

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Калибраторы-измерители напряжения и силы тока Keithley 2450, Keithley 2460, Keithley 2461

Назначение средства измерений

Калибраторы-измерители напряжения и силы тока Keithley 2450, Keithley 2460, Keithley 2461 (далее - калибраторы) предназначены для воспроизведения напряжения и силы постоянного тока, измерения напряжения, силы постоянного тока и сопротивления.

Описание средства измерений

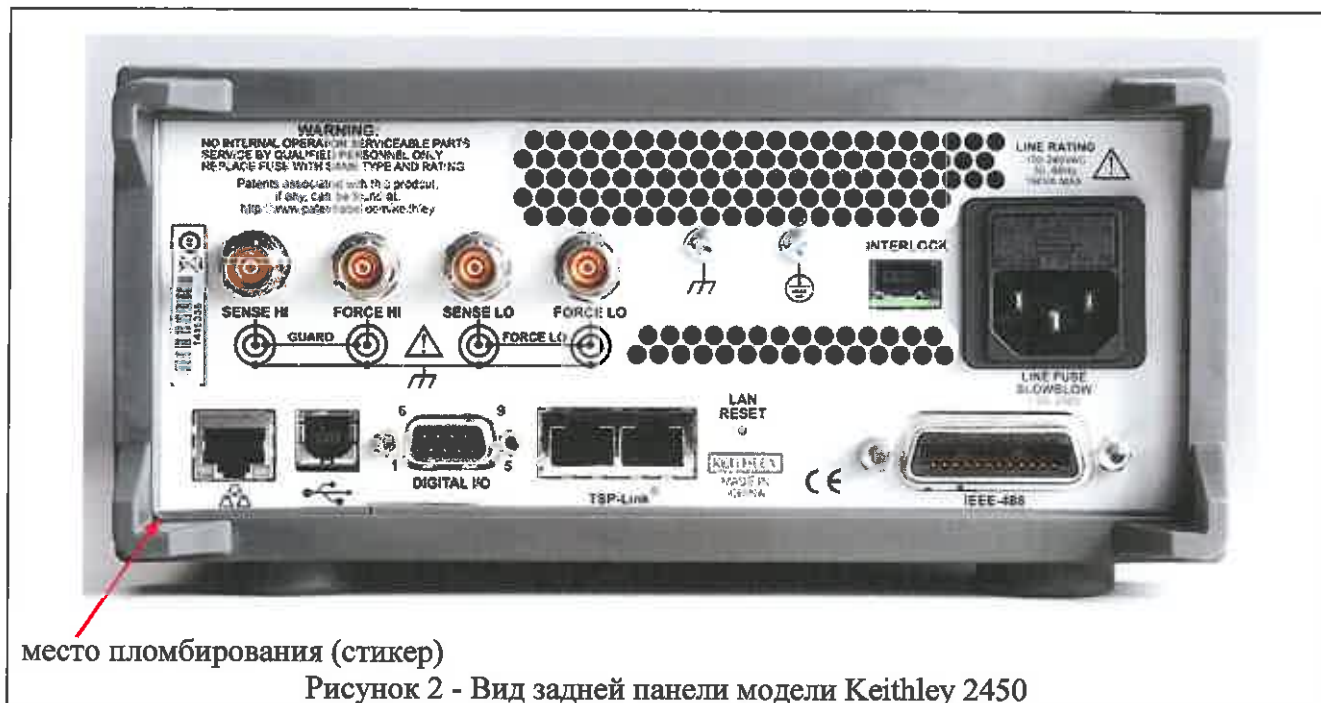
Принцип действия основан на цифро-аналоговом преобразовании заданного в цифровом коде значения напряжения или силы тока в выходную аналоговую величину и аналого-цифровом преобразовании входного напряжения или силы тока в цифровой код. Для измерения напряжения и силы тока используются аналого-цифровые преобразователи в каналах напряжения и тока. Измерение сопротивления производится путем задания напряжения на исследуемой нагрузке и измерения силы тока, протекающего в измерительной цепи, вычисления значений этих величин через измеренные значения напряжения и силы тока. Калибраторы могут быть использованы в режиме прецизионной электронной нагрузки.

На встроенный микроконтроллер установлено фирменное программное обеспечение. Управление режимами работы производится с лицевой панели либо дистанционно через интерфейсы GPIB, LXI/Ethernet, USB, а также с цифровых входов/выходов. Для хранения измеренных данных и пользовательских настроек может быть использован подключаемый к порту USB флеш-накопитель. Параметры режимов работы, значения воспроизводимых и измеряемых величин отображаются на цветном жидкокристаллическом дисплее с сенсорным управлением.

Конструктивно калибраторы выполнены в виде моноблока в настольном исполнении. Вид передней панели показан на рисунке 1, вид задней панели - на рисунках 2 и 3.

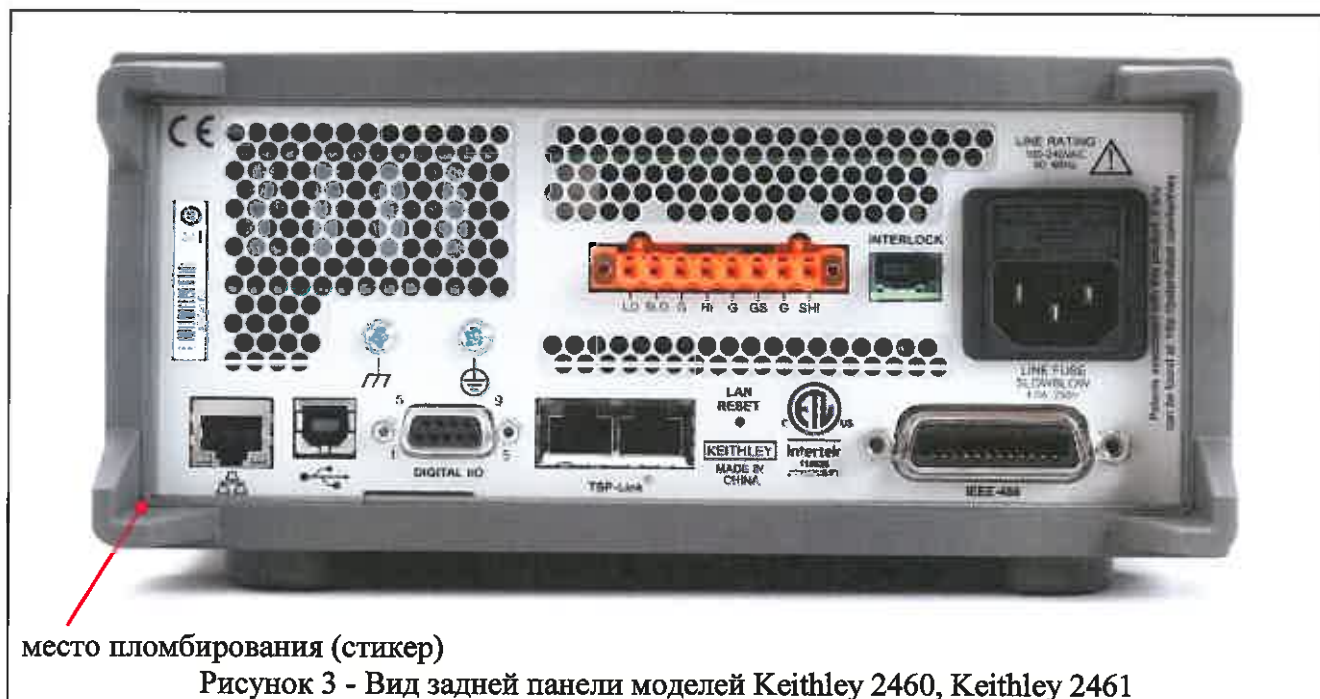
В качестве опций калибраторы могут быть поставлены в исполнениях NFP (без органов на передней панели), RACK (без ручки), NFP-RACK (без органов на передней панели и без ручки).





место пломбирования (стикер)

Рисунок 2 - Вид задней панели модели Keithley 2450



место пломбирования (стикер)

Рисунок 3 - Вид задней панели моделей Keithley 2460, Keithley 2461

Программное обеспечение

Программное обеспечение, установленное на встроенный микроконтроллер, по структуре является целостным и служит для управления режимами работы, задания диапазонов воспроизведения и измерения, выполнения математических функций обработки измерительной информации, усреднений с различными режимами выборки, и прочие сервисные функции. Калибровочные константы хранятся в энергонезависимой памяти микроконтроллера. Для расширения функциональных возможностей прилагается программа “Test Script Builder”.

Уровень защиты от непреднамеренных и преднамеренных изменений - «низкий» по P50.2.077-2014 (класс риска “A” по WELMEC 7.2, Issue 5).

Идентификационные данные программного обеспечения приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение		
	Keithley 2450	Keithley 2460	Keithley 2461
Модель	Keithley 2450	Keithley 2460	Keithley 2461
идентификационное наименование	2450 Firmware	2460 Firmware	2461 Firmware
идентификационный номер версии	v1.2.0 и выше	v1.3.0 и выше	v1.4.1d и выше

Метрологические и технические характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Метрологические и технические характеристики

Верхние пределы диапазонов воспроизведения и измерения напряжения	
Keithley 2450	20, 200 мВ; 2, 20, 200 В
Keithley 2460/2461	200 мВ; 2, 7, 10, 20, 100 В
Верхние пределы диапазонов воспроизведения и измерения силы тока	
Keithley 2450, Keithley 2460/2461	от 10 нА до 1 А с шагом, кратным 10
Keithley 2460/2461	от 1 мкА до 1 А с шагом, кратным 10 4; 5; 7 А; 10 А *
Примечание: диапазон 10 А (импульсный режим) только в модели Keithley 2461; коэффициент заполнения не более 10 % при напряжении до 20 В, не более 5 % при напряжении свыше 20 В	
Верхние пределы диапазонов измерения сопротивления	
в ручном выборе диапазона	задается выбором пределов напряжения и силы тока
в автоматическом выборе диапазона	
Keithley 2450	от 20 Ом до 200 МОм
Keithley 2460	от 20 Ом до 20 МОм
Keithley 2461	от 2 Ом до 200 МОм
Разрешение индикации	6 ½ разрядов
Максимальная выходная мощность, Вт	
Keithley 2450	20
Keithley 2460	100
Keithley 2461	105 в непрерывном режиме 1050 в импульсном режиме
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения постоянного напряжения U при температуре (23 ± 5) °С, мкВ (мВ)	
Keithley 2450	
на пределе 20 мВ	$\pm(1 \cdot 10^{-3} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 200$ мкВ
на пределе 200 мВ	$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 200$ мкВ
на пределе 2 В	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 300$ мкВ
на пределе 20 В	$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 2,4$ мВ
на пределе 200 В	$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 24$ мВ
Keithley 2460/2461	
на пределе 200 мВ	$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 200$ мкВ
на пределе 2 В	$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 300$ мкВ
на пределах 7; 10; 20 В	$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 2,4$ мВ
на пределе 100 В	$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 15$ мВ

Продолжение таблицы 2

Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения постоянного напряжения U при температуре $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$, мкВ (мВ)

Keithley 2450

на пределе 20 мВ	$\pm(1 \cdot 10^{-3} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 150$ мкВ
на пределе 200 мВ	$\pm(1,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 200$ мкВ
на пределе 2 В	$\pm(1,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 300$ мкВ
на пределе 20 В	$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 1$ мВ
на пределе 200 В	$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 10$ мВ

Keithley 2460/2461

на пределе 200 мВ	$\pm(1,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 200$ мкВ
на пределе 2 В	$\pm(1,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 300$ мкВ
на пределах 7; 10; 20 В	$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 1$ мВ
на пределе 100 В	$\pm(1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + U_0)$, $U_0 = 5$ мВ

Пределы допускаемой основной погрешности воспроизведения силы постоянного тока I при температуре $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$, пА (нА, мкА)

Keithley 2450

на пределе 10 нА	$\pm(1 \cdot 10^{-3} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 100$ пА
на пределе 100 нА	$\pm(6 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 150$ пА
на пределе 1 мкА	$\pm(2,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 400$ пА
на пределе 10 мкА	$\pm(2,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 1,5$ нА
на пределе 100 мкА	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 15$ нА
на пределе 1 мА	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 150$ нА
на пределе 10 мА	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 1,5$ мкА
на пределе 100 мА	$\pm(2,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 15$ мкА
на пределе 1 А	$\pm(6,7 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 900$ мкА

Keithley 2460/2461

на пределе 1 мкА	$\pm(2,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 1$ нА
на пределе 10 мкА	$\pm(2,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 1,5$ нА
на пределе 100 мкА	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 15$ нА
на пределе 1 мА	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 150$ нА
на пределе 10 мА	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 1,5$ мкА
на пределе 100 мА	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 15$ мкА
на пределе 1 А	$\pm(5 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 750$ мкА
на пределах 4; 5 А	$\pm(1 \cdot 10^{-3} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 3$ мА
на пределе 7 А (10 А)	$\pm(1,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 6$ мА *

Примечание: погрешность на пределе 10 А для модели Keithley 2461 нормируется до 7,35 А, указанные значения погрешности на пределе 7 А действительны до 7,35 А для предела 10 А

Пределы допускаемой основной погрешности измерения силы постоянного тока I при температуре $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$, пА (нА, мкА)

Keithley 2450

на пределе 10 нА	$\pm(1 \cdot 10^{-3} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 50$ пА
на пределе 100 нА	$\pm(6 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 100$ пА
на пределе 1 мкА	$\pm(2,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 300$ пА
на пределе 10 мкА	$\pm(2,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 700$ пА
на пределе 100 мкА	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 6$ нА
на пределе 1 мА	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 60$ нА
на пределе 10 мА	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 600$ нА
на пределе 100 мА	$\pm(2,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 6$ мкА
на пределе 1 А	$\pm(3 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 500$ мкА

Продолжение таблицы 2

Keithley 2460/2461	
на пределе 1 мкА	$\pm(2,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 700$ пА
на пределе 10 мкА	$\pm(2,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 1$ нА
на пределе 100 мкА	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 10$ нА
на пределе 1 мА	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 100$ нА
на пределе 10 мА	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 1$ мкА
на пределе 100 мА	$\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 10$ мкА
на пределе 1 А	$\pm(5 \cdot 10^{-4} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 500$ мкА
на пределах 4; 5 А	$\pm(1 \cdot 10^{-3} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 2,5$ мА
на пределе 7 А (10 А)	$\pm(1,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + I_0)$, $I_0 = 5$ мА *
Примечание: для модели Keithley 2461 погрешность на пределе 10 А нормируется до 7,35 А; указанные значения погрешности на пределе 7 А действительны до 7,35 А на пределе 10 А	
Пределы допускаемой основной погрешности измерения сопротивления R при температуре $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$, МОм (Ом, кОм)	
Keithley 2450	
R < 20 Ом	сумма погрешностей для U, I
на пределе 20 Ом	$\pm(9,8 \cdot 10^{-4} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 3$ МОм
на пределе 200 Ом	$\pm(7,7 \cdot 10^{-4} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 30$ МОм
на пределе 2 кОм	$\pm(6,6 \cdot 10^{-4} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 300$ МОм
на пределе 20 кОм	$\pm(6,3 \cdot 10^{-4} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 3$ Ом
на пределе 200 кОм	$\pm(6,5 \cdot 10^{-4} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 30$ Ом
на пределе 2 МОм	$\pm(1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 300$ Ом
на пределе 20 МОм	$\pm(1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 1$ кОм
на пределе 200 МОм	$\pm(6,55 \cdot 10^{-3} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 10$ кОм
R > 200 МОм	сумма погрешностей для U, I
Keithley 2460/2461	
R < 2 Ом (2461)	сумма погрешностей для U, I
R < 20 Ом (2460)	сумма погрешностей для U, I
на пределе 2 Ом (2461)	$\pm(5 \cdot 10^{-4} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 3$ МОм
на пределе 20 Ом	$\pm(5 \cdot 10^{-4} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 3$ МОм
на пределе 200 Ом	$\pm(5 \cdot 10^{-4} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 30$ МОм
на пределе 2 кОм	$\pm(5 \cdot 10^{-4} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 300$ МОм
на пределе 20 кОм	$\pm(5 \cdot 10^{-4} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 3$ Ом
на пределе 200 кОм	$\pm(5 \cdot 10^{-4} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 30$ Ом
на пределе 2 МОм	$\pm(6 \cdot 10^{-4} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 100$ Ом
на пределе 20 МОм	$\pm(1,4 \cdot 10^{-3} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 1$ кОм
на пределе 200 МОм (2461)	$\pm(1,04 \cdot 10^{-2} \cdot R + R_0)$, $R_0 = 10$ кОм
R > 20 МОм (2460)	сумма погрешностей для U, I
R > 200 МОм (2460)	сумма погрешностей для U, I
Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности воспроизведения и измерения напряжения, силы тока и сопротивления в интервалах температур от 0 до 18 °C и от 28 до 50 °C: $\pm 1,5 \cdot 10^{-3} / ^\circ\text{C}$	
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Габаритные размеры, ширина x высота x глубина, мм	255 x 106 x 425
Масса, кг, не более	
Keithley 2450	4,05
Keithley 2460/2461	4,75

Продолжение таблицы 2

Потребляемая мощность от сети 220 В; 50 Гц, В·А, не более	
Keithley 2450	190
Keithley 2460/2461	350
Рабочие условия применения	группа 3 ГОСТ 22261-94
температура окружающей среды, °С	от 0 до 50
относительная влажность воздуха при температуре до 35 °С, %	до 70
Температура хранения и транспортирования, °С	от минус 25 до плюс 65
Электромагнитная совместимость (для класса "В")	ГОСТ Р МЭК 61326-1-2014
Безопасность	ГОСТ ИЕС 61010-1-2014

Знак утверждения типа

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

Комплектность средства измерений

Комплектность калибраторов приведена в таблице 3.

Таблица 3 - Комплектность

Наименование и обозначение	Кол-во
Калибратор-измеритель напряжения и силы тока Keithley 2450/2460/2461	1 шт. по заказу
Кабель сетевой	1 шт.
Комплект измерительных кабелей 8608	1 шт.
Колодка для подключения к разъему задней панели 2460-KIT (для 2460/2461)	1 шт.
Кабель USB-B-1 (тип А на тип В длиной 1 м)	1 шт.
Кабель LAN CA-180-3A	1 шт.
Коннектор интрелок CS-1616-3	1 шт.
Компакт-диск с документацией	1 шт.
Компакт-диск с программой "Test Script Builder"	1 шт.
Кабели и принадлежности	по заказу
Руководство по эксплуатации (на компакт-диске)	1 шт.
Методика поверки KI-2450-2016 МП	1 шт.

Поверка

осуществляется по документу KI-2450-2016 МП «Калибраторы-измерители напряжения и силы тока Keithley 2450/2460/2461. Методика поверки», утвержденному ФГУП «ВНИИМС» 20.06.2016 г.

Рекомендуемые средства поверки:

- мультиметр Agilent 3458A, Госреестр № 25900-03;
- набор эталонных мер сопротивления и емкости JW Solutions 5156 DR, Госреестр № 57171-14 (для модели Keithley 2450);
- мера электрического сопротивления универсальная однозначная MC 3080M номиналом 0,01 Ом класса точности не хуже 0,01; Госреестр № 61295-15 (для моделей Keithley 2460/2461).
- калибратор многофункциональный Fluke 5502A, Госреестр № 55804-13;
- магазин сопротивления P40108, Госреестр № 9381-83.

Знак поверки наносится на переднюю панель корпуса калибраторов.

Сведения о методиках (методах) измерений

Методы измерений изложены в разделах документов:

«Калибраторы-измерители напряжения и силы тока Keithley 2450. Руководство по эксплуатации. 2450-900-01»;

«Калибраторы-измерители напряжения и силы тока Keithley 2460. Руководство по эксплуатации. 2460-900-01»;

«Калибраторы-измерители напряжения и силы тока Keithley 2461. Руководство по эксплуатации. 2461-900-01».

Нормативные документы, устанавливающие требования к калибраторам-измерителям напряжения и силы тока Keithley 2450, Keithley 2460, Keithley 2461

1 ГОСТ 22261-94. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.

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

3 ГОСТ 8.022-91. ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне $1 \cdot 10^{-16} \div 30$ А.

4 Государственная поверочная схема для средств измерений электрического сопротивления, утвержденная Приказом Росстандарта от 15.02.2016 г. № 146.

5 ГОСТ Р МЭК 61326-1-2014. Оборудование электрическое для измерения, управления и лабораторного применения. Требования электромагнитной совместимости. Часть 1. Общие требования.

6 ГОСТ ИЕС 61010-1-2014. Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования.

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

Заявитель

Закрытое акционерное общество «АКТИ-Мастер» (ЗАО «АКТИ-Мастер»)

Адрес: 127254, Москва, Огородный проезд, д. 5, стр. 5

Тел./факс (495)926-71-85; E-mail post@actimaster.ru

Испытательный центр

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (ФГУП «ВНИИМС»)

Адрес: 119361, г. Москва, ул. Озерная, д.46

Тел./факс: (495)437-55-77 / 437-56-66; E-mail: office@vniims.ru, www.vniims.ru

Аттестат аккредитации ФГУП «ВНИИМС» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30004-13 от 26.07.2013 г.

Заместитель

Руководителя Федерального
агентства по техническому
регулированию и метрологии



С.С. Голубев

М.п.

« 24 » 08

2016 г.

Чокмев

[Signature]