ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Мультиметры Keithley 2000, Keithley 2001, Keithley 2002, Keithley 2010

Назначение средства измерений

Мультиметры Keithley 2000, Keithley 2001, Keithley 2002, Keithley 2010 (далее – мультиметры) предназначены для измерения напряжения и силы постоянного и переменного тока, электрического сопротивления постоянному току, частоты и периода.

Описание средства измерений

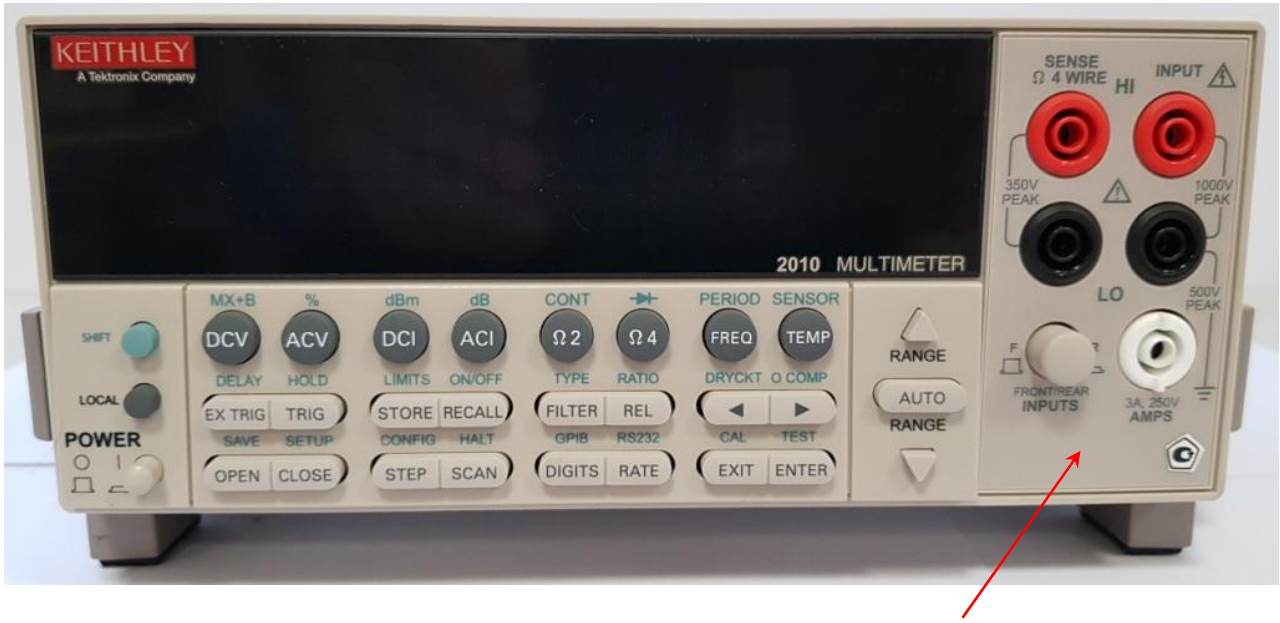
Принцип действия мультиметров основан на преобразовании аналоговой входной величины в цифровой код посредством аналого-цифрового преобразователя с применением масштабирующих усилителей, потенциометрических схем, прецизионных резисторов и опорного генератора частоты. Мультиметры могут быть использованы для измерения температуры с применением стандартных по международной температурной шкале термометров сопротивления и термопар различных типов. Мультиметры оснащены вакуумным флуоресцентном дисплеем.

Мультиметры отличаются значениями диапазонов и погрешностей измерения величин, максимальным разрешением индикации (6½ у модели Keithley 2000, 7½ у моделей Keithley 2001 и Keithley 2010, 8½ у модели Keithley 2002).

Связь с компьютером и другими внешними устройствами осуществляется с помощью интерфейсов IEEE-488 (GPIB) и/или RS-232, разъемы которых установлены на задней панели.

Входные разъемы мультиметров расположены на передней и задней панелях, для многоканальных измерений может быть использован модуль мультиплексора, устанавливаемый в слот на задней панели.

Вид передней панели мультиметров с указанием места нанесения знака утверждения типа и знака поверки показан на рисунке 1. Вид задней панели и схема пломбировки от несанкционированного доступа показан на рисунке 2.



место нанесения знака утверждения типа и знака поверки

Рисунок 1 – Вид передней панели мультиметров

место пломбирования (защитный стикер)

Рисунок 2 – Вид задней панели мультиметров

Программное обеспечение

Программное обеспечение, установленное на внутренний контроллер, выполняет функции управления режимами работы, выбора диапазонов, задания параметров и функций представления и обработки измерительной информации.

Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений «низкий» по Р 50.2.077-2014.

Идентификационные данные программного обеспечения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение			
	Keithley 2000	Keithley 2001	Keithley 2002	Keithley 2010
Идентификационное наименование	KI 2000	KI 2001	KI 2002	KI 2010
Номер версии (идентификационный номер)	не ниже A02 или B02	не ниже B17	не ниже A02 или B02	не ниже A02 или B02

Метрологические и технические характеристики

Метрологические характеристики представлены в таблицах 2 – 25, технические характеристики приведены в таблице 26.

В таблицах метрологических характеристик указаны значения основной абсолютной погрешности измерений в течение 1 года после заводской подстройки при температуре окружающей среды (23 ±5) °С и дополнительной абсолютной погрешности измерений на 1 °С в рабочем диапазоне температур.

Метрологические характеристики мультиметров Keithley 2000

Таблица 2 – Измерение постоянного напряжения Keithley 2000

Верхний предел диапазона [1)]	Входное сопротивление	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3)]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2)]
100 мВ	>10 ГОм	$\pm(5\cdot10^{-5}\cdot U + 3{,}5\cdot10^{-5}\cdot D_U)$ [4)]	$\pm(2\cdot10^{-6}\cdot U + 6\cdot10^{-6}\cdot D_U)$
1 В		$\pm(3\cdot10^{-5}\cdot U + 7\cdot10^{-6}\cdot D_U)$	$\pm(2\cdot10^{-6}\cdot U + 1\cdot10^{-6}\cdot D_U)$
10 В		$\pm(3\cdot10^{-5}\cdot U + 5\cdot10^{-6}\cdot D_U)$	
100 В	(10 ±0,1) МОм	$\pm(4{,}5\cdot10^{-5}\cdot U + 6\cdot10^{-6}\cdot D_U)$	$\pm(5\cdot10^{-6}\cdot U + 1\cdot10^{-6}\cdot D_U)$
1000 В		$\pm(4{,}5\cdot10^{-5}\cdot U + 6\cdot10^{-6}\cdot D_U)$ [5)]	

_____
1) Максимальное измеряемое значение на 20 % выше указанных верхних пределов для всех диапазонов, кроме диапазона с верхним пределом 1000 В.
2) U – значение измеряемого напряжения; D_U – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 1 час.
4) С функцией “REL” после подачи на вход нулевого напряжения.
5) Для значений U > 500 В к абсолютной погрешности следует добавить $2\cdot10^{-5}\cdot(U - 500)$ В.

Таблица 3 – Измерение электрического сопротивления постоянному току Keithley 2000

Верхний предел диапазона [1)]	Сила испытательного тока	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3,4)]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2)]
100 Ом	1 мА	$\pm(1\cdot10^{-4}\cdot R + 4\cdot10^{-5}\cdot D_R)$	$\pm(8\cdot10^{-6}\cdot R + 6\cdot10^{-6}\cdot D_R)$
1 кОм	1 мА	$\pm(1\cdot10^{-4}\cdot R + 1\cdot10^{-5}\cdot D_R)$	$\pm(8\cdot10^{-6}\cdot R + 1\cdot10^{-6}\cdot D_R)$
10 кОм	100 мкА		
100 кОм	7 мкА		
1 МОм	7 мкА		
10 МОм [5)]	0,7 мкА [6)]	$\pm(4\cdot10^{-4}\cdot R + 1\cdot10^{-5}\cdot D_R)$	$\pm(9{,}5\cdot10^{-5}\cdot R + 1\cdot10^{-6}\cdot D_R)$
100 МОм [5)]	0,7 мкА [6)]	$\pm(1{,}5\cdot10^{-3}\cdot R + 3\cdot10^{-5}\cdot D_R)$	$\pm(9\cdot10^{-4}\cdot R + 1\cdot10^{-6}\cdot D_R)$

_____
1) Максимальное измеряемое значение на 20 % выше указанных верхних пределов.
2) R – значение измеряемого сопротивления; D_R – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 1 час.
4) Значения погрешности указаны для 4-х проводной схемы, для 2-х проводной схемы к значениям абсолютной погрешности следует добавить 1 Ом.
5 Относительная разность сопротивлений измерительных кабелей, присоединенных к клеммам “HI”, “LO”, должна быть не более 10 %.
6) К источнику тока параллельно подключен прецизионный резистор 10 МОм.

Таблица 4 – Измерение силы постоянного тока Keithley 2000

Верхний предел диапазона [1)]	Падение напряжения на входе, В, не более	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3)]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2)]
10 мА	0,15	$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot I + 8\cdot10^{-5}\cdot D_I)$	$\pm(5\cdot10^{-5}\cdot I + 5\cdot10^{-6}\cdot D_I)$
100 мА	0,03	$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot I + 8\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(5\cdot10^{-5}\cdot I + 5\cdot10^{-5}\cdot D_I)$
1 А	0,3	$\pm(8\cdot10^{-4}\cdot I + 8\cdot10^{-5}\cdot D_I)$	$\pm(5\cdot10^{-5}\cdot I + 5\cdot10^{-6}\cdot D_I)$
3 А	1,0	$\pm(1{,}2\cdot10^{-3}\cdot I + 4\cdot10^{-5}\cdot D_I)$	

Продолжение таблицы 4

_____
1) Максимальное измеряемое значение на 20 % выше указанных верхних пределов для всех диапазонов, кроме диапазона с верхним пределом 3 А.
2) I – значение измеряемой силы тока; D_I – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 1 час.

Таблица 5 – Измерение среднеквадратических значений переменного напряжения Keithley 2000

Верхние пределы диапазонов [1,4]: 100 мВ; 1 В; 10 В; 100 В; 750 В		
Входной импеданс: сопротивление (1 ±0,02) МОм, емкость менее 100 пФ		
Диапазон частот [2.4]	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3,5]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2]
3 Гц ≤ F < 10 Гц	$\pm(3{,}5\cdot10^{-3}\cdot U + 3\cdot10^{-4}\cdot D_U)$ [6]	$\pm(3{,}5\cdot10^{-4}\cdot U + 3\cdot10^{-5}\cdot D_U)$
10 Гц ≤ F < 20 кГц	$\pm(6\cdot10^{-4}\cdot U + 3\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(5\cdot10^{-5}\cdot U + 3\cdot10^{-5}\cdot D_U)$
20 кГц ≤ F < 50 кГц	$\pm(1{,}2\cdot10^{-3}\cdot U + 5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(6\cdot10^{-5}\cdot U + 5\cdot10^{-5}\cdot D_U)$
50 кГц ≤ F < 100 кГц	$\pm(6\cdot10^{-3}\cdot U + 8\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(1\cdot10^{-4}\cdot U + 6\cdot10^{-5}\cdot D_U)$
100 кГц ≤ F ≤ 300 кГц	$\pm(4\cdot10^{-2}\cdot U + 5\cdot10^{-3}\cdot D_U)$	$\pm(3\cdot10^{-4}\cdot U + 1\cdot10^{-4}\cdot D_U)$

_____
1) Максимальное измеряемое значение на 20 % выше указанных верхних пределов для всех диапазонов, кроме диапазона с верхним пределом 750 В.
2) U – значение измеряемого напряжения; D_U – верхний предел диапазона, F – значение частоты.
3) После времени прогрева 1 час.
4) Произведение значений $U\cdot F \le 8\cdot10^7$ В·Гц.
5) Погрешность нормируется в режиме “Rate: Slow” и для значений измеряемого напряжения свыше 5 % от верхнего предела диапазона.
6) Типовое справочное значение.

Таблица 6 – Измерение среднеквадратических значений силы переменного тока Keithley 2000

Верхний предел диапазона [1]	Падение напряжения на входе, В, не более	Диапазон частот [2]	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3,4]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2]
1 А	0,3	3 Гц ≤ F < 10 Гц	$\pm(3\cdot10^{-3}\cdot I + 4\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [5]	$\pm(3{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 6\cdot10^{-5}\cdot D_I)$
		10 Гц ≤ F ≤ 3 кГц	$\pm(1\cdot10^{-3}\cdot I + 4\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(1{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 6\cdot10^{-5}\cdot D_I)$
		3 кГц < F ≤ 5 кГц	$\pm(1{,}4\cdot10^{-3}\cdot I + 4\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	
3 А	1,0	3 Гц ≤ F < 10 Гц	$\pm(3{,}5\cdot10^{-3}\cdot I + 6\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [5,6]	$\pm(3{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 6\cdot10^{-5}\cdot D_I)$
		10 Гц ≤ F ≤ 3 кГц	$\pm(1{,}5\cdot10^{-3}\cdot I + 6\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [6]	$\pm(1{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 6\cdot10^{-5}\cdot D_I)$
		3 кГц < F ≤ 5 кГц	$\pm(1{,}8\cdot10^{-3}\cdot I + 6\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [6]	

_____
1) Максимальное измеряемое значение на 20 % выше указанных верхних пределов для диапазона 1 А, для диапазона 10 А максимальное измеряемое значение выше на 1 %.
2) I – значение измеряемой силы тока; D_I – верхний предел диапазона, F – значение частоты.
3) После времени прогрева 1 час.
4) Погрешность нормируется в режиме “Rate: Slow” и для значений измеряемой силы тока не менее 5 % от верхнего предела диапазона.
5) Типовое справочное значение.
6) Для значений силы тока I > 2,2 А к абсолютной погрешности следует добавить $4\cdot10^{-3}\cdot I$.

Таблица 7 – Измерение частоты и периода Keithley 2000

Измеряемые значения		Пределы допускаемой относительной погрешности, % [1,2,3]
Частота F	Период T	
3 Гц ≤ F ≤ 500 кГц	333 мс ≥ T ≥ 2 мкс	±0,01

1) В рабочем диапазоне температуры окружающей среды.
2) Погрешность нормируется для сигнала напряжения прямоугольной формы.
3) При амплитуде входного напряжения не менее 10 % от верхнего предела любого диапазона измерения напряжения в режиме “Gate Time: Slow”.

Метрологические характеристики мультиметров Keithley 2001

Таблица 8 – Измерение постоянного напряжения Keithley 2001

Верхний предел диапазона [1]	Входное сопротивление	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2]
200 мВ	>10 ГОм	$\pm(3{,}7\cdot10^{-5}\cdot U + 6\cdot10^{-6}\cdot D_U)$ [4]	$\pm(3{,}3\cdot10^{-6}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-6}\cdot D_U)$
2 В		$\pm(2{,}5\cdot10^{-5}\cdot U + 2\cdot10^{-6}\cdot D_U)$	$\pm(2{,}6\cdot10^{-6}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-7}\cdot D_U)$
20 В		$\pm(2{,}4\cdot10^{-5}\cdot U + 4\cdot10^{-6}\cdot D_U)$	$\pm(2{,}6\cdot10^{-6}\cdot U + 7\cdot10^{-7}\cdot D_U)$
200 В	(10 ±0,1) МОм	$\pm(3{,}8\cdot10^{-5}\cdot U + 3\cdot10^{-6}\cdot D_U)$	$\pm(4{,}3\cdot10^{-6}\cdot U + 1\cdot10^{-6}\cdot D_U)$
1000 В		$\pm(4{,}1\cdot10^{-5}\cdot U + 6\cdot10^{-6}\cdot D_U)$	$\pm(4{,}1\cdot10^{-6}\cdot U + 1\cdot10^{-6}\cdot D_U)$

1) Максимальное измеряемое значение на 5 % выше указанных верхних пределов для всех диапазонов, кроме 1000 В, для которого максимальное измеряемое значение выше на 10 %.
2) U – значение измеряемого напряжения; D_U – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 1 час.
4) С функцией “REL” после подачи на вход нулевого напряжения.

Таблица 9 – Измерение электрического сопротивления постоянному току Keithley 2001

Верхний предел диапазона [1]	Сила испытательного тока	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2]
20 Ом	9,2 мА	$\pm(7{,}2\cdot10^{-5}\cdot R + 7\cdot10^{-6}\cdot D_R)$ [4,5]	$\pm(8\cdot10^{-6}\cdot R + 1{,}5\cdot10^{-6}\cdot D_R)$
200 Ом	0,98 мА	$\pm(5{,}6\cdot10^{-5}\cdot R + 7\cdot10^{-6}\cdot D_R)$ [4,5]	$\pm(4\cdot10^{-6}\cdot R + 6\cdot10^{-6}\cdot D_R)$
2 кОм	0,98 мА	$\pm(5\cdot10^{-5}\cdot R + 4\cdot10^{-6}\cdot D_R)$ [4,5]	$\pm(3\cdot10^{-6}\cdot R + 2\cdot10^{-7}\cdot D_R)$
20 кОм	89 мкА	$\pm(5\cdot10^{-5}\cdot R + 4\cdot10^{-6}\cdot D_R)$ [5]	$\pm(4\cdot10^{-6}\cdot R + 2\cdot10^{-7}\cdot D_R)$
200 кОм	7 мкА	$\pm(9\cdot10^{-5}\cdot R + 4{,}5\cdot10^{-6}\cdot D_R)$	$\pm(1{,}1\cdot10^{-5}\cdot R + 2\cdot10^{-7}\cdot D_R)$
2 МОм [6]	770 нА	$\pm(1{,}6\cdot10^{-4}\cdot R + 4{,}5\cdot10^{-6}\cdot D_R)$	$\pm(2{,}5\cdot10^{-5}\cdot R + 2\cdot10^{-7}\cdot D_R)$
20 МОм [6]	70 нА	$\pm(9\cdot10^{-4}\cdot R + 4{,}5\cdot10^{-6}\cdot D_R)$	$\pm(2{,}5\cdot10^{-4}\cdot R + 2\cdot10^{-7}\cdot D_R)$
200 МОм [6]	4,4 нА	$\pm(2\cdot10^{-2}\cdot R + 1\cdot10^{-4}\cdot D_R)$	$\pm(4\cdot10^{-3}\cdot R + 1\cdot10^{-5}\cdot D_R)$
1 ГОм [6]	4,4 нА	$\pm(4\cdot10^{-2}\cdot R + 1\cdot10^{-4}\cdot D_R)$	

1) Максимальное измеряемое значение на 5 % выше указанных верхних пределов.
2) R – значение измеряемого сопротивления; D_R – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 1 час.
4) Для 4-х проводной схемы. Для 2-х проводной схемы к значениям абсолютной погрешности следует добавить 0,006 Ом.
5) С функцией компенсации смещения нуля (“Offset Compensation On”).
6) Только 2-х проводная схема.

Таблица 10 – Измерение силы постоянного тока Keithley 2001

Верхний предел диапазона [1)]	Падение напряжения на входе, В, не более	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3)]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2)]
200 мкА	0,25	$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot I + 2{,}5\cdot10^{-5}\cdot D_I)$	$\pm(5{,}8\cdot10^{-5}\cdot I + 7\cdot10^{-6}\cdot D_I)$
2 мА	0,31	$\pm(4\cdot10^{-4}\cdot I + 2\cdot10^{-5}\cdot D_I)$	$\pm(5{,}8\cdot10^{-5}\cdot I + 5\cdot10^{-6}\cdot D_I)$
20 мА	0,4		
200 мА	0,5	$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot I + 2\cdot10^{-5}\cdot D_I)$	
2 А	1,5	$\pm(9\cdot10^{-4}\cdot I + 2\cdot10^{-5}\cdot D_I)$ [4)]	

1) Максимальное измеряемое значение на 5 % выше указанных верхних пределов.
2) I – значение измеряемой силы тока; D_I – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 1 час.
4) Для значений I > 0,5 А к абсолютной погрешности следует добавить $5\cdot10^{-5}\cdot D_I$ из-за теплового эффекта.

Таблица 11 – Измерение среднеквадратических значений переменного напряжения Keithley 2001

Входной импеданс: сопротивление (1 ±0,02) МОм, емкость менее 140 пФ				
Верхний предел диапазона [1)]	Пределы допускаемой абсолютной погрешности [2,3,4,5)]			
	Режим “Low Frequency Mode”			
	1 Гц ≤ F < 10 Гц [6)]	10 Гц ≤ F < 50 Гц	50 Гц ≤ F < 2 кГц	2 кГц ≤ F < 10 кГц
200 мВ	$\pm(1{,}1\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(6\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$
2 В				
20 В	$\pm(1{,}2\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(7\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(6\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(8{,}5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$
200 В [7)]				
750 В [7)]	$\pm(1{,}5\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(1{,}1\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(1\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(1{,}3\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$
Верхний предел диапазона [1)]	Режим “Normal Mode”			
	20 Гц ≤ F < 50 Гц	50 Гц ≤ F < 100 Гц	100 Гц ≤ F < 2 кГц	2 кГц ≤ F < 10 кГц
200 мВ	$\pm(2{,}5\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(8\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$
2 В				
20 В			$\pm(6\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(8{,}5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$
200 В [7)]				
750 В [7)]	$\pm(2{,}7\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(1{,}1\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(1\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(1{,}3\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}3\cdot10^{-4}\cdot D_U)$
	10 кГц ≤ F < 30 кГц	30 кГц ≤ F < 50 кГц	50 кГц ≤ F < 100 кГц	100 кГц ≤ F < 200 кГц
200 мВ	$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(6\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(3\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(7{,}5\cdot10^{-3}\cdot U + 2{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$ [8)]
2 В				
20 В	$\pm(1{,}2\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(1{,}3\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$		
200 В [7)]				
750 В [7)]	$\pm(1{,}8\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(2{,}2\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$ [6)]	$\pm(5\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$ [6)]	-
	200 кГц ≤ F < 1 МГц	1 МГц ≤ F < 2 МГц	-	-
200 мВ	$\pm(2\cdot10^{-2}\cdot U + 1\cdot10^{-3}\cdot D_U)$	$\pm(5\cdot10^{-2}\cdot U + 2\cdot10^{-3}\cdot D_U)$	-	-
2 В				
20 В	$\pm(4\cdot10^{-2}\cdot U + 2\cdot10^{-3}\cdot D_U)$ [8)]	$\pm(7\cdot10^{-2}\cdot U + 2\cdot10^{-3}\cdot D_U)$	-	-
200 В [7)]		-		

Продолжение таблицы 11

Верхний предел диапазона [1]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2]	
	F ≤ 100 кГц	F > 100 кГц
200 мВ	$\pm(4\cdot10^{-5}\cdot U + 1\cdot10^{-5}\cdot D_U)$	$\pm(1{,}4\cdot10^{-4}\cdot U + 1\cdot10^{-5}\cdot D_U)$
2 В		
20 В	$\pm(6\cdot10^{-5}\cdot U + 1\cdot10^{-5}\cdot D_U)$	$\pm(1{,}6\cdot10^{-4}\cdot U + 1\cdot10^{-5}\cdot D_U)$
200 В		
750 В	$\pm(1{,}2\cdot10^{-4}\cdot U + 1\cdot10^{-5}\cdot D_U)$	$\pm(2{,}2\cdot10^{-4}\cdot U + 1\cdot10^{-5}\cdot D_U)$

1) Максимальное измеряемое значение на 5 % выше указанных верхних пределов для всех диапазонов, кроме 750 В, для которого максимальное измеряемое значение равно 775 В.
2) F – значение частоты, U – значение измеряемого напряжения; D_U – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 1 час.
4) На частотах F ≥ 2 кГц значения погрешности в режиме “Low Frequency Mode” такие же, как в режиме “Normal Mode”.
5) На частотах F ≤ 200 кГц погрешность нормируется для значений напряжения $U \geq 1\cdot10^{-2}\cdot D_U$. Для значений напряжения $1\cdot10^{-2}\cdot D_U < U \leq 5\cdot10^{-2}\cdot D_U$ в диапазонах с верхним пределом 200 мВ, 2 В, 20 В и 200 В и значений напряжения $1\cdot10^{-2}\cdot D_U < U \leq 7\cdot10^{-2}\cdot D_U$ в диапазоне с верхним пределом 750 В к указанным значениям абсолютной погрешности следует добавить $1\cdot10^{-4}\cdot D_U$. На частотах F > 200 кГц погрешность нормируется для значений напряжения $U \geq 0{,}1\cdot D_U$.
6) Типовые справочные значения погрешности в данном диапазоне частот.
7) Для значений напряжения U > 100 В к абсолютной погрешности следует добавить $1\cdot10^{-5}\cdot U\cdot[(U/100\ \text{В})^2]$.
8) Типовое справочное значение погрешности для диапазона с верхним пределом 200 В.

Таблица 12 – Измерение среднеквадратических значений силы переменного тока Keithley 2001

Верхний предел диапазона [1]	200 мкА	2 мА	20 мА	200 мА	2 А
Падение напряжения на входе, В, не более	0,25	0,31	0,4	0,5	1,5

Верхний предел диапазона [1]	Пределы допускаемой абсолютной погрешности [2,3,4]			
	20 Гц ≤ F < 50 Гц	50 Гц ≤ F < 200 Гц	200 Гц ≤ F < 1 кГц	1 кГц ≤ F < 10 кГц
200 мкА	$\pm(3{,}5\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(2\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(4\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(5\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$
2 мА	$\pm(3\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(1{,}5\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(1{,}2\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(1{,}2\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$
20 мА				
200 мА				$\pm(1{,}5\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$
2 А	$\pm(3{,}5\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [5]	$\pm(2\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [5]	$\pm(3\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [5]	$\pm(4{,}5\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [5]
	10 кГц ≤ F < 30 кГц	30 кГц ≤ F < 50 кГц	50 кГц ≤ F < 100 кГц	
200 мкА	-	-	-	-
2 мА	$\pm(2{,}5\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [6]	$\pm(3\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [6]	$\pm(5\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [6]	
20 мА				
200 мА	$\pm(5\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [6]	$\pm(1\cdot10^{-2}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [6]	$\pm(3\cdot10^{-2}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [6]	
2 А	$\pm(1{,}5\cdot10^{-2}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [5,6]	$\pm(4\cdot10^{-2}\cdot I + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [5,6]	-	
Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2]: $\pm(1\cdot10^{-4}\cdot I + 1\cdot10^{-5}\cdot D_I)$				

Продолжение таблицы 12

_____
1) Максимальное измеряемое значение на 5 % выше указанных верхних пределов.
2) F – значение частоты, I – значение измеряемой силы тока; D_I – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 1 час.
4) Погрешность нормируется для значений измеряемой силы тока не менее 5 % от верхнего предела диапазона.
5) Для значений силы тока I > 0,5 А к абсолютной погрешности следует добавить $5\cdot10^{-5}\cdot D_I$.
6) Типовое справочное значение.

Таблица 13 – Измерение частоты и периода Keithley 2001

Измеряемые значения [1]		Пределы допускаемой относительной погрешности, % [4]
Для входного сигнала напряжения [2]		
Частота F	Период T	
1 Гц ≤ F ≤ 15 МГц	1 с ≥ T ≥ 67 нс	±0,03
Для входного сигнала силы тока [3]		
Частота F	Период T	
1 Гц ≤ F ≤ 1 МГц	1 с ≥ T ≥ 1 мкс	±0,03

_____
1) 5 разрядов индикации.
2) Для значений напряжения U измерение возможно при $U\cdot F \le 2\cdot10^7$ В·Гц.
Среднеквадратическое значение напряжения не менее 30 % от верхнего предела диапазона напряжения (таблица 3.4) на частотах до 5 МГц, не менее 40 % от верхнего предела диапазона напряжения на пределах 1 В и более (таблица 3.4) на частотах свыше 5 МГц.
3) Среднеквадратическое значение силы тока не менее 75 % от верхнего предела диапазона силы тока (таблица 3.5).
4) В рабочем диапазоне температуры окружающей среды.

Метрологические характеристики мультиметров Keithley 2002

Таблица 14 – Измерение постоянного напряжения Keithley 2002

Верхний предел диапазона [1]	Входное сопротивление	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2]
200 мВ	>10 ГОм	$\pm(2{,}22\cdot10^{-5}\cdot U + 9\cdot10^{-6}\cdot D_U)$ [4]	$\pm(2\cdot10^{-6}\cdot U + 1{,}8\cdot10^{-6}\cdot D_U)$
2 В		$\pm(1{,}32\cdot10^{-5}\cdot U + 9\cdot10^{-7}\cdot D_U)$	$\pm(2\cdot10^{-7}\cdot U + 1{,}8\cdot10^{-7}\cdot D_U)$
20 В		$\pm(1{,}26\cdot10^{-5}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-7}\cdot D_U)$	$\pm(3\cdot10^{-7}\cdot U + 2\cdot10^{-8}\cdot D_U)$
200 В	(10 ±0,1) МОм	$\pm(2{,}46\cdot10^{-5}\cdot U + 2\cdot10^{-6}\cdot D_U)$	$\pm(1{,}5\cdot10^{-6}\cdot U + 3\cdot10^{-7}\cdot D_U)$
1000 В		$\pm(2{,}46\cdot10^{-5}\cdot U + 4\cdot10^{-7}\cdot D_U)$ [5]	$\pm(1{,}5\cdot10^{-6}\cdot U + 6\cdot10^{-8}\cdot D_U)$

_____
1) Максимальное измеряемое значение на 5 % выше указанных верхних пределов.
2) U – значение измеряемого напряжения; D_U – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 4 часа.
4) С функцией “REL” после подачи на вход нулевого напряжения.
5) Для значений U > 200 В к абсолютной погрешности следует добавить
$2\cdot10^{-5}\cdot U\cdot[(U/1000\ \text{В})^2]$.

Таблица 15 – Измерение электрического сопротивления постоянному току Keithley 2002

Верхний предел диапазона [1)]	Сила испытательного тока	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3)]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2)]
20 Ом	7,2 мА	$\pm(4{,}65\cdot10^{-5}\cdot R + 6\cdot10^{-6}\cdot D_R)$ [4,5)]	$\pm(2{,}5\cdot10^{-6}\cdot R + 7\cdot10^{-7}\cdot D_R)$
200 Ом	0,96 мА	$\pm(2{,}47\cdot10^{-5}\cdot R + 4\cdot10^{-6}\cdot D_R)$ [4,5)]	$\pm(2{,}5\cdot10^{-6}\cdot R + 5\cdot10^{-7}\cdot D_R)$
2 кОм	0,96 мА	$\pm(1{,}8\cdot10^{-5}\cdot R + 4\cdot10^{-7}\cdot D_R)$ [4,5)]	$\pm(8\cdot10^{-7}\cdot R + 5\cdot10^{-8}\cdot D_R)$
20 кОм	96 мкА	$\pm(1{,}68\cdot10^{-5}\cdot R + 4\cdot10^{-7}\cdot D_R)$ [5)]	
200 кОм	9,6 мкА	$\pm(4{,}23\cdot10^{-5}\cdot R + 9\cdot10^{-7}\cdot D_R)$	$\pm(3{,}5\cdot10^{-6}\cdot R + 1{,}8\cdot10^{-7}\cdot D_R)$
2 МОм	1,9 мкА	$\pm(8\cdot10^{-5}\cdot R + 5\cdot10^{-7}\cdot D_R)$	$\pm(7\cdot10^{-6}\cdot R + 1\cdot10^{-7}\cdot D_R)$
20 МОм [6)]	1,4 мкА [7)]	$\pm(2{,}65\cdot10^{-4}\cdot R + 6\cdot10^{-7}\cdot D_R)$	$\pm(2\cdot10^{-5}\cdot R + 1\cdot10^{-7}\cdot D_R)$
200 МОм [6)]	1,4 мкА [7)]	$\pm(5{,}65\cdot10^{-4}\cdot R + 3\cdot10^{-6}\cdot D_R)$	$\pm(8\cdot10^{-5}\cdot R + 5\cdot10^{-7}\cdot D_R)$
1 ГОм [6)]	1,4 мкА [7)]	$\pm(2{,}065\cdot10^{-3}\cdot R + 1{,}5\cdot10^{-5}\cdot D_R)$	$\pm(4\cdot10^{-4}\cdot R + 2{,}5\cdot10^{-6}\cdot D_R)$

1) Максимальное измеряемое значение на 5 % выше указанных верхних пределов.
2) R – значение измеряемого сопротивления; D_R – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 4 часа.
4) Для 4-х проводной схемы. Для 2-х проводной схемы к значениям абсолютной погрешности следует добавить 0,006 Ом.
5) С функцией компенсации смещения нуля (“Offset Compensation On”).
6) Только 2-х проводная схема.
7) К источнику тока параллельно подключен прецизионный резистор 10 МОм.

Таблица 16 – Измерение силы постоянного тока Keithley 2002

Верхний предел диапазона [1)]	Падение напряжения на входе, В, не более	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3)]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2)]
200 мкА	0,25	$\pm(3{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 2{,}5\cdot10^{-5}\cdot D_I)$	$\pm(5\cdot10^{-5}\cdot I + 5\cdot10^{-6}\cdot D_I)$
2 мА	0,3	$\pm(3{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 2\cdot10^{-5}\cdot D_I)$	
20 мА	0,35		
200 мА	0,35	$\pm(3{,}75\cdot10^{-4}\cdot I + 2\cdot10^{-5}\cdot D_I)$	
2 А	1,1	$\pm(7{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 2\cdot10^{-5}\cdot D_I)$ [4)]	

1) Максимальное измеряемое значение на 5 % выше указанных верхних пределов.
2) I – значение измеряемой силы тока; D_I – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 1 час.

Таблица 17 – Измерение среднеквадратических значений переменного напряжения Keithley 2002

<table>
<tr><td colspan="5">Входной импеданс: сопротивление (1 ±0,02) МОм, емкость менее 140 пФ</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Верхний предел диапазона [1]</td><td colspan="4">Пределы допускаемой абсолютной погрешности [2,3,4,5]</td></tr>
<tr><td colspan="4">Режим “Low Frequency Mode”</td></tr>
<tr><td>1 Гц ≤ F < 10 Гц [6]</td><td>10 Гц ≤ F < 50 Гц</td><td>50 Гц ≤ F < 500 Гц</td><td>500 Гц ≤ F < 2 кГц</td></tr>
<tr><td>200 мВ</td><td rowspan="2">$\pm(9\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(6\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(3{,}5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(3\cdot10^{-4}\cdot U + 2\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td></tr>
<tr><td>2 В</td><td>$\pm(4\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(2{,}5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(2\cdot10^{-4}\cdot U + 2\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td></tr>
<tr><td>20 В</td><td rowspan="2">$\pm(1\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(6\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(3{,}5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td rowspan="2">$\pm(3\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td></tr>
<tr><td>200 В [7]</td><td>$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(3\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td></tr>
<tr><td>750 В [7]</td><td>$\pm(1{,}3\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(9\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Верхний предел диапазона [1]</td><td colspan="4">Режим “Normal Mode”</td></tr>
<tr><td>20 Гц ≤ F < 50 Гц</td><td>50 Гц ≤ F < 100 Гц</td><td>100 Гц ≤ F < 2 кГц</td><td>2 кГц ≤ F < 10 кГц</td></tr>
<tr><td>200 мВ</td><td rowspan="5">$\pm(2{,}5\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td rowspan="4">$\pm(7\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td rowspan="2">$\pm(2\cdot10^{-4}\cdot U + 2\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td rowspan="2">$2\cdot10^{-4}\cdot U + 2\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td></tr>
<tr><td>2 В</td></tr>
<tr><td>20 В</td><td rowspan="2">$\pm(3\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td rowspan="2">$\pm(4\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td></tr>
<tr><td>200 В [7]</td></tr>
<tr><td>750 В [7]</td><td>$\pm(1\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(6\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td></tr>
<tr><td></td><td>10 кГц ≤ F < 30 кГц</td><td>30 кГц ≤ F < 50 кГц</td><td>50 кГц ≤ F < 100 кГц</td><td>100 кГц ≤ F < 200 кГц</td></tr>
<tr><td>200 мВ</td><td rowspan="2">$\pm(2{,}5\cdot10^{-4}\cdot U + 2\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td rowspan="2">$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot U + 2\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td rowspan="4">$\pm(3\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td rowspan="4">$\pm(7{,}5\cdot10^{-3}\cdot U + 2{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$ [8]</td></tr>
<tr><td>2 В</td></tr>
<tr><td>20 В</td><td rowspan="2">$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td rowspan="2">$\pm(7\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td></tr>
<tr><td>200 В [7]</td></tr>
<tr><td>750 В [7]</td><td>$\pm(8\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(1\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$ [6]</td><td>$\pm(5\cdot10^{-3}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$ [6]</td><td>-</td></tr>
<tr><td></td><td>200 кГц ≤ F < 1 МГц</td><td>1 МГц ≤ F < 2 МГц</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>200 мВ</td><td rowspan="2">$\pm(2\cdot10^{-2}\cdot U + 1\cdot10^{-3}\cdot D_U)$</td><td rowspan="2">$\pm(5\cdot10^{-2}\cdot U + 2\cdot10^{-3}\cdot D_U)$</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2">-</td></tr>
<tr><td>2 В</td></tr>
<tr><td>20 В</td><td>$\pm(4\cdot10^{-2}\cdot U + 2\cdot10^{-3}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(7\cdot10^{-2}\cdot U + 2\cdot10^{-3}\cdot D_U)$ [6]</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2">-</td></tr>
<tr><td>200 В [7]</td><td>$\pm(4\cdot10^{-2}\cdot U + 2\cdot10^{-3}\cdot D_U)$ [6]</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Верхний предел диапазона [1]</td><td colspan="3">Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2]</td></tr>
<tr><td colspan="2">F ≤ 100 кГц</td><td>F > 100 кГц</td></tr>
<tr><td>200 мВ</td><td colspan="2" rowspan="2">$\pm(4\cdot10^{-5}\cdot U + 1\cdot10^{-5}\cdot D_U)$</td><td rowspan="2">$\pm(1{,}4\cdot10^{-4}\cdot U + 1\cdot10^{-5}\cdot D_U)$</td></tr>
<tr><td>2 В</td></tr>
<tr><td>20 В</td><td colspan="2" rowspan="2">$\pm(6\cdot10^{-5}\cdot U + 1\cdot10^{-5}\cdot D_U)$</td><td rowspan="2">$\pm(1{,}6\cdot10^{-4}\cdot U + 1\cdot10^{-5}\cdot D_U)$</td></tr>
<tr><td>200 В</td></tr>
<tr><td>750 В</td><td colspan="2">$\pm(1{,}2\cdot10^{-4}\cdot U + 1\cdot10^{-5}\cdot D_U)$</td><td>$\pm(2{,}2\cdot10^{-4}\cdot U + 1\cdot10^{-5}\cdot D_U)$</td></tr>
</table>

Продолжение таблицы 17

_____
1) Максимальное измеряемое значение на 5 % выше указанных верхних пределов для всех диапазонов, кроме 750 В, для которого максимальное измеряемое значение равно 775 В.
2) F – значение частоты, U – значение измеряемого напряжения; D_U – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 1 час.
4) На частотах F ≤ 200 кГц погрешность нормируется для значений напряжения $U \geq 0{,}01 \cdot D_U$. Для значений напряжения $1 \cdot 10^{-2} \cdot D_U < U \leq 5 \cdot 10^{-2} \cdot D_U$ в диапазонах с верхним пределом 200 мВ, 2 В, 20 В и 200 В и значений напряжения $1 \cdot 10^{-2} \cdot D_U < U \leq 7 \cdot 10^{-2} \cdot D_U$ в диапазоне с верхним пределом 750 В к указанным значениям абсолютной погрешности следует добавить $1 \cdot 10^{-4} \cdot D_U$. На частотах F > 200 кГц погрешность нормируется для значений напряжения $U \geq 0{,}1 \cdot D_U$.
5) На частотах F ≥ 2 кГц значения погрешности в режиме “Low Frequency Mode” такие же, как в режиме “Normal Mode”.
6) Типовые справочные значения погрешности в данном диапазоне частот.
7) Для значений напряжения U > 100 В к абсолютной погрешности следует добавить $1 \cdot 10^{-5} \cdot U \cdot [(U/100\ В)^2]$.
8) Типовое справочное значение погрешности для диапазона с верхним пределом 200 В.

Таблица 18 – Измерение среднеквадратических значений силы переменного тока Keithley 2002

Верхний предел диапазона [1]	200 мкА	2 мА	20 мА	200 мА	2 А
Падение напряжения на входе, В, не более	0,35	0,45	0,5	0,5	1,5

Верхний предел диапазона [1]	Пределы допускаемой абсолютной погрешности [2,3,4]			
	20 Гц ≤ F < 50 Гц	50 Гц ≤ F < 200 Гц	200 Гц ≤ F < 1 кГц	1 кГц ≤ F < 10 кГц
200 мкА	$\pm(3{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$
2 мА	$\pm(3 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(1{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(1{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$
20 мА				
200 мА		$\pm(1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(1{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$	$\pm(1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$
2 А	$\pm(3{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$ [5]	$\pm(2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$ [5]	$\pm(3 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$ [5]	$\pm(4{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$ [5]
	10 кГц ≤ F < 30 кГц	30 кГц ≤ F < 50 кГц	50 кГц ≤ F < 100 кГц	
200 мкА	-	-	-	-
2 мА	$\pm(2{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$ [6]	$\pm(3 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$ [6]	$\pm(5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$ [6]	
20 мА				
200 мА	$\pm(5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$ [6]	$\pm(1 \cdot 10^{-2} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$ [6]	$\pm(3 \cdot 10^{-2} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$ [6]	
2 А	$\pm(1{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$ [5,6]	$\pm(4 \cdot 10^{-2} \cdot I + 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot D_I)$ [5,6]	-	
Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2]: $\pm(1 \cdot 10^{-4} \cdot I + 1 \cdot 10^{-5} \cdot D_I)$				

_____
1) Максимальное измеряемое значение на 5 % выше указанных верхних пределов.
2) F – значение частоты, I – значение измеряемой силы тока; D_I – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 1 час.
4) Погрешность нормируется для значений измеряемой силы тока не менее 5 % от верхнего предела диапазона.
5) Для значений I > 1,5 А к абсолютной погрешности следует добавить $5 \cdot 10^{-5} \cdot D_I$.
6) Типовое справочное значение.

Таблица 19 – Измерение частоты и периода Keithley 2002

Измеряемые значения [1]		Пределы допускаемой относительной погрешности, % [4]
Для входного сигнала напряжения [2]		
Частота F	Период T	
1 Гц ≤ F ≤ 15 МГц	67 нс ≥ T ≥ 1 с	±0,03
Для входного сигнала силы тока [3]		
Частота F	Период T	
1 Гц ≤ F ≤ 1 МГц	1 мкс ≥ T ≥ 1 с	±0,03

1) 5 разрядов индикации.
2) Для значений напряжения U измерение возможно при $U \cdot F \leq 2 \cdot 10^7$ В·Гц. Среднеквадратическое значение напряжения не менее 30 % от верхнего предела диапазона напряжения (таблица 3.4) на частотах до 5 МГц, не менее 40 % от верхнего предела диапазона напряжения на пределах 1 В и более (таблица 3.4) на частотах свыше 5 МГц.
3) Среднеквадратическое значение силы тока не менее 75 % от верхнего предела диапазона силы тока (таблица 3.5).
4) В рабочем диапазоне температуры окружающей среды.

Метрологические характеристики мультиметров Keithley 2010

Таблица 20 – Измерение постоянного напряжения Keithley 2010

Верхний предел диапазона [1]	Входное сопротивление	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2]
100 мВ	>10 ГОм	$\pm(3{,}7 \cdot 10^{-5} \cdot U + 9 \cdot 10^{-6} \cdot D_U)$ [4]	$\pm(2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 6 \cdot 10^{-6} \cdot D_U)$
1 В		$\pm(2{,}5 \cdot 10^{-5} \cdot U + 2 \cdot 10^{-6} \cdot D_U)$ [4]	$\pm(2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D_U)$
10 В		$\pm(2{,}4 \cdot 10^{-5} \cdot U + 4 \cdot 10^{-6} \cdot D_U)$	
100 В	(10 ±0,1) МОм	$\pm(4 \cdot 10^{-5} \cdot U + 5 \cdot 10^{-6} \cdot D_U)$	$\pm(5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D_U)$
1000 В		$\pm(4{,}1 \cdot 10^{-5} \cdot U + 6 \cdot 10^{-6} \cdot D_U)$ [5]	

1) Максимальное измеряемое значение на 20 % выше указанных верхних пределов для всех диапазонов, кроме диапазона с верхним пределом 1000 В.
2) U – значение измеряемого напряжения; D_U – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 2 часа.
4) С функцией “REL” после подачи на вход нулевого напряжения.
5) Для значений U > 500 В к абсолютной погрешности следует добавить $2 \cdot 10^{-5} \cdot (U - 500)$ В.

Таблица 21 – Измерение электрического сопротивления постоянному току Keithley 2010

Верхний предел диапазона [1]	Сила испытательного тока	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3,4]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2]
10 Ом [5]	10 мА	$\pm(7{,}5 \cdot 10^{-5} \cdot R + 1 \cdot 10^{-5} \cdot D_R)$ [8]	$\pm(8 \cdot 10^{-6} \cdot R + 6 \cdot 10^{-6} \cdot D_R)$
100 Ом	1 мА	$\pm(8{,}2 \cdot 10^{-5} \cdot R + 1 \cdot 10^{-5} \cdot D_R)$ [8]	
1 кОм	1 мА	$\pm(9{,}5 \cdot 10^{-5} \cdot R + 2 \cdot 10^{-6} \cdot D_R)$ [8]	$\pm(8 \cdot 10^{-6} \cdot R + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D_R)$
10 кОм	100 мкА	$\pm(5 \cdot 10^{-5} \cdot R + 2 \cdot 10^{-6} \cdot D_R)$ [8]	
100 кОм	10 мкА	$\pm(7 \cdot 10^{-5} \cdot R + 7 \cdot 10^{-6} \cdot D_R)$	
1 МОм	10 мкА	$\pm(8{,}5 \cdot 10^{-5} \cdot R + 4 \cdot 10^{-6} \cdot D_R)$	
10 МОм [6]	0,64 мкА [7]	$\pm(4{,}25 \cdot 10^{-4} \cdot R + 4 \cdot 10^{-6} \cdot D_R)$	$\pm(7 \cdot 10^{-5} \cdot R + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D_R)$
100 МОм [6]	0,64 мкА [7]	$\pm(1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot R + 4 \cdot 10^{-6} \cdot D_R)$	$\pm(3{,}85 \cdot 10^{-4} \cdot R + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D_R)$

Продолжение таблицы 21

_____
1) Максимальное измеряемое значение на 20 % выше указанных верхних пределов.
2) R – значение измеряемого сопротивления; D_R – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 2 часа.
4) Значения погрешности указаны для 4-х проводной схемы, для 2-х проводной схемы к значениям абсолютной погрешности следует добавить 1 Ом.
5) Только 4-х проводная схема.
6) Относительная разность сопротивлений измерительных кабелей, присоединенных к клеммам “HI”, “LO”, должна быть не более 10 %.
7) К источнику тока параллельно подключен прецизионный резистор 10 МОм.
8) С функцией компенсации смещения нуля (“Offset Compensation On”).

Таблица 22 – Измерение силы постоянного тока Keithley 2010

Верхний предел диапазона [1)]	Падение напряжения на входе, В, не более	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3)]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2)]
10 мА	0,15	$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot I + 8\cdot10^{-5}\cdot D_I)$	$\pm(5\cdot10^{-5}\cdot I + 5\cdot10^{-6}\cdot D_I)$
100 мА	0,18	$\pm(5\cdot10^{-4}\cdot I + 8\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	
1 А	0,35	$\pm(8\cdot10^{-4}\cdot I + 8\cdot10^{-5}\cdot D_I)$	
3 А	1,0	$\pm(1,2\cdot10^{-3}\cdot I + 4\cdot10^{-5}\cdot D_I)$	

_____
1) Максимальное измеряемое значение на 20 % выше указанных верхних пределов для всех диапазонов, кроме диапазона с верхним пределом 3 А.
2) I – значение измеряемой силы тока; D_I – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 2 часа.

Таблица 23 – Измерение среднеквадратических значений переменного напряжения Keithley 2010

Верхние пределы диапазонов [1,4)]: 100 мВ; 1 В; 10 В; 100 В; 750 В		
Входной импеданс: сопротивление (1 ±0,02) МОм, емкость менее 100 пФ		
Диапазон частот [2,4)]	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности [2,3,5)]	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) [2)]
3 Гц ≤ F < 10 Гц	$\pm(3,5\cdot10^{-3}\cdot U + 3\cdot10^{-4}\cdot D_U)$ [6)]	$\pm(3,5\cdot10^{-4}\cdot U + 3\cdot10^{-5}\cdot D_U)$
10 Гц ≤ F < 20 кГц	$\pm(6\cdot10^{-4}\cdot U + 3\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(5\cdot10^{-5}\cdot U + 3\cdot10^{-5}\cdot D_U)$
20 кГц ≤ F < 50 кГц	$\pm(1,2\cdot10^{-3}\cdot U + 5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(6\cdot10^{-5}\cdot U + 5\cdot10^{-5}\cdot D_U)$
50 кГц ≤ F < 100 кГц	$\pm(6\cdot10^{-3}\cdot U + 8\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(1\cdot10^{-4}\cdot U + 6\cdot10^{-5}\cdot D_U)$
100 кГц ≤ F ≤ 300 кГц	$\pm(4\cdot10^{-2}\cdot U + 5\cdot10^{-3}\cdot D_U)$	$\pm(3\cdot10^{-4}\cdot U + 1\cdot10^{-4}\cdot D_U)$

_____
1) Максимальное измеряемое значение на 20 % выше указанных верхних пределов для всех диапазонов, кроме диапазона с верхним пределом 750 В.
2) F – значение частоты, U – значение измеряемого напряжения; D_U – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 2 часа.
4) Произведение значений $U\cdot F \le 8\cdot10^7$ В·Гц.
5) Погрешность нормируется в режиме “Rate: Slow” и для значений измеряемого напряжения свыше 5 % от верхнего предела диапазона.
6) Типовое справочное значение.

Таблица 24 – Измерение среднеквадратических значений силы переменного тока Keithley 2010

Верхний предел диапазона 1)	Падение напряжения на входе, В, не более	Диапазон частот 2)	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности 2,3,4)	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (/°C) 2)
1 А	0,3	3 Гц ≤ F < 10 Гц	$\pm(3\cdot10^{-3}\cdot I + 4\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ 5)	$\pm(3{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 6\cdot10^{-5}\cdot D_I)$
		10 Гц ≤ F ≤ 3 кГц	$\pm(1\cdot10^{-3}\cdot I + 4\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(1{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 6\cdot10^{-5}\cdot D_I)$
		3 кГц < F ≤ 5 кГц	$\pm(1{,}4\cdot10^{-3}\cdot I + 4\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	
3 А	1,0	3 Гц ≤ F < 10 Гц	$\pm(3{,}5\cdot10^{-3}\cdot I + 6\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ 5,6)	$\pm(3{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 6\cdot10^{-5}\cdot D_I)$
		10 Гц ≤ F ≤ 3 кГц	$\pm(1{,}5\cdot10^{-3}\cdot I + 6\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ 6)	$\pm(1{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 6\cdot10^{-5}\cdot D_I)$
		3 кГц < F ≤ 5 кГц	$\pm(1{,}8\cdot10^{-3}\cdot I + 6\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ 6)	

1) Максимальное измеряемое значение на 20 % выше указанных верхних пределов для диапазона 1 А, для диапазона 10 А максимальное измеряемое значение выше на 1 %.
2) F – значение частоты, I – значение измеряемой силы тока; D_I – верхний предел диапазона.
3) После времени прогрева 2 часа.
4) Погрешность нормируется в режиме “Rate: Slow” и для значений измеряемой силы тока не менее 5 % от верхнего предела диапазона.
5) Типовое справочное значение.
6) Для значений силы тока I > 2,2 А к абсолютной погрешности следует добавить $4\cdot10^{-3}\cdot I$.

Таблица 25 – Измерение частоты и периода Keithley 2010

Измеряемые значения		Пределы допускаемой относительной погрешности, % 1,2,3)
Частота F	Период T	
3 Гц ≤ F ≤ 500 кГц	333 мс ≥ T ≥ 2 мкс	±0,01

1) В рабочем диапазоне температуры окружающей среды.
2) Погрешность нормируется для сигнала напряжения прямоугольной формы.
3) При амплитуде входного напряжения не менее 10 % от верхнего предела любого диапазона измерения напряжения.

Таблица 26 – Основные технические характеристики

Габаритные размеры (без ручки и ножек), мм	ширина	глубина	высота
	214	370	90
Масса, кг, не более			
Keithley 2000, Keithley 2010	2,9		
Keithley 2001, Keithley 2012	4,2		
Напряжения сети питания, В	100 / 120/ 220 / 240		
Частота сети питания, Гц	50; 400		
Потребляемая мощность, Вт, не более			
Keithley 2000, Keithley 2010	22		
Keithley 2001, Keithley 2012	55		
Рабочие условия применения			
температура окружающего воздуха, °C	от 0 до 50		
относительная влажность воздуха, %	до 80 при температуре 35 °C		

Знак утверждения типа

наносится на лицевую панель корпуса мультиметров в виде наклейки и на титульный лист руководства по эксплуатации типографским способом.

Комплектность средства измерений
представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Комплектность мультиметров

Наименование и обозначение	Кол-во
Мультиметр Keithley 2000 / Keithley 2001 / Keithley 2002 / Keithley 2010	1 шт. по заказу
Пара измерительных кабелей	1 шт.
Кабель сетевой	По заказу
Коммуникационные платы KTTI-RS232, KTTI-GPIB, KTTI-TSP	по заказу
Модули мультиплексора	по заказу
Руководство по эксплуатации	1 шт.
Методика поверки KI2000/МП-2019	1 шт.

Поверка
осуществляется по документу KI2000/МП-2019 «ГСИ. Мультиметры Keithley 2000, Keithley 2001, Keithley 2002, Keithley 2010. Методика поверки», утвержденному ЗАО «АКТИ-Мастер» 22.04.2019 г.

Основные средства поверки:

- калибратор многофункциональный Fluke 5730A; регистрационный номер 60407-15;
- генератор сигналов произвольной формы Tektronix AFG3021C; регистрационный номер 53102-13;
- катушка электрического сопротивления Р4030-М1 к.т. 0,01; регистрационный номер 2825-88 (для моделей Keithley 2001, Keithley 2002).

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

Знак поверки наносится лицевую панель корпуса мультиметров в виде наклейки (место нанесения показано на рисунке 1) и/или на свидетельство о поверке.

Сведения о методиках (методах) измерений
приведены в эксплуатационном документе.

Нормативные документы, устанавливающие требования к мультиметрам Keithley 2000, Keithley 2001, Keithley 2002, Keithley 2010

ГОСТ 8.027-2001. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы

ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1\cdot10^{-1}$ до $2\cdot10^{9}$ Гц (приказ Росстандарта от 29.05.2018 г. № 1053)

ГОСТ 8.022-91. ГСИ. Государственный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне $1\cdot10^{-16} \div 30$ А

ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений электрического сопротивления (приказ Росстандарта от 15.02.2016 г. № 146)

ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений силы переменного электрического тока от $1\cdot10^{-8}$ до 100 А в диапазоне частот от $1\cdot10^{-1}$ до $1\cdot10^{6}$ Гц (приказ Росстандарта от 14.05.2016 г. № 575)

ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты (приказ Росстандарта от 31.07.2018 г. № 1621)

Изготовитель

Компания «Tektronix (China) Co., Ltd. », Китай
Адрес:1227 Chuan Qiao Road, Pudong New Area, Shanghai 201206, P.R.C;
Тел.: (8621)38960893, факс: (8621)58993156
E-mail: moscow@tektronix.com

Заявитель

Общество с ограниченной ответственностью «Мастер-Тул» (ООО «Мастер-Тул»)
Адрес: 127106, г. Москва, Нововладыкинский проезд, д. 8, стр. 4, офис 315
Тел./факс: (495)926-71-85
Web-сайт: http://www.master-tool.ru
E-mail: info@master-tool.ru

Испытательный центр

Закрытое акционерное общество «АКТИ-Мастер» (ЗАО «АКТИ-Мастер»)
Адрес: 127254, г. Москва, Огородный проезд, д. 5, стр. 5
Тел./факс: (495)926-71-70
Web-сайт: http://www.actimaster.ru
E-mail post@actimaster.ru

Аттестат аккредитации по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № RA.RU.311824 от 14.10.2016 г.

Заместитель
Руководителя Федерального
агентства по техническому
регулированию и метрологии А.В. Кулешов

М.п. « ___ » _____ 2019 г.