ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Источники-измерители напряжения и силы тока серии Keithley 2400

Назначение средства измерений

Источники-измерители напряжения и силы тока серии Keithley 2400 (далее – источники-измерители) предназначены для воспроизведения и измерения напряжения и силы постоянного тока, измерения электрического сопротивления постоянному току.

Описание средства измерений

Источники-измерители включают в себя прецизионные источник постоянного тока, источник постоянного напряжения, измеритель постоянного тока, измеритель постоянного напряжения, а также микропроцессор для управления режимами работы и устройство индикации. В режиме измерения электрического сопротивления на исследуемый объект подается испытательный ток и измеряется падение напряжения на объекте, при этом сила испытательного тока выбирается автоматически в зависимости от значения измеряемого сопротивления или задается пользователем. Источники-измерители оснащены вакуумным флуоресцентным дисплеем с максимальным разрешением 6 разрядов.

Серия Keithley 2400 включает в себя модификации 2400, 2400-С, 2410, 2410-С, 2420, 2420-С, 2425, 2425-С, 2430, 2430-С, 2440, 2440-С, которые отличаются значениями диапазонов и погрешностей измерения величин. Поставляемая по заказу опция с дефисом “С” при одинаковых метрологических характеристиках имеет дополнительную функцию проверки целостности контактов испытательного объекта. Разъемы для соединений с измерительным объектом расположены на передней и задней панелях.

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

Источники-измерители выполнены в виде моноблока в настольном исполнении. Вид передней панели показан на рисунке 1. Вид задней панели с указанием места нанесения знака утверждения типа и знака поверки и схема пломбировки от несанкционированного доступа показан на рисунке 2.

Рисунок 1 – Вид передней панели источников-измерителей серии Keithley 2400

место пломбирования (защитный стикер)

место нанесения знака утверждения типа и знака поверки

Рисунок 2 – Вид задней панели источников-измерителей серии Keithley 2400

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
Идентификационное наименование	Keithley 2400 Firmware
Номер версии (идентификационный номер)	не ниже C32

Метрологические и технические характеристики

Метрологические характеристики представлены в таблицах 2 – 7, технические характеристики приведены в таблице 8.

Таблица 2 – Диапазоны воспроизведения и измерения постоянного напряжения

Обозначение модификаций					
2400, 2400-C	2410, 2410-C	2420, 2420-C	2425, 2425-C	2430, 2430-C	2440, 2440-C
±200 мВ	±200 мВ	±200 мВ	±200 мВ	±200 мВ	±200 мВ
±2 В	±2 В	±2 В	±2 В	±2 В	±2 В
±20 В	±20 В	±20 В	±20 В	±20 В	±10 В
±200 В	±1000 В	±60 В	±100 В	±100 В	±40 В

Таблица 3 – Диапазоны воспроизведения и измерения силы постоянного тока

Обозначение модификаций					
2400, 2400-С	2410, 2410-С	2420, 2420-С	2425, 2425-С	2430, 2430-С	2440, 2440-С
±1 мкА	±1 мкА				
±10 мкА	±10 мкА	±10 мкА	±10 мкА	±10 мкА	±10 мкА
±100 мкА	±100 мкА	±100 мкА	±100 мкА	±100 мкА	±100 мкА
±1 мА	±1 мА	±1 мА	±1 мА	±1 мА	±1 мА
±10 мА	±20 мА	±10 мА	±10 мА	±10 мА	±10 мА
±100 мА	±100 мА	±100 мА	±100 мА	±100 мА	±100 мА
±1 А	±1 А	±1 А	±1 А	±1 А	±1 А
		±3 А	±3 А	±3 А	±5 А
				±10 А [1)]	

1) В прерывистом режиме при длительности импульса не более 2,5 мс и скважности импульсов не более 10 %.

Таблица 4 – Диапазоны измерения электрического сопротивления постоянному току

Обозначение модификаций		Обозначение модификаций	
2400, 2400-С, 2410, 2410-С		2420, 2420-С, 2425, 2425-С 2430, 2430-С, 2440, 2440-С	
Верхний предел диапазона	Сила испытательного тока [1)]	Верхний предел диапазона	Сила испытательного тока [1)]
≤0,2 Ом [2)]		≤0,2 Ом [2)]	
2 Ом [2)]		2 Ом	1 А
20 Ом	100 мА	20 Ом	100 мА
200 Ом	10 мА	200 Ом	10 мА
2 кОм	1 мА	2 кОм	1 мА
20 кОм	100 мкА	20 кОм	100 мкА
200 кОм	10 мкА	200 кОм	10 мкА
2 МОм	1 мкА	2 МОм	1 мкА [3)]
20 МОм	1 мкА	20 МОм	1 мкА [3)]
200 МОм	100 нА	200 МОм [2)]	
>200 МОм [2)]		>200 МОм [2)]	

1) Значения силы тока указаны для автоматического режима измерения, в ручном режиме значения силы испытательного тока выбираются пользователем.
2) В ручном режиме.
3) 5 мкА в модификациях 2440, 2440-С.

Таблица 5 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения и измерения постоянного напряжения

Модификация	Диапазон	Воспроизведение напряжения [1,2,3)]	Измерение напряжения [1,2)]
все	±200 мВ	$\pm(2\cdot10^{-4}\cdot U + 3\cdot10^{-3}\cdot D_U)$	$\pm(1{,}2\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-3}\cdot D_U)$
все	±2 В	$\pm(2\cdot10^{-4}\cdot U + 3\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(1{,}2\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_U)$
2440, 2440-С	±10 В	$\pm(2\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}2\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(1{,}5\cdot10^{-4}\cdot U + 7{,}5\cdot10^{-5}\cdot D_U)$
2400, 2400-С	±20 В		
2410, 2410-С, 2420, 2420-С, 2425, 2425-С, 2430, 2430-С			$\pm(1{,}5\cdot10^{-4}\cdot U + 5\cdot10^{-5}\cdot D_U)$
2440, 2440-С	±40 В	$\pm(2\cdot10^{-4}\cdot U + 1{,}2\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	$\pm(1{,}5\cdot10^{-4}\cdot U + 7{,}5\cdot10^{-5}\cdot D_U)$
2420, 2420-С	±60 В		$\pm(1{,}5\cdot10^{-4}\cdot U + 5\cdot10^{-5}\cdot D_U)$
2425, 2425-С, 2430, 2430-С	±100 В		
2400, 2400-С	±200 В		
2410, 2410-С	±1000 В	$\pm(2\cdot10^{-4}\cdot U + 1\cdot10^{-4}\cdot D_U)$	

1) Значения погрешности в течение 1 года после заводской подстройки при температуре окружающей среды (23 ±5) °С
2) Обозначения: U – значение напряжения, D_U – верхний предел диапазона напряжения.
3) Для модификаций 2400, 2400-С, 2410, 2410-С значения погрешности действительны при силе выходного тока I ≤ 105 мА в непрерывном режиме, при силе выходного тока I > 105 мА в течение не более 1 минуты.

Таблица 6 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения и измерения силы постоянного тока

Модификация	Диапазон	Воспроизведение силы постоянного тока [1,2)]	Измерение силы постоянного тока [1,2)]
2400, 2400-С, 2410, 2410-С	±1 мкА	$\pm(3{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 6\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(2{,}9\cdot10^{-4}\cdot I + 3\cdot10^{-4}\cdot D_I)$
все	±10 мкА	$\pm(3{,}3\cdot10^{-4}\cdot I + 2\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(2{,}7\cdot10^{-4}\cdot I + 7\cdot10^{-5}\cdot D_I)$
все	±100 мкА	$\pm(3{,}1\cdot10^{-4}\cdot I + 2\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(2{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 6\cdot10^{-5}\cdot D_I)$
все	±1 мА	$\pm(3{,}4\cdot10^{-4}\cdot I + 2\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(2{,}7\cdot10^{-4}\cdot I + 6\cdot10^{-5}\cdot D_I)$
все кроме 2410, 2410-С	±10 мА	$\pm(4{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 2\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(3{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 6\cdot10^{-5}\cdot D_I)$
2410, 2410-С	±20 мА		
все	±100 мА	$\pm(6{,}6\cdot10^{-4}\cdot I + 2\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(5{,}5\cdot10^{-4}\cdot I + 6\cdot10^{-5}\cdot D_I)$
2400, 2400-С, 2410, 2410-С	±1 А	$\pm(2{,}7\cdot10^{-3}\cdot I + 9\cdot10^{-4}\cdot D_I)$ [1)]	$\pm(2{,}2\cdot10^{-3}\cdot I + 5{,}7\cdot10^{-4}\cdot D_I)$
2420, 2420-С, 2425, 2425-С, 2430, 2430-С, 2440, 2440-С		$\pm(6{,}7\cdot10^{-4}\cdot I + 9\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(6{,}6\cdot10^{-4}\cdot I + 5{,}7\cdot10^{-4}\cdot D_I)$
2420, 2420-С	±3 А	$\pm(5{,}9\cdot10^{-4}\cdot I + 9\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	$\pm(5{,}2\cdot10^{-4}\cdot I + 5{,}7\cdot10^{-4}\cdot D_I)$
2425, 2425-С, 2430, 2430-С		$\pm(5{,}9\cdot10^{-4}\cdot I + 9{,}33\cdot10^{-4}\cdot D_I)$	
2440, 2440-С	±5 А	$\pm(1\cdot10^{-3}\cdot I + 1{,}08\cdot10^{-3}\cdot D_I)$	$\pm(1\cdot10^{-3}\cdot I + 6{,}84\cdot10^{-4}\cdot D_I)$

1) Значения погрешности в течение 1 года после заводской подстройки при температуре окружающей среды (23 ±5) °С
2) Обозначения: I – значение силы тока, D_I – верхний предел диапазона силы тока.

Таблица 7 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения электрического сопротивления постоянному току

Модификация	Верхний предел диапазона	Значения пределов погрешности [1,2)]
2420, 2420-C, 2425, 2425-C 2430, 2430-C, 2440, 2440-C	≤2 Ом [3)]	$\pm R\cdot(\delta_{SI} + \delta_{MU})$ [4)]
2400, 2400-C, 2410, 2410-C	2 Ом [3)]	$\pm R\cdot(\delta_{SI} + \delta_{MU})$ [4)]
2420, 2420-C, 2425, 2425-C 2430, 2430-C, 2440, 2440-C		$\pm(1{,}7\cdot10^{-3}\cdot R + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
все кроме 2410, 2410-C	20 Ом	$\pm(1\cdot10^{-3}\cdot R + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
2410, 2410-C		$\pm(1{,}1\cdot10^{-3}\cdot R + 3\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
все кроме 2410, 2410-C	200 Ом	$\pm(8\cdot10^{-4}\cdot R + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
2410, 2410-C		$\pm(9\cdot10^{-4}\cdot R + 5\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
все кроме 2410, 2410-C	2 кОм	$\pm(7\cdot10^{-4}\cdot R + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
2410, 2410-C		$\pm(8\cdot10^{-4}\cdot R + 3\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
все кроме 2410, 2410-C	20 кОм	$\pm(6\cdot10^{-4}\cdot R + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
2410, 2410-C		$\pm(7\cdot10^{-4}\cdot R + 3\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
все кроме 2410, 2410-C	200 кОм	$\pm(7\cdot10^{-4}\cdot R + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
2410, 2410-C		$\pm(7\cdot10^{-4}\cdot R + 3\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
все кроме 2410, 2410-C	2 МОм	$\pm(1{,}1\cdot10^{-3}\cdot R + 1{,}5\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
2410, 2410-C		$\pm(1{,}2\cdot10^{-3}\cdot R + 3\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
все кроме 2410, 2410-C	20 МОм	$\pm(1{,}1\cdot10^{-3}\cdot R + 5\cdot10^{-5}\cdot D_R)$
2410, 2410-C		$\pm(1{,}2\cdot10^{-3}\cdot R + 1{,}2\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
2400, 2400-C	200 МОм	$\pm(6{,}6\cdot10^{-3}\cdot R + 5\cdot10^{-5}\cdot D_R)$
2410, 2410-C		$\pm(6{,}6\cdot10^{-3}\cdot R + 1{,}2\cdot10^{-4}\cdot D_R)$
2420, 2420-C, 2425, 2425-C 2430, 2430-C, 2440, 2440-C	200 МОм [3)]	$\pm R\cdot(\delta_{SI} + \delta_{MU})$ [4)]
	>200 МОм [3)]	$\pm R\cdot(\delta_{SI} + \delta_{MU})$ [4)]

1) Числовые значения погрешности для автоматического режима “Normal” в течение 1 года после заводской подстройки при температуре окружающей среды (23 ±5) °C.
2) Обозначения: R – значение сопротивления, D_R – верхний предел диапазона сопротивления.
3) В ручном режиме.
4) Формула для расчета погрешности в ручном режиме; δ_{SI} – относительная погрешность силы установленного испытательного тока, δ_{MU} – относительная погрешность измерения напряжения U = I·R, соответствующего значению R измеряемого сопротивления и значению I силы установленного испытательного тока.

Таблица 8 – Основные технические характеристики

Габаритные размеры (без ручки и ножек), мм	ширина	глубина	высота
	213	370	89
Масса, кг, не более			
Модификации 2400, 2400-С, 2410, 2410-С, 2420, 2420-С	3,21		
Модификации 2425, 2425-С, 2430, 2430-С, 2440, 2440-С	4,10		
Напряжения сети питания, В	от 100 до 240		
Частота сети питания, Гц	50		
Потребляемая мощность, Вт, не более			
Модификации 2400, 2400-С	190		
Модификации 2410, 2410-С	210		
Модификации 2420, 2420-С	220		
Модификации 2425, 2425-С, 2430, 2430-С	250		
Модификации 2440, 2440-С	240		
Рабочие условия применения			
температура окружающего воздуха, °С	от 0 до 50		
относительная влажность воздуха, %	до 70 при температуре 35 °С		

Знак утверждения типа
наносится на заднюю панель корпуса источников-измерителей в виде наклейки и на титульный лист руководства по эксплуатации типографским способом.

Комплектность средства измерений
представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Комплектность источников-измерителей

Наименование и обозначение	Кол-во
Источник-измеритель напряжения и силы тока серии Keithley 2400: модификация 2400, 2400-С, 2410, 2410-С, 2420, 2420-С, 2425, 2425-С, 2430, 2430-С, 2440, 2440-С	1 шт. по заказу
Комплект измерительных кабелей 8605	1 шт.
Кабель сетевой	по заказу
Руководство по эксплуатации	1 шт.
Методика поверки KI2400/МП-2019	1 шт.

Поверка
осуществляется по документу KI2400/МП-2019 «ГСИ. Источники-измерители напряжения и силы тока серии Keithley 2400. Методика поверки», утвержденному ЗАО «АКТИ-Мастер» 22.04.2019 г.

Основные средства поверки:
- мультиметр Agilent 3458A; регистрационный номер 25900-03;
- калибратор многофункциональный Fluke 5730A; регистрационный номер 60407-15;
- мера электрического сопротивления универсальная однозначная МС 3080М 0,01 Ω класса точности 0,01; регистрационный номер 61295-15 (для моделей 2420, 2425, 2430, 2440).

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

Знак поверки наносится заднюю панель корпуса источников-измерителей в виде наклейки (место нанесения показано на рисунке 2) и/или на свидетельство о поверке.

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

Нормативные документы, устанавливающие требования к источникам-измерителям напряжения и силы тока серии Keithley 2400

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

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

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

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: 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: http://www.actimaster.ru
E-mail post@actimaster.ru

Аттестат аккредитации ЗАО «АКТИ-Мастер» 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.