дБмВ = 1 мВ);
- уровень напряжения дБмкВ диапазоне: 34 – 169,54 (0 дБмкВ = 1 мкВ);
- входное сопротивление: 1 МОм, параллельная ёмкость около 30 пФ;
- измерительный пробник напряжения: в режиме $\times 10$, входное сопротивление составляет 10 МОм (точность измерений не нормируется);
- функция записи максимального и минимального значения, процента, функциональное меню расчетных параметров, многофункциональные режимы работы отображаются с помощью двойного VFD-дисплея;

- установка импеданса источника позволяет измерять мощность (дБм) различных источников сигнала;
- установка режима измерения плавающего и заземлённого сигнала позволяет проводить измерения, отвечающие различным требованиям тестирования.
- функция автоматического и ручного переключения диапазона.
- управление прибором при помощи команд SCPI, интерфейс управления RS-232C.

1.2. Условия эксплуатации

1.2.1 Электропитание

- Напряжение питания переменного тока, В: 220 В $\pm$ 22;
- Частота, Гц: 50;
- Потребляемая мощность, не более, В·А: 20.

1.2.2 Температура и влажность окружающей среды

Рабочие условия измерений, °С: 18 - 28 (при относительной влажности от 30% до 80%).

1.3. Размеры и масса

Размер (Ш×В×Г), мм не более: 225 ×100 ×315;

Масса, кг, не более 2,5 кг.

1.4. Символы безопасности и меры предосторожности

Символ  на приборе указывает, что перед выполнением измерения пользователь должен обратиться к инструкции по эксплуатации.

Символ  на приборе показывает, что на клемме (клеммах) может присутствовать высокое напряжение. Будьте осторожны и избегайте контакта с цепями, находящимися под напряжением.

Символ  на инструментах означает заземление.

 **Предупреждение:** Используемое в настоящем руководстве, объясняет опасность высокого напряжения, которая может привести к травмам или смерти. Всегда внимательно читайте соответствующую информацию перед выполнением указанной процедуры.

 **Внимание:** В руководстве напоминает пользователю, что работа не в соответствии с инструкциями по эксплуатации подвергает прибор опасности повреждения. В этом случае гарантия может быть аннулирована.

1.5. Входной контроль

После распаковки прибора из транспортной коробки проверьте наличие явных признаков механических повреждений, которые могли бы произойти во время транспортировки. Немедленно сообщите о любом ущербе Вашему поставщику. В случае обнаружения повреждений сохраните оригинальную упаковочную коробку для возможной последующей отправки поставщику.

Комплект поставки милливольтметров VERDO серии MF2100:

- Милливольтметр переменного тока серии VERDO MF2100;
- Измерительный кабель;
- Пробник напряжения;
- Сетевой кабель;
- Предохранитель;
- Руководство по эксплуатации.

2. Знакомство с цифровыми милливольтметрами VERDO MF2100

2.1. Введение

Модели VERDO MF2100 - это цифровые милливольтметры переменного тока. Они являются быстрым и точным прибором для измерения напряжения переменного тока. Удобный дизайн передней панели может помочь вам быстро настроить необходимые измерения.

Удобный функционал прибора:

- высокая яркость двойного VFD дисплея;
- встроенная функция математических операций;
- задание различного импеданса для измерения мощности сигнала и относительных значений в дБм;
- функция удержания показаний;
- удобный дизайн.

Настройки управления:

- интерфейс RS-232;
- команды управления SCPI;
- скорость считывания 25 показаний/с;
- сравнительный тест COMP с сигналом HI/IN/LO.

2.2. Знакомство с передней панелью прибора

Передняя панель приборов VERDO серии MF2100 показана на рисунке 1.

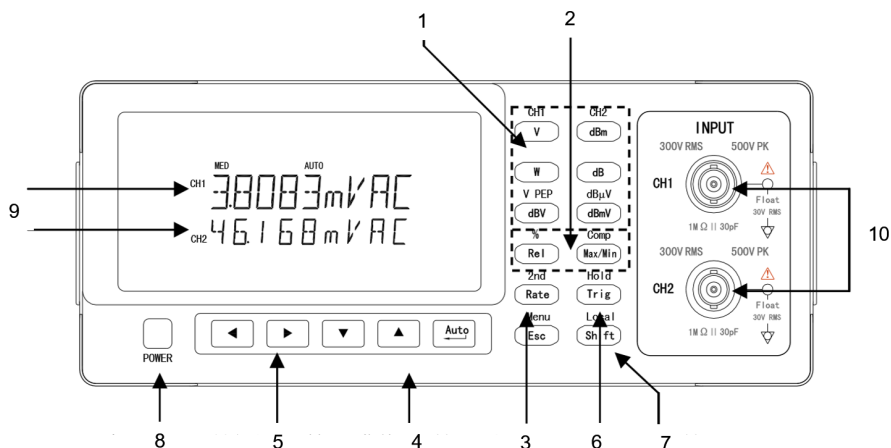


Рисунок 1 - Передняя панель

Функциональная клавиша

Выбор измерительной функций: напряжение переменного тока (V), пиковое значение напряжения (Vp-p), мощность (Wt), уровень мощности (дБм), уровень напряжения (дБВ/дБмВ/дБтмкВ), относительное значение (дБ).

1. Кнопки математических функций

Выбор математических функций (Rel / %, Max / Min / Comp, Hold).

2. Кнопка отображения второго параметра и скорости измерений:

Rate – изменение скорость измерений: быструю, среднюю и медленную.

Shift → **Rate** – включение/выключение отображения второго параметра.

3. Кнопки управления меню:

Shift → **Esc** – открыть/закрыть меню;

Left Arrow – перемещение влево по выбранным параметрам в пределах уровня меню, уровня команд или уровня меню параметров;



– перемещение вправо по выбранным параметрам в пределах уровня меню, уровня команд или уровня меню параметров.



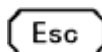
– перемещение на уровень выше;



– перемещение на уровень ниже;



– (ВВОД) сохранение изменений, внесенных на уровне меню «параметр» и возврат на уровень «команды»;



– отмена изменения, сделанного на уровне «параметр» и возврат на уровень «команды». – отмена изменения, сделанного на уровне «параметр» и возврат на уровень «команды».

4. Кнопки выбора функции диапазона и комбинации



– выбор второго параметра дисплея;



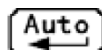
– выбор второго параметра 2-го дисплея;



– выбор более высокого диапазона и отключение автоматического определения диапазона;

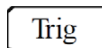


– выбор более низкого диапазона и отключение автоматического определения диапазона;



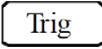
– переключение между автоматическим и ручным определением диапазона.

5. Кнопка Trig/Hold (Триггер/Удержание)

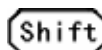


– запуск измерения с передней панели прибора;

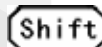


→  – удержание (фиксирование) стабильных показаний на дисплее прибора.

6. Кнопка Shift/Local



– кнопка доступа к дополнительным функциям кнопок;



(Local) – отмена режима дистанционного управления RS-232C и возврат в ЛОКАЛЬНЫЙ режим.

7. Кнопка POWER

Включение/выключение прибора.

8. Главный и дополнительный дисплей

9. Входные разъемы каналов CH1 и CH2

2.2.1 Сигнализаторы на экране

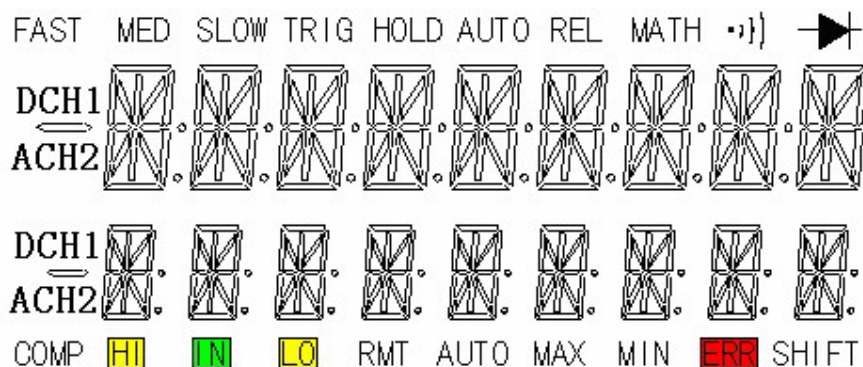


Рисунок 2 - Сигнализаторы на экране

Ниже в таблице представлено описание сигнализаторов на экране.

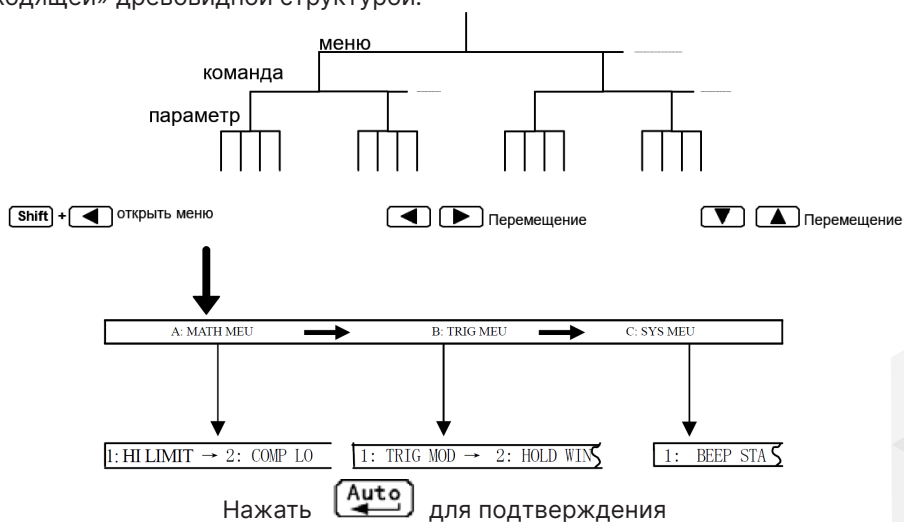
Таблица 1 - Описание сигнализаторов на экране

Наименование	Описание
FAST	Высокая скорость измерения
MED	Средняя скорость измерения
SLOW	Медленная скорость измерения
TRIG	Указывает, что выбран внешний триггер (передняя панель, шина).

HOLD	Функция удержания показаний HOLD включена
AUTO	Автоматическое определение диапазона включено
REL	Функция относительных измерений
CH1, CH2	Индикация канала CH1, CH2
COMP	Включена функция тестирования по пределам (компаратор)
HI IN LO	Индикация компаратора: Выше, В пределах, Ниже
RMT	Милливольтметр находится в режиме дистанционного управления
AUTO	Автодиапазон включен
MAX MIN (Max/Min)	Индикация максимальных и минимальных величин
ERR	Аппаратная ошибка или ошибка удаленного управления
SHIFT	Доступ к дополнительным клавишам

2.2.2 Обзор передней панели

Меню VERDO MF2100 организовано по 3 классам (меню, команда, параметр) с «нисходящей» древовидной структурой.



A: MATH MENU

1: COMP HI → 2:COMP LO → 3:PERC REF → 4:dB REF→ 5:dBm REF8

B: TRIGger MENU

1: TRIG MODE → 2:HOLD WIN → 3:HOLD CNT

C: SYStem MENU

1:BEEP STR → 2:KEY SONG → 3:BAUD RATE → 4:Tx TERM → 5:GND STA

Рисунок 3 - 3 класса меню с «нисходящей» древовидной структурой

2.2.3 Справочник по меню передней панели**A: MATH MENU (МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МЕНЮ)**

1: COMP HI - установка верхнего предела для COMP

2: COMP LO - установка низкого предела для COMP

3: PERC REF - установка опорного значения для функции PERCENT (%)

4: dB REF - загрузка или установка эталонного значения дБ, сохраненного в регистре

5: dBm Zx - загрузка или установка эталонного значения нагрузки, сохраненного в регистре

B: TRIG MENU (МЕНЮ ТРИГГЕРА)

1: TRIG MODE - выбор режима триггера (IMM / MAN / BUS)

2: HOLD WIN - установка полосы чувствительности удержания показаний.

3: HOLD CNT - КОЛИЧЕСТВО показаний для удержания показаний.

C: SYS MENU (Системное меню)

1: BEEP STR - включение или отключение функции звукового сигнала

2: KEY SONG - включение или отключение звука нажатия кнопок прибора

3: BAUD RAT - выбор скорости передачи данных интерфейса RS232C

4: TX TERM - установка конечного символа в передаче RS232C

5: GND STA - становка типа входного сигнала (с заземлением или с плавающим потенциалом)

2.2.4 Знакомство с работой меню

В разделе кратко рассказывается о том, как пользоваться меню передней панели. Предполагается, что оператор должен знать структуру меню и последовательность работы.

Меню спроектировано в виде 3-х уровневой древовидной структуры (меню, команды, параметры). Вы можете использовать  или  для перемещения по дереву меню из одного класса в следующий; используйте  или  для просмотра опции того же класса для любых классов.

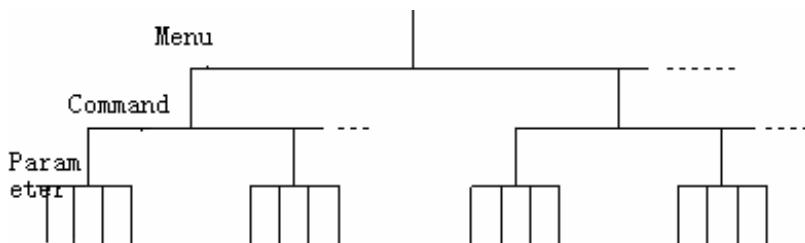


Рисунок 4 - 3-х уровневая древовидная структура меню

- Включите меню, нажмите кнопку  +  (Меню).
- Выключите меню, нажмите  +  (Меню), или любую функциональную кнопку или математическую функциональную кнопку.
- Подтвердите команду меню, нажав кнопку  (Enter).

! Примечание: VERDO MF2100 настраивается отдельно в каждом канале, по умолчанию используется канал, выбранный основным дисплеем. Или в классе «Параметр», нажмите **(Shift) + ▲** или **▼** для переключения канала настройки. Если Вы находитесь в классе «MENU», если вы нажмете **▲**, вы не сможете перейти в более высокое меню; а если находитесь в классе «Параметры», если нажать **▼**, то нижнее меню не будет доступно.

2.3. Знакомство с задней панелью прибора

Задняя панель милливольтметров VERDO серии MF2100 показана на рисунке 5.

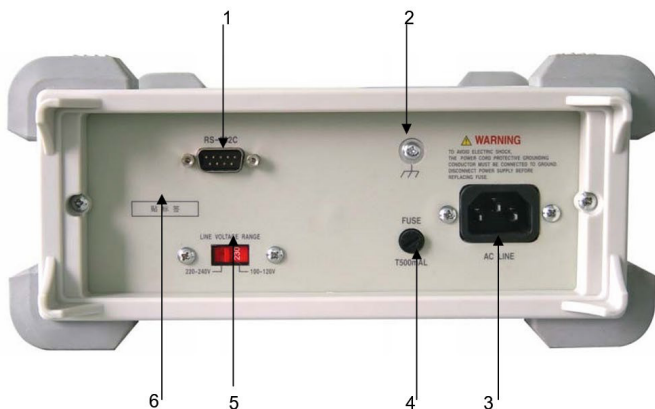


Рисунок 5 - Задняя панель

1. RC-232

Используется для работы интерфейса RS-232, должен использоваться кабель с разъемом DB-9.

2. Земля

Терминал заземления прибора.

3. Разъём питания

Входной разъем подачи питания переменного тока 110В/220В±10%,50Гц/60Гц±5%.

4. Предохранитель

Используется для защиты прибора, 220 В / 0,5 А.

5. Переключатель напряжения питающего переменного напряжения

Используется для переключения входов переменного тока 110 В/ и 220 В. Значение по умолчанию - АС 220V.

6. Заводской номер прибора.

2.4. Подготовка к запуску и статус

2.4.1 Подключение к сети питания

Следуйте приведенной ниже процедуре, чтобы подключить VERDO MF2100 к сети питания и включить прибор.

1. Перед подключением шнура питания убедитесь, что напряжение в сети находится в диапазоне от 198 В до 242 В, а частота линии находится в диапазоне от 47,5 до 52,5 Гц.



Внимание: Работа прибора при неправильном напряжении может привести к повреждению прибора, что может привести к аннулированию гарантии.

2. Перед подключением кабеля питания убедитесь, что выключатель питания передней панели находится в выключенном положении.
3. Подключите шнур питания к разъему переменного тока на задней панели. Подключите другой конец шнура питания к заземленной сетевой розетке переменного тока.



Предупреждение: Кабель питания, поставляемый с моделью VERDO MF2101 и VERDO MF2102, содержит отдельный провод заземления для использования с заземленными розетками. При правильном подключении корпус прибора подключается к заземлению линии электропередачи через провод заземления в шнуре питания. Неиспользование заземленной розетки может привести к травмам или смерти в результате поражения электрическим током.

4. Включите прибор, нажав на выключатель питания на передней панели, и проведите измерения.

2.4.2 Входные клеммы

Функция входного терминала показана на рисунке 6.

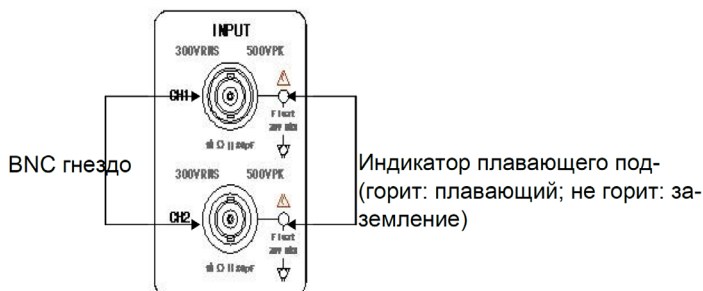


Рисунок 6 - Функция входного терминала

2.4.3 Последовательность включения питания

При включении питания модель VERDO MF2100 выполняет самотестирование EPROM и оперативной памяти и подсвечивает все сегменты и сигнализаторы в течение примерно 1 секунды. При обнаружении сбоя прибор мгновенно отображает сообщение об ошибке, и включается сигнализатор ERR.

Если прибор пройдет самотестирование, отобразится версия прошивки.

2.4.4 Меры предосторожности в отношении высоковольтных цепей

Чтобы обеспечить безопасность при измерении напряжения в цепях распределения высокого напряжения, прочитайте и используйте указания в следующем предупреждении.

При проведении измерений в цепях высокого напряжения используйте измерительные провода и аксессуары, отвечающие следующим требованиям:

- Измерительные провода и аксессуары должны быть полностью изолированы.

- Используйте только испытательные провода, которые могут быть подключены к цепи (например, пружинные зажимы, винтовые присоединители, и т.д.), и проводить измерения без помощи рук.
- Не используйте измерительные провода или аксессуары, уменьшающие расстояние между открытыми цепями с высоким напряжением. Это снижает защиту от дуги и создает опасную ситуацию.

Используйте следующую последовательность при измерении цепей с высоким напряжением:

1. Обесточьте цепь с помощью обычного установленного устройства подключения-отключения, такого как автоматический выключатель, главный выключатель и т. д.
2. Прикрепите испытательные провода к тестируемой схеме. Используйте соответствующие испытательные провода с рейтингом безопасности для этого применения.
3. Настройте милливольтметр на необходимую функцию измерения и соответствующий диапазон измерений.
4. Включите цепь с помощью установленного соединительно-разъединительного устройства и произведите измерения без отключения милливольтметра.
5. Обесточьте цепь с помощью установленного устройства подключения-отключения.
6. Отсоедините измерительные провода от тестируемой цепи.



Примечание: Максимальное синфазное напряжение (напряжение между общим проводом COM и заземлением корпуса) составляет 500 Впик. Превышение этого значения может привести к пробое изоляции, создавая опасность электрического удара.

2.4.5 Значения по умолчанию при включении питания

Милливольтметры VERDO MF2100 использует заводские настройки по умолчанию для настроек включения питания.

Поскольку основные процедуры измерения в этом руководстве предполагают заводские значения по умолчанию, сбросьте прибор до заводских настроек при выполнении пошаговых процедур. В таблице 1 перечислены заводские настройки по умолчанию.

Таблица 2 - Заводские настройки по умолчанию

Установка	Заводские настройки по умолчанию
Функция	DCV
Диапазон	AUTO
Скорость	Medium
Удаленный/Локальный	Local
Режим триггера	Immediate (Немедленно)
Относительный режим	OFF
Режим сравнения	OFF
HI Limit	+1
Lo Limit	-1
Процентный режим	OFF
Reference (Опорная величина)	+1
Режим Макс/Мин	OFF
Режим HOLD (Удержание показаний)	OFF
Режим дополнительного дисплея	OFF
Режим Cal	OFF

2.4.6 Время прогрева

Милливольтметры VERDO серии MF2100 готов к использованию, как только завершится последовательность включения питания. Однако, чтобы достичь номинальной точности и стабильности, позвольте инструменту прогреться в течение получаса. Если прибор подвергся воздействию экстремальных температур, дайте дополнительное время для стабилизации внутренних температур.

2.5. Дисплей

Дисплей моделей VERDO MF2100 в основном используется для отображения показаний, а также единиц измерения и типа измерения. Сигнализаторы, расположенные слева, справа и снизу, указывают на различные состояния работы. Полный перечень сигнализаторов см. в разделе 2.2.1.

3. Основные измерения

3.1. Подготовка

Передняя панель имеет шесть рядов клавиш для выбора различных функций и операций. Большинство клавиш имеют функцию расширения (shift), напечатанную синим цветом над клавишей. Чтобы выполнить функцию расширения, нажмите клавишу Shift (включается сигнализатор Shift). Затем нажмите клавишу, над которой находится нужная метка.

Если вы случайно нажали клавишу Shift, просто нажмите ее еще раз, чтобы выключить сигнализатор Shift.

3.2. Измерение напряжения

Диапазоны напряжения: 3,8 мВ, 38 мВ, 380 мВ, 3,8 В, 38 В, 300 В (пиковое значение 500 В); максимальное разрешение 0,1мкВ (в диапазоне 3,8 мВ).

Способ подключения

Если прибор находится под заданным условием, эксплуатационная процедура выглядит следующим образом:

1. Пробник напряжения BNC подключен к разъему BNC (при тестировании малого напряжения линия заземления зонда должна быть как можно короче, чтобы избежать помех напряжения).
2. Нажмите кнопку  для выбора функции автоматического диапазона. После загрузки этой функции обратите внимание на световой сигнализатор AUTO. Если вам нужен ручной диапазон, используйте  или  , чтобы выбрать требуемый диапазон измерения напряжения.
3. Прочитайте показания на дисплее.

3.3. Выбор дополнительного дисплей

По умолчанию дополнительный дисплей отображается нажатием кнопок  или . Дополнительный дисплей в системе меню относится к вторичному параметру, см. таблицу 3.

3.3.1 Порядок измерений

- 1. Нажмите кнопки **Shift** + **Rate**, чтобы открыть функцию отображения второй строки дисплея.
- 2. Нажмите  или , чтобы выбрать собранную группу каждого вторичного параметра на основном дисплее (подробности показаны на рисунке).
- 3. Нажмите **Shift** +  снова, чтобы отключить функцию второй строки, это не повлияет на основной дисплей.

Таблица 3 - Доступные параметры 2-го дисплея для различных измерительных функций

Основной дисплей	Вторая строка						
							
V	dBm	dB	W	dBV	Vp-p	dBmV	dBμV
dBm	dB	W	dBV	Vp-p	dBmV	dBμV	V
W	dBV	Vp-p	dBmV	dBμV	V	dBm	dB
dB	W	dBV	Vp-p	dBmV	dBμV	V	dBm
dBV	Vp-p	dBmV	dBμV	V	dBm	Vp-p	W
dBmV	dBμV	V	dBm	Vp-p	W	dBV	Vp-p
Vp-p	dBmV	dBμV	V	dBm	dB	W	dBV
dBμV	V	dBm	dB	W	dBV	Vp-p	dBmV
Percentage (%)	%						
Comp	HI, IN, LO, PASS, FAIL						
Max/Min	Max			Min			

3.4. Функция математических операций

В приборе есть 3 вида математических операций:

- Процент
- дБ
- дБм

Процедура выбора и настройки математической функции выглядит следующим образом:

Нажмите соответствующую математическую функциональную клавишу, чтобы включить нужную математическую функцию.

Задайте параметр математической функции и нажмите для подтверждения.  (Если еще раз нажать клавишу математической функции, математическая функция будет отменена).

3.4.1 Проценты

Операция «Процент» основана на заданном опорном значении:

$$\text{Процент} = \frac{\text{Входное напряжение} - \text{Опорное}}{\text{Опорное}} \times 100\%$$

Применение:

Применение математической функции «Процент»:

Нажмите  +  , чтобы выбрать математическую функцию «Процент», значение процента отображается на дополнительном дисплее.

После запуска математической функции «Процент», Вам может понадобится изменить опорное значение, для этого выполните следующую последовательность действий:

1. Нажмите **Shift** + **Esc** + **Rel** еще раз для загрузки команды 3:PERC REF меню A:MATH MEU: нажмите **▼**, чтобы ввести настройку параметров: +1.0000^
2. Используйте **◀** и **▶** для выбора требуемой цифры, затем используйте **▲** и **▼** для добавления или вычитания значения и ввода требуемого значения и единицы измерения.
3. Нажмите **Auto**, чтобы подтвердить опорное значение.

Милливольтметр будет отображать результат расчета измерения. Если значение входного напряжения больше, чем опорное, отображаемый результат будет положительным; напротив, он будет отрицательным, если значение входное напряжение меньше опорного.

3.4.2 Расчет дБ

Выражение постоянного и переменного напряжения в дБ позволяет сжать большой диапазон измерений в гораздо меньший объем. Соотношение между дБ и напряжением определяется следующим уравнением:

$$\text{dB} = 20 \log \frac{V_{\text{IN}}}{V_{\text{REF}}}$$

где:

V_{IN} - входной сигнал постоянного или переменного тока.

V_{REF} - заданный опорный уровень напряжения.

Прибор будет отображать 0 дБ, когда уровень опорного напряжения подается на вход.

Если при выборе дБ действует относительное значение, оно преобразуется в дБ, а затем REL применяется к дБ. Если REL применяется после выбора дБ, к дБ применяется REL.

1. Применение:

Нажмите dB, чтобы выбрать математическую функцию дБ, значение измерений в децибелах отображается на дополнительном дисплее.

После запуска математической функции «dB», Вам может понадобиться изменить опорное значение, для этого выполните следующую последовательность действий:

- Нажмите **Shift** +  для загрузки команды 4:dB REF в B:MATH MENU, нажмите клавишу  для ввода параметра: REF:+0.00000.
- Используйте  и  для выбора цифр, затем используйте  и  чтобы увеличить или уменьшить значение, введите требуемое значение.
- Нажмите **Auto**  чтобы подтвердить установленное значение опорного напряжения.

 **Примечание:** При вычислении дБ результат представляет собой безразмерную величину, т.к. V_{IN}/V_{REF} – это безразмерная величина.

Максимальное отрицательное значение дБ составляет -160 дБ, когда $V_{IN} = 1 \text{ В}$, $V_{REF} = 1000 \text{ В}$.

2. Функция дБ при работе милливольтметра в двухканальном режиме

VERDO MF2100 имеет функцию измерений в дБ, которая может выполнять измерение в децибелах одного канала относительно другого канала

Способ таких измерений, следующий:

Нажмите клавишу **Shift** + dB, чтобы открыть функцию измерения каналов в дБ, теперь мигающий канал является опорным, используйте  и , чтобы изменить опорный канал. Нажмите Auto для подтверждения выбранного опорного канала, основной дисплей будет показывать значение входного сигнала относительно выбранного опорного в децибелах. Используйте  и  для выбора CH1/CH2 или CH2/CH1.

Если выбрать тот же канал для выполнения дБ, то теперь VREF является тестовым значением эталонного канала при нажатии кнопки Auto. Нажатие  и  может отобразить значение опорного напряжения.

3.4.3 Расчет дБм

дБм (децибелы мощности) определяется как децибелы выше или ниже эталонного значения в 1 мВт. С программируемым пользователем опорным сопротивлением прибор считывает 0 дБм при подаче напряжения, необходимого для рассеивания 1 мВт через опорный импеданс.

Соотношение между дБм, опорным сопротивлением и напряжением определяется следующим уравнением:

$$\text{dBm} = 10 \log \frac{(V_{\text{IN}}^2 / Z_{\text{REF}})}{1\text{mW}}$$

где:

V_{IN} - входной сигнал постоянного или переменного тока.

Z_{REF} - заданное опорное сопротивление.

1mW – опорная мощность 1 мВт

Если в режиме относительных значений активирован режим дБм, измеряемая величина преобразуется в дБм, а затем REL применяется к дБм. Если REL применяется после выбора дБм, то к нему применяется REL дБм.

Применение:

Нажмите dBm, чтобы выбрать математическую функцию dBm, вторичным дисплеем является значение dBm.

1. Нажмите  → , чтобы загрузить команду 5:dBm Zx в меню B:MATH, нажмите , чтобы ввести настройку параметра:REF:0000.

2. Используйте  и  для выбор цифр, затем используйте  и  чтобы увеличить или уменьшить значение, введите требуемое значение. Введите значение от 1 до 9999 Ом.
3. Нажмите клавишу  (ВВОД) для подтверждения опорного импеданса.

 **Предупреждение:** Опорное сопротивление и входное сопротивление, упомянутые в этой главе, совершенно разные. Входное сопротивление присуще прибору и не может быть изменено вышеуказанными методами. дБм действителен как для положительного, так и для отрицательного напряжения постоянного тока. Математические операции в процентах применяются после математики дБм или дБ.

4. Варианты измерения

В этой главе приведено описание особенностей передней панели VERDO MF2100. Для тех параметров измерения, которые доступны только через удаленный интерфейс, эта глава описывает следующие темы:

Конфигурация измерения - описывает диапазоны, относительные показания, разрешение и скорость измерения

Операции запуска - объясняет источники триггеров

Операции MAX и MIN - запись минимальных и максимальных входных сигналов

Операции сравнения с лимитами - определяет, как установить ограничения на показания

Системные операции - предоставляет подробную информацию о настройке звукового сигнала, настройке скорости передачи данных, настройке символов терминала и настройке звука кнопок.

4.1. Конфигурация измерения

В следующих параграфах обсуждается настройка милливольтметра для проведения измерений.

4.1.1 Диапазоны измерения

Вы можете позволить милливольтметру автоматически выбирать диапазон с помощью автоматического ранжирования или вы можете выбрать фиксированный диапазон с помощью ручного диапазона. Автоматическое определение диапазона удобно тем, что милливольтметр автоматически выбирает подходящий диапазон для каждого измерения. Тем не менее, вы можете использовать ручной диапазон для более быстрых измерений, поскольку милливольтметру не нужно определять, какой диапазон использовать для каждого измерения. Милливольтметр возвращается к автоматическому ранжированию при выключенном питании или после удаленного сброса интерфейса.

Максимальные показания

Показания полной шкалы для каждого диапазона каждой функции превышают диапазон на 5%.

Ручной диапазон

Чтобы выбрать диапазон, просто нажмите клавиши  или . Прибор меняет один диапазон при нажатии клавиши. Выбранный диапазон отображается на мгновение.

Если прибор отображает "OVL.D" (переполнение диапазона) в определенном диапазоне, выберите более высокий диапазон до тех пор, пока не отобразятся показания. Используйте минимально возможный диапазон, не вызывая переполнения, чтобы обеспечить наилучшую точность и разрешение.

Автоматический выбор диапазона

Чтобы включить автоматическое определение диапазона, нажмите клавишу . Когда выбран параметр автоматического выбора диапазона включается сигнализатор AUTO. При выборе автоматического определения диапазона прибор автоматически выбирает оптимальный диапазон для измерения приложенного сигнала. Тем не менее, автоматический диапазон не должен использоваться, когда требуется оптимальная скорость.

Чтобы отменить автоматическое ранжирование, нажмите кнопку . Отмена автоматического выбора диапазона оставляет инструмент на текущем диапазоне.

4.1.2 Относительные измерения

Операция относительных измерений может быть использована для нулевого смещения или вычитания опорного значения из текущих и будущих показаний. В момент включения функции относительных измерений VERDO MF2100 использует текущее входное значение в качестве опорного значения. Последующие показания будут представлять собой разницу между фактическим входным значением и опорным.

Для каждой функции можно определить опорное значение. После установки опорного значения для функции измерения оно одинаково для всех диапазонов.

Например, если 2 В установлено в качестве опорного значения в диапазоне 20 В, относительным также является 2 В в диапазонах 1000 В, 100 В, 1 В или 100 мВ.

Кроме того, при выполнении коррекции нуля для измерения DCV и Ω , включив REL, отображаемое смещение становится опорным значением. Вычитание смещения из фактического входного сигнала обнуляет дисплей следующим образом:

Отображаемое показание = Фактическое входное напряжение – Опорная величина



Предупреждение: Функция относительных измерений REL не может увеличивать максимально допустимый уровень сигнала, например: в диапазоне 3,8 В, для входного сигнала в режиме REL входной сигнал выше 3,9 В, по-прежнему отображается как «OVL. D» (Превышение диапазона).

Чтобы задать значение REL, нажмите клавишу **Rel**, когда на экране в качестве опорного значения отобразится нужное значение. Включается сигнализатор REL. Чтобы отключить REL нажмите **Rel** повторно.

4.1.3 Скорость измерений

Операция RATE задает время интегрирования аналого-цифрового преобразователя, период времени измерения входного сигнала. Время интегрирования влияет на разрешение аналого-цифрового преобразования, шумы при измерении, а также на конечную скорость измерения прибора.

В целом, самое быстрое время интеграции (FAST устанавливается с передней панели или через удаленный интерфейс) приводит к увеличению шума считывания и меньшему количеству полезных цифр АЦП, в то время как самое медленное время интеграции обеспечивает наилучшее разрешение и минимальные шумы. Промежуточные настройки представляют собой компромисс между скоростью и шумом.

Параметры RATE:

Fast (быстро)

FAST устанавливает скорость до 25 показаний в секунду. Используйте FAST, если скорость имеет первостепенное значение, однако это происходит за счет повышенного шума чтения и меньшего количества полезных цифр.

Medium (средний)

Medium устанавливает скорость до 10 показаний в секунду. Используйте Medium, когда компромисс между шумовыми характеристиками и скоростью приемлем.

Slow (Медленный)

SLOW устанавливает скорость до 5 показаний в секунду. SLOW обеспечивает лучшие шумовые характеристики за счет снижения скорости измерения.



Предупреждение: Время интеграции может быть установлено для любой функции измерения, кроме частоты, периода, непрерывности (FAST) и теста диодов (Medium). Для частоты и периода это значение мало превышает время стробирования.

4.2. Работа триггера

Система запуска срабатывания милливольтметра позволяет генерировать триггеры вручную, автоматически или получать сигнал внешнего запуска по шине данных и снимать несколько показаний на триггер. В следующих параграфах обсуждается запуск с передней панели и функция удержания чтения.

4.2.1 Процедура запуска по триггеру

Ожидание триггера

Источник элемента управления задерживает измерения до тех пор, пока не произойдет и не будет обнаружено программируемое событие. Ниже приведено описание источников триггеров:

- Immediate (Немедленный)

С этим источником триггера событие запуска обнаруживается немедленно, что позволяет продолжить работу.

- External (Внешний)

Обнаружение событий выполняется для обоих типов триггеров, как показано ниже:

1. Получена команда триггера шины (*TRG).
2. Кнопка  на передней панели нажата (прибор должен быть отключен от дистанционного управления, прежде чем он отреагирует на кнопку ).

Выполните следующие действия для настройки триггера:

1. Нажмите  +  для загрузки «Меню», затем используйте  или  чтобы найти B:TRIG MEU и нажмите , чтобы ввести «Command», использовать  или  чтобы найти команду 1:TRIG MODE, нажмите  для ввода параметра (IMM, MAN или BUS).
2. Используйте  или  для выбора IMM, MAN или BUS, затем нажмите  для подтверждения.

Выборки измерений

Первичное действие выборки - это измерение. Однако, блок выборки может включать следующие дополнительные действия:

Удержание - при включенном удержании первое обработанное показание становится «начальным» показанием, и операция за циклируется внутри блока выборки измерений. После обработки следующего показания проверяется, находится ли оно в пределах выбранного окна (0,01%, 0,1%, 1% и 10%) от «начального» показания. Если показания находятся в пределах окна, операция снова за циклируется в пределах блока образцов измерений. Этот цикл продолжается до тех пор, пока заданное число (2 - 100) последовательных показаний в пределах окна. Если одно из показаний не попадает в пределы окна, прибор получает новое «начальное» показание, и процесс удержания продолжается.

Удержание чтения

Когда показания удерживаются, как описано в разделе «Выборки измерений», раздается звуковой сигнал (если он включен), и показания считаются «истинным измерением». Показание удерживается на дисплее до тех пор, пока не произойдет «выход за пределы окна» для перезапуска процесса удержания.

Функция удержания показаний позволяет фиксировать и удерживать стабильные показания на дисплее.

Выполните следующие действия, чтобы включить и настроить функцию удержания чтения.

1. Нажмите  +  , чтобы включить функцию удержания чтения.
2. Нажмите  +  для загрузки «Меню», Затем используйте  или  , чтобы найти B:TRIG MEU и нажмите  , чтобы ввести команду, используйте  или  , чтобы найти команду 2:HOLD WIN, нажмите  , чтобы ввести выбор параметров.
3. Используйте  или  для выбора диапазона (0,01%, 0,1%, 1%, 10%), затем нажмите, чтобы подтвердить выбранный диапазон.
4. Используйте  для выбора 3:HOLD CNT, нажмите  , чтобы ввести настройку параметра (по умолчанию это 5):RDGS: 005
5. Используйте  или  , чтобы выбрать позицию устанавливаемой цифры, затем используйте  и  для увеличения или уменьшения значений. Введите значение счётчика.
6. Нажмите  , чтобы подтвердить установленные цифры (2 – 100).

4.3. Индикации максимальных и минимальных значений в процессе измерений

Функция используется для индикации максимальных и минимальных значений в процессе измерений.

После открытия этой функции инструмент начинает записывать максимальные и минимальные значения, непрерывно их обновляя. Он также может быть использован для определения диапазона изменений значений.

Используйте следующую процедуру, чтобы включить операцию MAX / MIN:

1. Нажмите  , чтобы включить функцию MAX / MIN
2. Используйте клавиши  или  для переключения между MAX и MIN.
3. Нажмите клавишу  еще раз, чтобы отключить функцию MAX/MIN.

4.4. Операций сравнения

Операции с пределами допустимых значений устанавливают и контролируют значения, определяющие статусы HI/IN/LO для последующих измерений. Пределы могут быть применены ко всем функциям измерения. Тест на предельные значения (лимиты) выполняется после процентных математических операций. Перед тестом на единицы измерения применяются префиксы, например: Low Limit = -1,0, High Limit = 1,0.

Показания 150 мВ для таких лимитов будут выглядеть так: 0,15 В (IN).

Вы можете настроить мультиметр на звуковой сигнал (или нет), когда показания находятся за пределами предельного диапазона.

4.4.1 Включение сравнения

Используйте следующую процедуру, чтобы включить операцию тестирования в пределах: Нажмите $\rightarrow$, чтобы включить или отключить функцию LIMIT TEST.

4.4.2 Установка предельных значений для сравнения

Чтобы ввести верхние (HI) и нижние (LO) предельные значения, выполните следующие действия.

1. Нажмите  +  для загрузки "Меню", Затем используйте  или  , чтобы найти A:MATH MEU, нажмите  , чтобы ввести команду,

используйте  или  , чтобы найти команду 1:HIGH LIMIT, Нажмите  для ввода параметра установки: HI: +1.0000

2. Используйте  или  , чтобы выбрать позицию устанавливаемой цифры, затем используйте  и  для увеличения или уменьшения значений. Нажмите  , чтобы подтвердить установленный верхний лимит.

3. Используйте  для выбора 2:LOW LIMIT, нажмите  , для ввода значения нижнего предела параметров, давить  чтобы ввести настройку параметра низкого предела: LO: -1.0000

4. Используйте  или  , чтобы выбрать позицию устанавливаемой цифры, затем используйте  и  для увеличения или уменьшения значений. Нажмите  , чтобы подтвердить установленный нижний лимит.

5. Нажмите  →  , чтобы выйти из меню и вернуться к состоянию измерения.

4.5. Системные операции

Милливольтметры VERDO серии MF2100 обладают также следующими функциями: управление звуковым сигналом, управление звуком кнопок, управление скоростью передачи данных и настройку символов терминала. Информация не связана напрямую с проведением измерений, но является важной частью работы прибора.

4.5.1 Звуковой сигнал

Как правило, милливольтметр будет издавать звуковой сигнал всякий раз, когда выполняются определенные условия. Например: милливольтметр будет подавать звуковой сигнал, когда стабильное показание захватывается в режиме удержания показаний.

Вы можете отключить звуковой сигнал для определенных приложений.

- При отключении звукового сигнала милливольтметр не будет издавать звуковой сигнал при:
 1. Выходе за установленные пределы в режиме тестирования в пределах;
 2. Захвачено стабильное показание в режиме удержания показаний.
- Отключение звукового сигнала не влияет на тон, генерируемый при:
 1. Генерируется внутренняя ошибка.
 2. Порог непрерывности превышен.
 3. Нажата клавиша передней панели.
- Состояние звукового сигнала сохраняется в энергонезависимой памяти и не изменяется при выключенном питании или после сброса. Звуковой сигнал по умолчанию включен, когда милливольтметр отгружается с завода.

Чтобы изменить состояние звукового сигнала, выполните следующие действия.

1. Нажмите **Shift** + **Esc** для загрузки «Меню», затем используйте  или , чтобы найти C:SYS MEU и нажмите , для перехода на уровень команд, используйте  или , чтобы найти команду1: BEEP, нажмите , чтобы ввести параметр.
2. Используйте  или , для выбора ON или OFF, затем нажмите для подтверждения.

4.5.2 Звук клавиш

Чтобы избежать неправильной работы, модель VERDO MF2101 и VERDO MF2102 имеет функцию звукового сопровождения нажатия кнопок, и вы можете включить или отключить ее. В заводских настройках по умолчанию эта функция включена. Состояние звука кнопок сохраняется в энергонезависимой памяти и не изменяется при отключении питания после сброса.

Выполните следующие действия для настройки звукового сопровождения нажатия кнопок:

Нажмите **Shift** + **Esc** для загрузки «Меню», Затем используйте  или , чтобы найти C:SYS MEU и нажмите , для перехода на уровень команд, используйте  или , чтобы найти команду 4:KEY SONG, нажмите , чтобы ввести параметр настройки звука кнопок.

2. Используйте  или , для выбора ON или OFF, затем нажмите для подтверждения.

4.5.3 Самотестирование

Самотестирование - это средство проверки прибора, который может помочь оператору максимально быстро найти проблему.

VERDO MF2100 имеет функцию самотестирования при загрузке, которое может демонстрировать работоспособность прибора. Самотестирование при загрузке является лишь частью операции самотестирования, но самотестирование не проверяет аналоговые цепи. Пожалуйста, ознакомьтесь с информацией об использовании самотестирования в сервис-мануале VERDO MF2100.

5. Дистанционное управление

Помимо управления с передней панели, VERDO MF2100 поддерживает последовательный интерфейс RS-232 для дистанционного управления. Стандарт команд для программируемых приборов (SCPI) полностью поддерживается для связи с компьютером через интерфейсы RS-232.

Вы можете подключить интерфейс RS-232 к компьютеру, для этого необходимо:

- определить скорость передачи данных;
- использовать команды SCPI.

5.1. Работа с интерфейсом RS-232

Прибор предоставляет различные удаленные команды. Все операции с передней панели могут выполняться компьютером через интерфейс RS-232.

5.1.1 Подключение RS-232

Стандарт RS232C в настоящее время широко используется в качестве стандарта последовательной связи. RS232 расшифровывается как Recommend Standard Number 232, а C является последней редакцией стандарта.

Последовательные порты на большинстве приборов используют подмножество стандарта RS232C. Полный стандарт RS232C определяет 25-контактный разъем «D», из которого используется 22 контакта. Большинство из этих контактов не нужны для обычной последовательной связи.

Таблица 4 - Работа с интерфейсом RS-232

Функция	Код	25-контактный разъем	9-контактный разъем
		Номер контакта	Номер контакта
Запрос на отправку	RTS	4	7
Очистить для отправки	CTS	5	8
Готовый набор данных	DSR	6	6
Обнаружение носителей данных	DCD	8	1
Готовность терминала данных	DTR	20	4
Передаваемые данные	TXD	2	3
Полученные данные	RXD	3	2
Общее заземление сигнала	GND	7	5

VERDO MF2100 использует только наименьшее подмножество стандарта RS232C, номера используемых контактов указаны ниже:

Таблица 5 - Номера контактов

Функция	Код	Соединитель Номер контакта
Передача данных	TXD	3
Получение данных	RXD	2
Сигнальное заземление Общий	GND	5

Примечание: Определение контакта последовательного порта такое же, как и у стандартного 9-пинового разъема RS232C.

Разъем RS-232, 9-пиновый разъем типа DB, последовательность контактов показана на рисунке ниже:



Рисунок 7 - Разъем на задней панели

5.1.1 Работа с интерфейсом RS-232

1. Соединение RS232 и компьютера показано на рисунке 9:

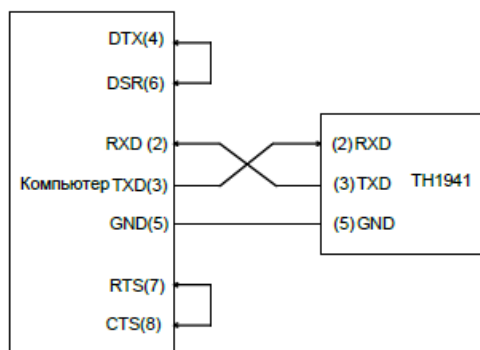


Рисунок 8 - Соединение RS-232

Может быть некоторая разница между интерфейсом VERDO MF2100 RS232 и стандартным интерфейсом RS232C. Вы можете изготовить соединительный кабель самостоятельно по данной схеме.



Предупреждение: Контакты 4 и 6, контакты 7 и 8 замыкаются соответственно в конце контроллера.

2. Отправка и получение данных

VERDO MF2100 использует полнодуплексный асинхронный метод передачи связи с начальным битом и стоп-битом, а формат передачи данных RS-232 составляет: 8 бит (бит) данных и 1 бит (бит) стоп-бита, отсутствует контрольная цифра (бит).

3. Выбор скорости передачи данных

Скорость передачи данных - это скорость, с которой милливольтметр модели VERDO MF2100 и компьютер взаимодействуют между собой. Выберите одну из следующих доступных скоростей (бод):

- 38.4к
- 19.2к
- 9600
- 4800
- 2400
- 1200
- 600



Примечание: Заводская скорость передачи данных по умолчанию составляет 9600.

Прежде чем выбрать скорость передачи данных, убедитесь, что программный терминал, подключаемый к VERDO MF2100, поддерживает выбранную скорость передачи данных. Как милливольтметр, так и другое устройство должны быть сконфигурированы для одинаковой скорости передачи данных.

Чтобы выбрать скорость передачи данных, выполните следующие действия.

- Нажмите **Shift** + **Esc** для загрузки "Меню", затем используйте  или , чтобы найти C:SYS MEU и нажмите , для перехода на уровень команд, используйте  или , чтобы найти команду 2:BAUD RAT, нажмите, чтобы ввести параметр скорости передачи данных; вы увидите: BAUD:<rate>.
- Используйте  или , для выбора требуемой скорости передачи данных, затем нажмите  для подтверждения.
- Нажмите **Shift** → **Esc**, чтобы выйти из меню и вернуться к состоянию измерения.

4. Программный протокол

Поскольку аппаратные линии CTS и RTS не используются VERDO MF2100, мультиметр использует метод возврата символов для уменьшения потерь данных и ошибок во время связи. Пожалуйста, ознакомьтесь с приведенным ниже содержанием перед программированием коммуникационного программного обеспечения.

- Синтаксис и формат команд см. в главе 6 Справочник по командам.
- Контроллер передает команду, используя код ASCII с символом терминала <LF> или <CR>. VERDO MF2100 выполняет команду после получения терминального символа.
- Символ, полученный VERDO MF2100, будет отправлен обратно в контроллер. Контроллер не будет отправлять следующий символ до тех пор, пока последний возвращенный символ не будет получен правильно от VERDO MF2100. Если контроллеру не удастся получить символ, отправленный обратно из VERDO MF2100, возможны следующие причины:

- Последовательный интерфейс подключен неправильно.

- Проверьте, выбрана ли одинаковая скорость передачи данных как для VERDO MF2100, так и для контроллера.

- Когда VERDO MF2100 занят выполнением команды шины, VERDO MF2100 не будет одновременно принимать символы из последовательного интерфейса. Таким образом, символ, отправленный контроллером, будет проигнорирован. Чтобы убедиться, что вся команда отправлена и получена правильно, символ без возвращаемого символа должен быть отправлен контроллером снова.

- VERDO MF2100 отправляет информацию только при следующих двух условиях. Во-первых, когда символ принимается в обычном режиме; VERDO MF2100 отправит символ. Во-вторых, когда получена команда запроса; VERDO MF2100 отправит информацию об ответе на запрос.
- После получения команды запроса VERDO MF2100 немедленно отправит информацию об ответе на запрос, даже если остальные команды не были завершены. Поэтому, если команда содержит два запроса, контроллер должен прочитать ответы на запросы дважды. Один запрос рекомендуется включать в одну команду.
- Ответ на запрос отправляется в кодах ASCII с предустановленным терминальным символом.
- Несколько ответов на запросы будут отправляться непрерывно с интервалом 1 мс. Контроллер должен быть готов к получению ответов; в противном случае информация об ответе будет утеряна.
- Контроллер должен получить символ терминала ответа на запрос. В противном случае вы перепутаете терминальный символ с возвращенным символом. При этом контроллер должен получить последний возвращенный символ перед получением ответа на запрос.
- Для некоторых команд, выполнение которых займет много времени, например команды сброса, контроллер должен продолжать ждать, чтобы избежать потери следующей команды, когда VERDO MF2100 выполняет прежнюю команду.

5.2. Формат данных

VERDO MF2100 выводит результаты измерений с использованием символического строкового формата ASCII через последовательный интерфейс RS232. Формат данных описан следующим образом:

SD. DDDDDDESDDD<NL>

S: +/-

D: цифра от 0 до 9

E: знак экспоненты («+» опущен)

<NL>: Новая строка, ASCII код = 10

Рисунок 9 - Формат данных

6. Справочник по командам SCPI

6.1. Структура команд

Команды VERDO MF2100 делятся на два типа: общие команды и команды SCPI. Общие команды определены в стандарте IEEE 488.2-1987, и эти команды являются общими для всех устройств. VERDO MF2100 поддерживает не все команды. Команды SCPI используются для управления всеми функциями VERDO MF2100. Команды SCPI имеют древовидную структуру в три уровня. (Команды самого высокого уровня в данном руководстве называются командами подсистемы.) Таким образом, команды более низкого уровня допустимы только в том случае, если выбраны команды подсистемы. Двоеточие (:) используется для разделения команд более высокого уровня и команд более низкого уровня. Пример показан на рисунке 11.

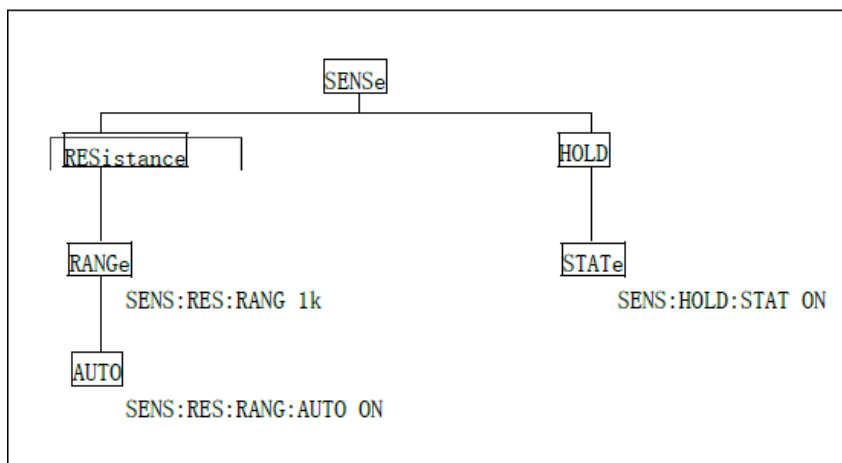


Рисунок 10 - Пример дерева команд

6.2. Синтаксис команд

Информация в этом разделе охватывает синтаксис как общих команд, так и команд SCPI.

6.1.1 Команды и параметры команд:

Общие команды и команды SCPI могут использовать или не использовать параметр. Ниже приведено несколько примеров:

*RST – Параметр не используется

:FORMat <имя> Параметр<имя> обязательно

:IMMediate Параметр не используется

Поставьте хотя бы один пробел между командным словом и параметром.

- Квадратные скобки []: Некоторые командные слова заключены в квадратные скобки. Эти скобки используются для обозначения необязательного командного слова, которое не нужно включать в сообщение программы. Например:

:RANGe[:UPPer] <n>

Эти скобки указывают на то, что :UPPer является необязательным и не должен использоваться. Таким образом, приведенная выше команда может быть отправлена одним из двух способов:

:RANGe <n> или

:RANGe:UPPer <n>



Внимание: При использовании необязательных командных слов в программе не заключайте их в квадратные скобки.

- Угловые скобки <>: угловые скобки используются для обозначения типа параметра. Не включайте скобки в тело программы. Например:

:HOLD:STATe

Символ указывает на то, что требуется параметр логического типа. Таким образом, чтобы включить функцию HOLD, необходимо отправить команду с параметром ON или 1, как показано ниже:

:HOLD:STATe ON или

:HOLD:STATe 1

- Типы параметров: Ниже приведены некоторые из наиболее распространенных типов параметров:

 Логический: Используется для включения или отключения работы прибора. 0 или OFF отключает операцию, а 1 или ON включает операцию. Пример:

:CURRENTent:AC:RANGe:AUTO ON – включить автоматический диапазон

<name> параметр имени: выберите имя параметра из списка.

Пример:

<name> = MOVing

REPeat

:RESistance:AVERage:TCONtrol MOVing

<NRf> – числовой формат представления: этот параметр представляет собой число, которое может быть выражено как целое число (например, 6), действительное число (например, 25.3) или экспонента (например, 5.6E2). Пример:

:MMFactor 5

<n> – числовое значение: Параметр числового значения может состоять из числа NRf или одного из следующих параметров имени: DEFault, MINimum, MAXimum. При использовании параметра DEFault прибор программируется на значение *RST по умолчанию. При использовании параметра MINimum прибор программируется на минимально допустимое значение. При использовании параметра MAXimum прибор программируется на максимально допустимое значение.

Примеры:

:CURRent[:DC]:NPLCycles 1

:CURRent[:DC]:NPLCycles DEFault

:CURRent[:DC]:NPLCycles MINimum

:CURRent[:DC]:NPLCycles MAXimum

6.2.2 Краткие правила

Используйте следующие правила для определения краткой версии любой команды SCPI:

- Если длина командного слова составляет четыре буквы или меньше, краткая версия формы не существует.

Пример:

:AUTO =:AUTO

- Эти правила применяются к командным словам, длина которых превышает четыре буквы:
- Если четвертая буква командного слова является гласной, удалите ее и все буквы после нее.

Пример:

:immediate =:imm

- Исключение из правила — в краткой версии следующей команды используются только первые две буквы слова.

:TCouple = :tc

- Если четвертая буква командного слова является согласной, сохраните ее, но опустите все буквы после нее.

Пример:

:format = :form

- Если команда содержит вопросительный знак (?; запрос) или необязательное число, включенное в командное слово, необходимо включить его в краткую версию.

Пример:

:delay? = :del?

- Командные слова или символы, заключенные в квадратные скобки ([]), являются необязательными и не обязательно должны включаться в сообщение программы.

6.2.3 Основные правила командной структуры

- Регистр букв (верхний и нижний) игнорируется.

Например:

FUNC:VOLT:DC = func:volt:dc = Func:Volt:Dc z Spaces (здесь используется для обозначения пробела) не должны располагаться до и/или после двоеточия (:).

Например:

(wrong) FUNC_: _VOLT:DC

(right) FUNC: VOLT:DC

- Команда может быть полностью прописана или сокращенным шрифтом. (В следующем описании краткая форма будет напечатана в верхнем регистре.)
Например:

FUNCTION: VOLTAGE:DC = FUNC:VOLT:DC

- За заголовком команды должен следовать вопросительный знак (?), чтобы создать запрос для этой команды.

Например:

- FUNC?

6.2.4 Правила множественных команд

- Точка с запятой (;) может использоваться в качестве разделителя для выполнения нескольких команд в одной строке. Ниже приведены правила нескольких команд.
- Команды на одном уровне и в одной и той же группе команд подсистемы могут быть разделены точкой с запятой (;) в нескольких командных строках.

Например:

```
:RESistance:NPLCycle <n>;NPLCycles ?
```

- Чтобы перезапустить команды с самого высокого уровня, в качестве разделителя должна использоваться точка с запятой (;), а затем двоеточие в начале (:)), которое показывает, что перезапущенная команда является командой, находящейся в верхней части дерева команд.

Например:

```
:RESistance:NPLCycle <n>;:RESistance:NPLCycles ?
```

- Общие команды могут быть перезапущены только после точки с запятой в командной строке.

Например:

```
:RESistance:NPLCycles<n>;*IDN?
```

6.2.5 Правила пути к командам

- Каждое новое сообщение программы должно начинаться с команды root, если она не является необязательной (e.g., FUNCTION). Если команда root необязательна, просто обрабатывайте командное слово на следующем уровне как корень. Двоеточие в начале программного сообщения является необязательным и не должно использоваться.

Пример:

:DISPlay:ENABle = DISPlay:ENABle

- Когда указатель пути обнаруживает двоеточие(;), он переходит на следующий уровень команды.
- Когда указатель пути обнаруживает двоеточие (:) после точки с запятой (;), он сбрасывается обратно на корневой уровень.
- Указатель пути может перемещаться только вниз. Он не может быть перемещен на уровень выше. Для выполнения команды на более высоком уровне необходимо начать заново с корневой команды.

6.3. Справочник по командам

В милливольтметрах VERDO серии MF2100 предусмотрены следующие команды подсистемы:

◆ DISPlay ◆ FUNcTion ◆ VOLTage ◆ CURRent ◆ RESistance ◆ FREQuency
◆ PERiod ◆ HOLD ◆ TRIGer ◆ FETCh

В милливольтметрах VERDO серии MF2100 предусмотрены следующие общие команды подсистемы:

◆ *RST ◆ *TRG ◆ *IDN

6.3.1 Подсистема DISPlay

Команды подсистемы DISPlay в основном используются для управления дисплеем устройства и сведены в таблицу 6.

Таблица 6 - Сводка команд подсистемы

Команда	Описание функции
:DISPlay :ENABle :ENABle?	Включение или выключение дисплея на передней панели Состояние запроса дисплея

:ENABle

Синтаксис команды:

:DISPlay:ENABle

Параметр команды:

 =	0 или OFF	Отключить дисплей на передней панели
	1 или ON	Включить дисплей на передней панели

Запрос:

:ENABle? Запрос статуса дисплея

Описание: Эта команда используется для включения или отключения схемы дисплея передней панели. При отключении прибор работает на более высокой скорости. Когда дисплей отключен, он неактивен. Все элементы управления на передней панели, кроме LOCAL, отключены. Нормальная работа дисплея может быть возобновлена с помощью :ENABle или нажатием клавиши LOCAL для включения дисплея.

6.3.2 Подсистема FUNcTion

Команды в этой подсистеме используются для настройки подсистем измерительных функций и сведены в таблицу 7.

Таблица 7 - Сводка команд подсистемы FUNcTion

Команда	Описание
:FUNcTion <name> :FUNcTion?	Выберите функцию измерения: 'VOLTage:AC', 'VOLTage:DC', 'RESistance', 'FRESistance', 'CURRent:AC', 'CURRent:DC', 'FREquency', 'PERiod', 'DIODE', 'CONTInuity'. Функция запроса.

:FUNcTion Команда

:FUNcTion <name>

Синтаксис команды:

:FUNCtion <name>

<name> =	'VOLTage:AC'	Выберите напряжение переменного тока
	'VOLTage:DC'	Выберите напряжение постоянного тока
	'CURRent:AC'	Выберите переменный ток
	'CURRent:DC'	Выберите постоянный ток
	'RESistance'	Выберите 2-проводное сопротивление
	'FRESistance'	Выберите 4-проводное сопротивление
	'FREQuency'	Выберите частоту
	'PERiod'	Выберите период
	'DIODE'	Выберите тестирование диодов
	'CONTinuity'	Выберите запрос на проверку непрерывности:
	:FUNCtion?	Запрос запрограммированной в данный момент функции

Описание:

Эта команда используется для выбора измерительной функции прибора. Обратите внимание, что имена параметров заключаются в одинарные кавычки (''). Однако вместо этого можно использовать двойные кавычки ("").

Например:

:FUNC 'VOLT'= :FUNC "VOLT"

Каждая измерительная функция «запоминает» свою уникальную конфигурацию настройки, такую как диапазон, скорость, фильтр и отношение. Это избавляет от необходимости перепрограммировать условия настройки каждый раз при переключении с одной функции на другую.

6.3.3 Подсистема VOLTage

Команды в этой подсистеме используются для настройки и управления функцией измерения напряжения и сведены в таблицу 8.

Таблица 8 - Сводка команд подсистемы VOLTage

Команда	Описание функции	По умолчанию
:VOLTage:DC	Путь для настройки напряжения	
:NPLCycles <n>	Настройка скорости интегрирования (линейный цикл; от 0,5 до 2)	1
:NPLCycles?	Скорость интегрирования циклов запросов	
:RANGe	Путь для настройки диапазона измерений	
[:UPPer] <n>	Выбор диапазон (от 0 до 1010)	
[:UPPer]?	Диапазон запросов	1000
:AUTO 	Включение или отключение автоматического диапазона	ON
:AUTO?	Запрос автоматического диапазона	
:REFeRence <n>	Укажите ссылку (от -1010 до 1010)	0
:STATe 	Включить или выключить ссылку	OFF
:STATe?	Состояние ссылки запроса (0,1)	
:ACQuire	Использование входного сигнала в качестве опорного.	
:REFeRence?	Ссылочное значение запроса	
:VOLTage:AC	Путь для настройки переменного	
:NPLCycles <n>	Настройка скорости интегрирования (линейные циклы; от 0,5 до 2)	1
:NPLCycles?	Скорость интегрирования циклов	
:RANGe	Путь к заданному диапазону измерений	
[:UPPer]<n>	Выбор диапазона (от 0 до 757,5)	757.5
[:UPPer]?	Диапазон запросов	

:AUTO 	Включение или отключение диапазона	ON
:AUTO?	Автоматический диапазон запросов	
:REfERENCE <n>	Указание ссылки (от -757,5 до 757,5)	0
:STATe 	Включение или отключение ссылки	OFF
:STATe?	Состояние ссылки на запрос	
:ACQuire	Использование входного сигнала в	
:REfERENCE?	Ссылочное значение запроса	

Команды скорости

: NPLCycles <n>

Синтаксис команды:

:VOLTage:AC:NPLCycles <n> Set NPLC for ACV

:VOLTage:DC:NPLCycles <n> Set NPLC for DCV

Параметр команды:

<n> = 0.5 to 2 Настройка циклов линий электропередач для каждой интеграции

DEfault 1

MINimum 0.5

MAXimum 2

Запрос:

:NPLCycles? Запрос запрограммированного значения NPLC

Описание:

Период интегрирования (скорость измерения) для основных измерительных функций (кроме частоты и периода) задается с помощью команды NPLCycles. NPLC (Number of Power Line Cycles) выражает период интегрирования, основываясь на частоте линии питания. Например, для ПЛК, равного 1, период интегрирования в секундах будет равен 1/60 (для линейной мощности 60 Гц), что составляет 16,67 мс.

Команды :RANGe

:[UPPer] <n>

Синтаксис команды:

:VOLTage:AC:RANGe[:UPPer] <n> Настройка диапазона измерений для яблочного уксуса

:VOLTage:DC:RANGe[:UPPer] <n> Настройка диапазона измерений для DCV

Параметр команды:

<n> = от 0 до 757,5 Ожидаемое значение — напряжение переменного тока (ACV)

От 0 до 1010 Ожидаемое значение — напряжение постоянного тока (DCV)

DEFault 757.5 (ACV)

1000 (DCV)

MINimum

0 (Все функции)

MAXimum То же, что и DEFault

Запрос:

:RANGe[:UPPer]? Запрос диапазона измерения текущей функции.

Описание:

Эта команда используется для ручного выбора диапазона измерений для указанной функции измерения. Диапазон выбирается путем указания ожидаемого значения в качестве абсолютного значения. Затем прибор перейдет в наиболее чувствительный диапазон, который будет соответствовать этому ожидаемому показанию. Например, если вы ожидаете показания около 20 мВ, просто дайте параметру (<n>) = 0,02 (или 20e-3), чтобы выбрать диапазон 200 мВ.

:AUTO

Синтаксис команды:

:VOLTage:AC:RANGe:AUTO 	Настройка автоматического диапазона для ACV
:VOLTage:DC:RANGe:AUTO 	Установить автоматический диапазон для DCV

Параметр команды:

 = 1 или ON	Включить автоматический диапазон	0 или OFF
	Отключение автоматического диапазона	

Запрос:

:AUTO?	Запрос Автоматического диапазона (ON или OFF)
--------	---

Описание:

Эти команды используются для управления автоматическим распределением. При включенном автоматическом определении диапазона прибор автоматически переходит в наиболее чувствительный диапазон для выполнения измерения.

Команда автоматического выбора диапазона (:RANGe:AUTO) связана с командой, которая вручную выбирает диапазон измерений (:RANGe <n>). Когда включен автоматический диапазон, параметр value for :RANGe <n> изменяет автоматически выбранное значение диапазона. Таким образом, при отключении автоматического диапазона прибор остается в автоматически выбранном диапазоне. При отправке допустимой команды :RANGe <n> автоматическое определение диапазона отключается.

:REFerence <n> Команды

:REFerence <n>

Синтаксис команды:

:VOLTage:AC:REFerence <n>	Указать ссылку для ACV
:VOLTage:DC:REFerence <n>	Укажите ссылку для DCV

Параметр команды:

<n> = от -757,5 до 757,5	Эталон для ACV
От -1010 до 1010	Опорный сигнал для DCV
DEFault	0 (Все функции измерения)
MINimum - минимальное значение для указанной функции	
MAXimum - максимальное значение для указанной функции Query:	
:REFeRence?	Ссылка на запрос для относительной функции

Описание:

Эти команды используются для установления эталонного (опорного) значения для указанной функции. При включенном опорном сигнале (:REFeRence:STATe) результатом будет алгебраическая разность между входным сигналом и эталонным значением:

Показание= Входной сигнал – Опорный

С лицевой панели опорное значение называется относительной (REL).

Команда :REFeRence <n> связана с командой :ACQuire. Последняя отправленная команда (:REFeRence <n> или :ACQuire) устанавливает опорное значение. Когда опорное значение задается с помощью команды :REFeRence <n>, команда REFeRence? Query возвращает запрограммированное значение. И наоборот, когда ссылка задается с помощью команды:ACQuiry, the:REFeRence? Query возвращает полученное опорное значение.

:STATe

Синтаксис команды:

:VOLTage:AC:REFeRence:STATe	Контрольное опорное значение для ACV
:VOLTage:DC:REFeRence:STATe	Контрольное опорное значение для DCV

Параметр команды:

 = 1 или ON	Статус запроса на опорное значение
0 или OFF	Отключить опорное значение

Запрос:

:STATe?	Состояние опорного значения на запрос.
---------	--

Описание:

Эти команды используются для включения или отключения опорного значения для указанной функции. Если этот параметр включен, отображаемое значение будет включать запрограммированное эталонное значение.

Если этот параметр отключен, отображаемое показание не будет включать эталонное значение.

:ACQuire

Синтаксис команды:

:VOLTage:AC:REFerence:ACQuire	Получить опорное значение для ACV
:VOLTage:DC:REFerence:ACQuire	Получить опорное значение для DCV

Описание:

При отправке одной из этих команд регистрируется входной сигнал измерения, который устанавливается в качестве эталонного значения. Эта команда обычно используется для обнуления дисплея. Например, если прибор отображает смещение 1 мкВ, отправка этой команды и включение опорного значения обнуляет дисплей.

Эта команда работает только в том случае, если прибор включен в указанную функцию измерения. Отправка этой команды в любой другой функции приводит к ошибке. Кроме того, если последнее чтение переполнено или чтение не было активировано, при отправке этой команды возникает ошибка.

6.3.4 Подсистема HOLD

Команды в этой подсистеме используются для настройки и управления функцией удержания результатов измерения и сведены в таблицу 9.

Таблица 9 - Команды подсистемы HOLD

Команда	Описание функции	По умол-чанию
HOLD	Путь к функции удержания элемента управления:	
:WINDow <NRf>	Установить окно удержания(%); 0.01 до 10	1
:WINDow?	Запрос окна удержания	
:COUNT <NRf>	Установить счетчик удержаний; 2 до 100	5
:COUNT?	Количество запросов HOLD	
:STATe <NRf>	Включить или выключить HOLD	OFF
:STATe?	Состояние запроса HOLD	

Команда :HOLD

Следующие команды используются для настройки и управления функцией HOLD.

WINDow <NRf>

Синтаксис команды:

:HOLD:WINDow <NRf>

Параметр команды:

<NRf> = 0.01 to 10 Установить окно (в процентах)

Запрос:

:WINDow? Запрос окна удержания

Описание:

Эта команда используется для установки окна в режим HOLD. Это окно выражается в процентах от «начального значения» для процесса Hold.

:COUNT <NRf>

Синтаксис команды:

:HOLD:COUNT <NRf>

Параметр команды:

<NRf> = от 2 до 100 Указать количество удержаний

Запрос:

:COUNT? Запрос кол-ва HOLD.

Описание:

Эта команда используется для указания счетчика для HOLD. COUNT — это количество показаний, которые сравниваются с «начальным» значением в процессе HOLD.

:STATe

Синтаксис команды:

:HOLD:STATe

Параметр команды:

 = 0 или ВЫКЛ	Выключить HOLD
1 или ВКЛ	Включить УДЕРЖАНИЕ

Запрос:

:STATe? Состояние запроса HOLD

6.3.5 Подсистема TRIGger

Эти команды в этой подсистеме используются для настройки и управления функцией измерения триггеров и сведены в таблице 10.

Таблица 10 - Команды подсистемы TRIGger

Команда	Описание функции	По умол-чанию
:TRIGger		
:SOURce <name>	Выбор источника управления	IMMediate
:SOURce?	Источник управления запросами	

:TRIGger

Команды подсистемы TRIGger используются для настройки прибора режима запуска, задержки запуска и запуска измерения.

:SOURce <name>

Синтаксис команды:

TRIGger:SOURce <name>

Параметр команды:

- <name> = IMMediate Настройка инструмента по умолчанию -
- BUS Запуск через интерфейс RS232)
- MANual(EXTernal) Нажмите кнопку Trig на передней панели)

Запрос:

:SOURce? Источник управления запросами)

Описание:

Они используются для выбора источника управления событиями.

6.3.6 Подсистема FETCH

FETCh? Command

Синтаксис команды:

:FETCh?

Описание:

Эта команда запроса используется для получения последних показаний после обработки. Эта команда не влияет на конфигурацию прибора.

Эта команда не запускает измерение. Команда просто запрашивает последнее доступное чтение. Эта команда продолжает возвращать одно и то же старое чтение до тех пор, пока не появится новое чтение.

Эта команда будет автоматически подтверждена, когда :READ? или :MEASure? Команда отправлена.

6.3.7 Общие команды

Общие команды могут быть использованы для всего оборудования. Ниже приведены некоторые распространенные команды:

*RST

Синтаксис команды: *RST

Description:

Reset the instrument

Описание:

Сбросьте настройки прибора

*TRG

Описание:

Запуск прибора для измерения

*IDN?

Синтаксис запроса:

*IDN?

Возвращаемый запрос:

<product>,<Версия><LF^END>

Здесь:

<product>	*****Digital AC Milivoltmeter
<version>	Ver1.0

Описание:

Информация о запросе, возвращаемая прибору

6.4. Пример программы

Программа последовательного интерфейса

Пример представляет собой коммуникационную программу, написанную на языке C в чистой среде DOS, основная функция может расширять коммуникационную функцию пользователем, а подфункция описывает, как использовать последовательный интерфейс для ввода и вывода строки.

```
#define PORT 0
```

```
#include "dos.h"
```

```
#include "stdio.h"
```

```
#include "stdlib.h" #include "ctype.h"
```

```
#include "string.h" #include "co-nio.h"
```

```

void port_init( int port,unsigned char code ); int check_stat( int port );      /* read serial
port state(16bit) */ void send_port( int port,char c );/* send a character to serial port */
char read_port( int port );          /* re-cive a character form serial port */

void string_wr( char *ps ); /* write a string to serial port */ void string_rd( char *ps ); /* read
a string from serial port */

char input[256]; /* quary recieve bufer */

main()

{ port_init( PORT,0xe3 );/* initilize serial port:baud = 9600,no verify,1 bit stop,8 bit data */

string_wr( "trig:sour bus;*trg" ); string_rd( input ); printf( "\n%s",input );

string_wr( "volt:dc:rang 1.0" ); string_wr( "func 'volt:ac' );

}

/* write string to serial port */ void string_wr( char *ps )

{ char c; int m,n; while( check_stat(PORT) & 256) read_port(PORT);/* read data until null
*/ for( ;*ps; ) { c = 0; for( m = 100;m;m-- ) { send_port( PORT,*ps ); for( n = 1000;n;n-- )

{ delay(2); /* wait about 2ms,can use dos.h libray funtion:delay */ if( kbhit() && ( getch() ==
27 ) ) /* if escape key keypress */

{ printf( "\nE20:Serial Port Write Canceled!" ); exit(1); } if( check_stat(PORT) & 256 ) { c =
read_port( PORT ); break;

}

}

if( n ) break;

} if( c == *ps ) ps++;

else

```



```

{ printf( "\nE10:Serial Port Write Echo Error!" );
exit(1);

} } send_port( PORT,'\n' );/* send command end sym-bol */ delay( 2 ); while( !(check_
stat(PORT) & 256) ); read_port( PORT );

}

/* read string from serial port */ void string_rd( char *ps ) { unsigned char c,i; for( i = 0;i <
255;i++ ) /* max read 256 characters */

{ while( ! (check_stat(PORT) & 256) ) /* wait serial recieve ready */ if( kbhit() && (getch()
== 27) ) /* if escape key keypress */

{ printf( "\nE21:Serial Port Read Canceled!" ); exit(1); } c = read_port( PORT ); if( c == '\n' )
break; *ps = c; ps++; }

*ps = 0;

}

/* send a character to serial port */ void send_port( int port,char c )

{ union REGS r;

r.x.dx = port; /* serial port */

r.h.ah = 1; /* int14 function1:send character */

r.h.al = c; /* character to be sent */ int86( 0x14,&r,&r ); if( r.h.ah & 128 ) /* check ah.7,if
set by int86( 0x14,&r,&r ),mean trans error */

{ printf( "\nE00:Serial port send error!" ); exit(1);

}

}

/* read a character from serial port */ char read_port( int port )

```

```

{ union REGS r;

r.x.dx = port; /* serial port */

r.h.ah = 2; /* int14 function2:read character */ int86( 0x14,&r,&r ); if( r.h.ah & 128 ) /* if ah.7
be set,mean trans error */

{ printf( "\nE01:Serial port read error!" ); exit(1); } return r.h.al;

}

/* check the status of serial port */ int check_stat( int port )

{ union REGS r;

r.x.dx = port; /* serial port */

r.h.ah = 3; /* int14 function3:read status */ int86( 0x14,&r,&r ); return r.x.ax; /* ax.7 show
serial operation, ax.8 show serial recive ready

*/ }

/* initialize the serial port */ void port_init( int port,unsigned char code )

{ union REGS r;

r.x.dx = port; /* serial port */

r.h.ah = 0; /* int14 function0:initial serial port */

r.h.al = code; /* initialization code */ int86( 0x14,&r,&r );

}

```

7. Приложение А

7.1. Технические характеристики

Таблица 11 – Технические характеристики милливольтметров MF2100

Наименование характеристики	Значение
Количество измерительных каналов	2
Диапазон частот измеряемого напряжения переменного тока, Гц:	
Для модификации VERDO MF2101	от 5 ¹⁾ до 3·10 ⁶
Для модификации VERDO MF2102	от 5 ¹⁾ до 5·10 ⁶
Входное сопротивление/ёмкость	10 МОм / 30 пФ
Максимальное входное напряжение, В	300 Вскз или 500 Впик
Верхние пределы диапазонов измерений напряжения переменного тока ²⁾³⁾ , В	0,003 / 0,03 / 0,3 / 3,0 / 30 / 300
Разрешение, мВ	0,0001 / 0,001 / 0,01 / 0,1 / 1 / 10
Диапазоны частоты входного сигнала для значений входного напряжения:	
До 3 В включительно	от 10 Гц до 5 МГц ⁴⁾
св. 3 В до 10 В включительно	от 10 Гц до 1 МГц
св. 10 до 30 В включительно	от 10 Гц до 700 кГц
св. 30 В до 100 В включительно	от 10 Гц 200 кГц
100 В до 200 В включительно	от 10 Гц до 100 кГц
св. 200 В до 300 В включительно ⁵⁾	от 40 Гц до 100 кГц

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения переменного тока в диапазоне частот, В:

От 10 до 20 Гц включительно	$\pm(0,04 \cdot U_x^5) + 0,005 \cdot U_{пр}^6)$
св. 20 Гц до 2 МГц включительно	$\pm(0,02 \cdot U_x + 0,005 \cdot U_{пр})$
св. 2 до 3 МГц включительно	$\pm(0,03 \cdot U_x + 0,005 \cdot U_{пр})$
св. 3 до 5 МГц включительно ⁷⁾	$\pm(0,04 \cdot U_x + 0,005 \cdot U_{пр})$

¹⁾Милливольтметр имеет функциональную возможность измерений напряжения переменного тока с частотой от 5 Гц, но погрешность измерений напряжения переменного тока с частотой ниже 10 Гц не нормируется.

²⁾Среднеквадратическое значение.

³⁾Переключаемые или автовыбор.

⁴⁾Для модификации VERDO MF2101 верхний предел диапазона частоты входного сигнала 3 МГц.

⁵⁾ U_x – измеренное значение напряжения переменного тока, В.

⁶⁾ $U_{пр}$ – значение верхнего предела диапазона измерений напряжения переменного тока, В.

⁷⁾Только для модификации VERDO MF2102.

Триггер и память

Чувствительность удержания при чтении: 0,01%, 0,1%, 1% или 10% от показаний
Программируема задержка триггера: 0 – 6000 мс (с шагом 1 мс)

Математические функции

Rel, MAX/MIN, дБм, дБ, тестирование в пределах, %.

Значение опорного сопротивления для дБм: автоматически устанавливается 1 Ом – 9999 Ом (с шагом 1 Ом), по умолчанию 75 Ом.

Стандартный язык команд управления

SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments)

Интерфейс подключения к ПК

RS-232C, поддержка SCPI

Общие данные

Дисплей: 4 ½ разряда, тип - VFD, двойной дисплей

Питание: 220 В±10% (50 Гц)

Потребляемая мощность: не более 20 В·А

Рабочая температура: 18 °С – 28 °С, при относительной влажности от 30 % до 80 %,

Температура хранения: -40 °С – 70 °С

Время прогрева: не менее 30 минут

Размер (W×H×D), не более: 225 мм×100 мм×315 мм

Масса: не более 2,5 кг

7.2. Аксессуары в комплекте поставки

Комплект поставки милливольтметров MF2100 приведен в таблице 8.

Таблица 12 - Комплект поставки милливольтметров MF2100

Наименование	Количество, шт
Измерительный кабель	1
Пробник напряжения 1:10	1
Сетевой кабель	1
Предохранитель	2
Руководство по эксплуатации	1

8. Приложение Б

8.1. Методика поверки



Содержание

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	3
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	3
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	4
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ.....	4
6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	5
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	5
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	5
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	6
11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.....	7
12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	7
ПРИЛОЖЕНИЕ А	9
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	10

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на милливольтметры VERDO MF2100 (далее – милливольтметры), изготавливаемые Changzhou Tonghui Electronic Co. Ltd, Китай и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

1.2 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость милливольтметра к ГЭТ 89-2008 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 августа 2023 года № 1706.

1.3 Допускается проведение периодической поверки отдельных измерительных каналов и (или) на меньшем числе поддиапазонов измерений в соответствии с заявлением владельца средства измерений, с обязательным указанием в сведениях о поверке информации об объеме проведенной поверки.

1.4 Поверка милливольтметра должна проводиться в соответствии с требованиями настоящей методики поверки.

1.5 Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки – прямой метод измерений.

1.6 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в Приложении А.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 2.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений	10	Да	Да
Определение абсолютной погрешности измерений напряжения переменного тока	10.1	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды плюс $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- относительная влажность от 30 % до 80 %.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, эксплуатационную документацию на поверяемые милливольтметры и средства поверки.

4.2 К проведению поверки допускаются лица, соответствующие требованиям, изложенным в статье 41 Приказа Минэкономразвития России от 26.10.2020 года № 707 (ред. от 30.12.2020 года) «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации».

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Основные средства поверки		
р. 10 Определение метрологических характеристик	Рабочий эталон 3-го разряда по приказу № 1706. Диапазон воспроизведенных напряжения переменного тока от 0,001 до 300 В (поддиапазоны рабочих частот от 10 Гц до 5 МГц)	Калибратор переменного напряжения В1-29, рег. №11029-92 Калибратор многофункциональный Fluke 5720A с усилителем Fluke 5725A, рег. № 52495-13 Калибратор универсальный Fluke 5520A, рег. № 29282-05
Вспомогательные средства поверки		
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Диапазон измерений температуры окружающей среды от +18 °С до +28 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ± 1 °С, диапазон измерений относительной влажности от 30 % до 80 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ± 3 %	Термогигрометр электронный «CENTER» модели 313, рег. № 22129-09
п. 8.2 Определение сопротивления изоляции (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Диапазон воспроизведенных напряжения постоянного тока от 50 до 500 В, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведений ± 10 %, нижний предел измерений сопротивления изоляции не менее 20 МОм, пределы допускаемой относительной погрешности измерений сопротивления изоляции ± 5 %	Установка для проверки параметров электрической безопасности GPT-79803, рег. № 50682-12

Допускается применение средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений, установленную Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 августа 2023 года № 1706.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, установленные ГОСТ 12.3.019-80, «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей». Также должны быть соблюдены требования безопасности, изложенные в эксплуатационных документах на поверяемые милливольтметры и применяемые средства поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Милливольтметр допускается к дальнейшей поверке, если:

- внешний вид милливольтметра соответствует описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- соблюдаются требования по защите милливольтметра от несанкционированного вмешательства согласно описанию типа;
- отсутствуют видимые дефекты, способные оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки.

Примечание – При выявлении дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, устанавливается возможность их устранения до проведения поверки. При наличии возможности устранения дефектов, выявленные дефекты устраняются, и милливольтметр допускается к дальнейшей поверке. При отсутствии возможности устранения дефектов, милливольтметр к дальнейшей поверке не допускается.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- изучить эксплуатационную документацию на поверяемый милливольтметр и на применяемые средства поверки;
- выдержать милливольтметр в условиях окружающей среды, указанных в п. 3.1, не менее 2 ч, если он находился в климатических условиях, отличающихся от указанных в п. 3.1, и подготовить его к работе в соответствии с его эксплуатационной документацией;
- подготовить к работе средства поверки в соответствии с указаниями их эксплуатационной документации;
- провести контроль условий поверки на соответствие требованиям, указанным в разделе 3, с помощью оборудования, указанного в таблице 3.

8.2 Опробование милливольтметра

Подключить милливольтметр с помощью кабеля питания в соответствии с руководством по эксплуатации к сети переменного тока 220 В, включить, нажав на кнопку включения питания на передней панели, удостовериться в наличии индикации на дисплее милливольтметра.

8.3 Проверка электрического сопротивления изоляции

Проверку электрического сопротивления изоляции проводить на установке для проверки параметров электрической безопасности GPT-79803 испытательным напряжением постоянного тока 500 В между измерительными входами и корпусом милливольтметра.

Милливольтметр допускается к дальнейшей поверке, если при опробовании индикация дисплея работает корректно, при проверке электрического сопротивления изоляции измеренное значение электрического сопротивления изоляции не менее 20 МОм.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Подключить милливольтметр с помощью кабеля питания в соответствии с руководством по эксплуатации к сети переменного тока 220 В, включить, нажав на кнопку включения питания на передней панели, зафиксировать идентификационные данные ПО с дисплея.

Милливольтметр допускается к дальнейшей поверке, если программное обеспечение соответствует требованиям, указанным в описании типа.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение абсолютной погрешности измерений напряжения переменного тока.

Определение абсолютной погрешности измерений напряжения переменного тока проводить в следующей последовательности:

1) Собрать схему подключения в соответствии с рисунком 1, при подключении использовать кабель соединительный типа BNC-BNC (сопротивлением 50 Ом);

2) На поверяемом милливольтметре с помощью функциональных кнопок выставить предел измерений 0,003 В;

3) Установить на калибраторе переменного напряжения В1-29 (далее – В1-29) с помощью функциональных кнопок значение переменного напряжения 0,001 В при частоте 10 Гц, зафиксировать полученное значение напряжения переменного тока на поверяемом милливольтметре;

4) Повторить п. 3 для всех точек пределов 0,003 В; 0,03 В; 0,3 В; 3,0 В в соответствии с таблицей Б.1;

5) Собрать схему подключения в соответствии с рисунком 2, при подключении использовать кабель соединительный типа BNC-BNC (сопротивлением 50 Ом);

6) На поверяемом милливольтметре с помощью функциональных кнопок выставить предел измерений 30 В;

7) Перевести калибратор универсальный Fluke 5720A (далее – 5720A) в режим воспроизведения напряжения переменного тока;

8) Провести измерения напряжения переменного тока в точках, указанных в таблице Б.1. После каждого измерения зафиксировать полученное значение напряжения переменного тока в заданных точках на поверяемом милливольтметре;

9) Повторить п. 8 для предела 300 В (в точке 100 В);

10) Собрать схему подключения в соответствии с рисунком 3, при подключении использовать кабель соединительный типа BNC-BNC (сопротивлением 50 Ом);

11) На поверяемом милливольтметре с помощью функциональных кнопок выставить предел измерений 300 В;

12) Перевести калибратор универсальный Fluke 5520A (далее – 5520A) в режим воспроизведения напряжения переменного тока;

13) Провести измерения напряжения переменного тока в точках, указанных в таблице Б.1 (в точках 200 В и 300 В). После каждого измерения зафиксировать полученное значение напряжения переменного тока в заданных точках на поверяемом милливольтметре;

14) Определить значения абсолютной погрешности измерений в точках по формуле (1).

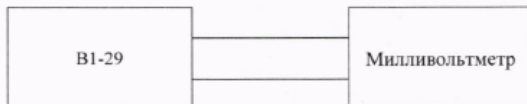


Рисунок 1 – Структурная схема подключения милливольтметров всех модификаций для определения абсолютной погрешности измерений напряжения переменного тока в диапазоне от 0 до 3 В

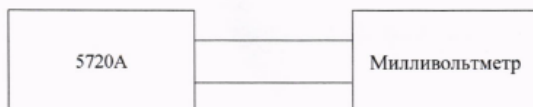


Рисунок 2 – Структурная схема подключения милливольтметров всех модификаций для определения абсолютной погрешности измерений напряжения переменного тока в диапазоне св. 3 до 100 В



Рисунок 3 – Структурная схема подключения милливольтметров всех модификаций для определения абсолютной погрешности измерений напряжения переменного тока в диапазоне св. 100 до 300 В

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Значение абсолютной погрешности измеряемой величины в каждой точке определяется на формуле:

$$\Delta X = X_{\text{изм}} - X_{\text{уст}}, \quad (1)$$

где $X_{\text{изм}}$ – показания поверяемого милливольтметра;
 $X_{\text{уст}}$ – значение, воспроизводимое калибратором.

Милливольтметр подтверждает соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, если полученные значения абсолютной погрешности измерения напряжения переменного тока не превышают пределов, указанных в таблице А.1 Приложения А.

При невыполнении любого из вышеперечисленных условий (когда милливольтметр не подтверждает соответствие метрологическим требованиям), поверку милливольтметра прекращают, результаты поверки признают отрицательными.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки милливольтметра подтверждаются сведениями, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

12.2 При проведении поверки в сокращенном объеме (в соответствии с заявлением владельца средства измерений) в сведениях о поверке указывается информация, для каких измерительных каналов и(или) поддиапазонов измерений выполнена поверка.

12.3 По заявлению владельца милливольтметра или лица, представившего его на поверку, положительные результаты поверки (когда милливольтметр подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют свидетельством о поверке по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством, и (или) внесением в паспорт

милливольтметра записи о проведенной поверке, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

12.4 По заявлению владельца милливольтметра или лица, представившего его на поверку, отрицательные результаты поверки (когда милливольтметр не подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют извещением о непригодности к применению средства измерений по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством.

12.5 Протоколы поверки милливольтметра оформляются по произвольной форме.

Инженер 3 категории ООО «НИЦ «ЭНЕРГО»



Е.А. Башкеева

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Основные метрологические характеристики милливольтметров

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение					
Количество измерительных каналов	2					
Диапазон частот измеряемого напряжения переменного тока, Гц: – для модификации VERDO MF2101 – для модификации VERDO MF2102	от 5 ¹⁾ до 3·10 ⁶ от 5 ¹⁾ до 5·10 ⁶					
Входное сопротивление/емкость	10 МОм / 30 пФ					
Верхние пределы диапазонов измерений напряжения переменного тока ²⁾³⁾ , В	0,003	0,03	0,3	3,0	30	300
Разрешение, мВ	0,0001	0,001	0,01	0,1	1	10
Диапазоны частоты входного сигнала для значений измеряемого входного напряжения: – до 3 В включ. – св. 3 до 10 В включ. – св. 10 до 30 В включ. – св. 30 до 100 В включ. – св. 100 до 200 В включ. – св. 200 до 300 В включ. ⁵⁾	от 10 Гц до 5 МГц ⁴⁾ от 10 Гц до 1 МГц от 10 Гц до 700 кГц от 10 Гц до 200 кГц от 10 Гц до 100 кГц от 40 Гц до 100 кГц					
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения переменного тока в диапазоне частот, В: от 10 до 20 Гц включ. св. 20 Гц до 2 МГц включ. св. 2 до 3 МГц включ. св. 3 до 5 МГц включ. ⁷⁾	$\pm(0,04 \cdot U_x^{5}) + 0,005 \cdot U_{пр}^{6})$ $\pm(0,02 \cdot U_x + 0,005 \cdot U_{пр})$ $\pm(0,03 \cdot U_x + 0,005 \cdot U_{пр})$ $\pm(0,04 \cdot U_x + 0,005 \cdot U_{пр})$					

¹⁾ Милливольтметр имеет функциональную возможность измерений напряжения переменного тока с частотой от 5 Гц, но погрешность измерений напряжения переменного тока с частотой ниже 10 Гц не нормируется.

²⁾ Среднеквадратическое значение.

³⁾ Переключаемые или автовыбор.

⁴⁾ Для модификации VERDO MF2101 верхний предел диапазона частоты входного сигнала 3 МГц.

⁵⁾ U_x – измеренное значение напряжения переменного тока, В.

⁶⁾ $U_{пр}$ – значение верхнего предела диапазона измерений напряжения переменного тока, В.

⁷⁾ Только для модификации VERDO MF2102.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Поверяемые точки для определения абсолютной погрешности измерений

Таблица Б.1 – Поверяемые точки для определения абсолютной погрешности измерений напряжения переменного тока

Модификация	Пределы измерений	Частота	Поверяемые точки
VERDO MF2101	0,003 В	10 Гц; 20 Гц; 2 МГц; 3 МГц	0,001 В; 0,003 В
	0,03 В	10 Гц; 20 Гц; 2 МГц; 3 МГц	0,01 В; 0,03 В
	0,3 В	10 Гц; 20 Гц; 2 МГц; 3 МГц	0,1 В; 0,3 В
	3,0 В	10 Гц; 20 Гц; 2 МГц; 3 МГц	1,0 В; 3,0 В
	30 В	10 Гц; 20 Гц; 1 МГц	10,0 В
	30 В	10 Гц; 20 Гц; 700 кГц	30,0 В
	300 В	10 Гц; 20 Гц; 200 кГц	100,0 В
	300 В	10 Гц; 20 Гц; 100 кГц	200,0 В
VERDO MF2102	300 В	100 кГц	300,0 В
	0,003 В	10 Гц; 20 Гц; 2 МГц; 3 МГц; 5 МГц	0,001 В; 0,003 В
	0,03 В	10 Гц; 20 Гц; 2 МГц; 3 МГц; 5 МГц	0,01 В; 0,03 В
	0,3 В	10 Гц; 20 Гц; 2 МГц; 3 МГц; 5 МГц	0,1 В; 0,3 В
	3,0 В	10 Гц; 20 Гц; 2 МГц; 3 МГц; 5 МГц	1,0 В; 3,0 В
	30 В	10 Гц; 20 Гц; 1 МГц	10,0 В
	30 В	10 Гц; 20 Гц; 700 кГц	30,0 В
	300 В	10 Гц; 20 Гц; 200 кГц	100,0 В
	300 В	10 Гц; 20 Гц; 100 кГц	200,0 В
	300 В	100 кГц	300,0 В