- Источники-измерители серии 2400 обладают широким динамическим диапазоном от 10 пА до 10 А, от 1 мкВ до 1100 В, от 20 Вт до 1000 Вт.
- Работа в четырех квадрантах диаграммы ток-напряжение.
- Основная погрешность 0,012%, разрешение 5,5 разрядов.
- Измерение сопротивлений по четырех- и шестипроводной схеме подключения с программируемыми током и напряжением на зажимах измеряемого устройства.
- 1700 измерений в секунду с разрешением 4,5 разрядов и передачей данных через интерфейс GPIB.
- Встроенный компаратор обеспечивает быстрое тестирование на соответствие.
- В большинстве моделей предусмотрена дополнительная функция автоматической проверки качества контактов.
- Цифровые линии ввода-вывода позволяют проводить быструю сортировку компонентов и подключение к манипуляторам (кроме модели 2401).
- Интерфейсы GPIB, RS-232, триггерные линии.

Принадлежности, входящие в комплект поставки:

измерительные кабели;

программный драйвер LabVIEW (загружаемый с сайта);

программное обеспечение LabTracer (загружаемое с сайта).

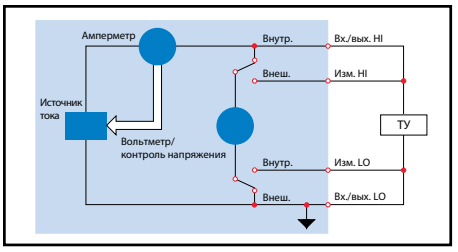
Широчайший динамический диапазон по току и напряжению для задач высокоскоростного автоматизированного промышленного тестирования и для лабораторного применения

Источники-измерители серии 2400

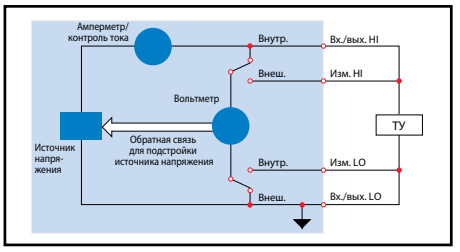
Серия 2400 источников-измерителей специально предназначена для задач тестирования, требующих точного взаимодействия источников и измерителей тока и напряжения. Каждая модель данной серии содержит прецизионные высокостабильные малошумящие источники постоянного тока и напряжения с обратной связью и малошумящий мультиметр разрешением 5,5 разрядов с большим входным сопротивлением, обеспечивающий высокую повторяемость результатов. Источник-измеритель представляет собой компактный одноканальный параметрический тестер по постоянному току. Источники-измерители могут использоваться в качестве источника напряжения, тока, вольтметра, амперметра и омметра. Они обладают целым рядом преимуществ по сравнению с системами, состоящими из отдельных источников и измерительных приборов. Например, благодаря своему компактному размеру всего в половину высоты стойки они позволяют сэкономить ценное место в измерительной стойке или на столе. Кроме того, эти приборы до минимума сокращают время, требующееся для проектирования, сборки, настройки и обслуживания измерительного комплекса, что снижает общую стоимость владения измерительным комплексом. Помимо этого источники-измерители серии 2400 упрощают процедуру измерений, устраняя много сложных проблем синхронизации и подключения, возникающих при использовании нескольких приборов. Все приборы серии 2400 подходят для выполнения широкого спектра измерений в непрерывном режиме, в том числе для измерения сопротивления при заданном токе, напряжения пробоя, тока утечки, сопротивления изоляции и других электрических характеристик.

Измерение тока и напряжения

Все приборы SourceMeter серии 2400 обеспечивают работу в четырех квадрантах диаграммы ток-напряжение. В первом и третьем квадрантах они работают как источники, отдавая мощность в нагрузку. Во втором и четвертом квадрантах они работают как электронная нагрузка, рассеивая внутри себя мощность внешних источников. Напряжение, ток и сопротивление можно измерять как в режиме источника, так и в режиме электронной нагрузки.



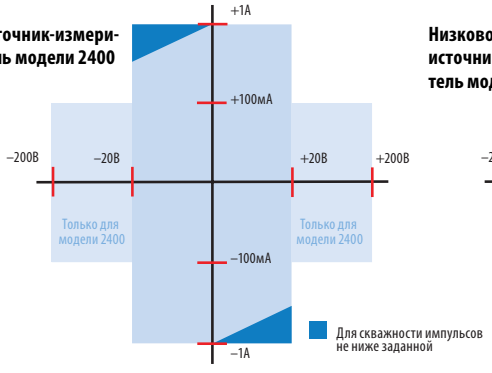
Конфигурация источника тока с измерением напряжения, тока или сопротивления



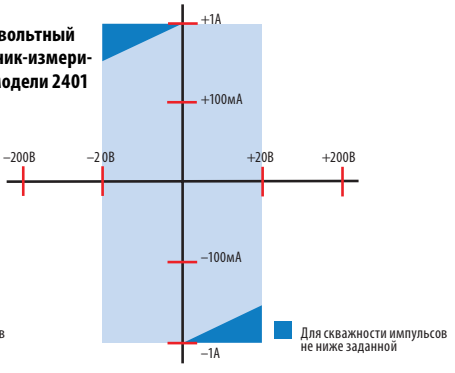
Конфигурация источника напряжения с измерением тока, напряжения или сопротивления

Источники-измерители серии 2400

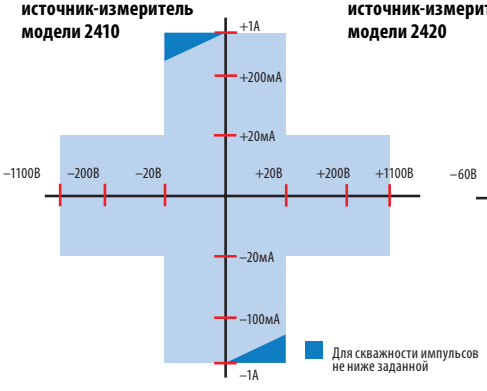
Источник-измеритель модели 2400



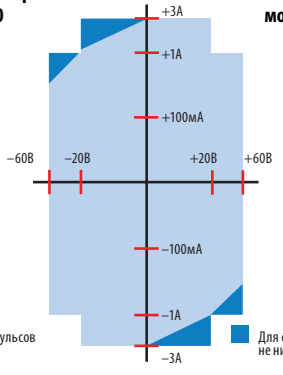
Низковольтный источник-измеритель модели 2401



Высоковольтный источник-измеритель модели 2410

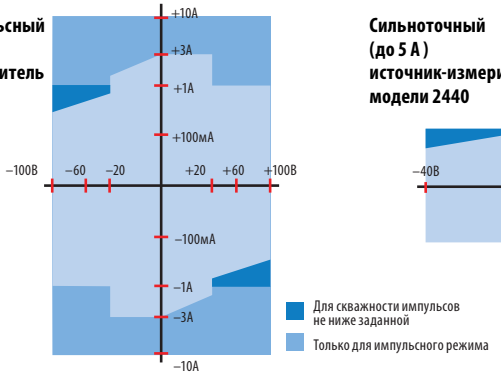


Сильноточный (до 3 А) источник-измеритель модели 2420

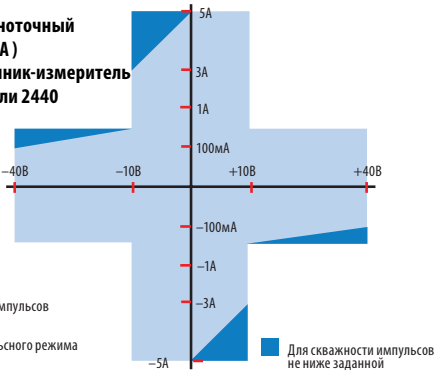


Мощный (до 100 Вт) источник-измеритель модели 2425

Мощный импульсный (до 1 кВт) источник-измеритель моделии 2430



Сильноточный (до 5 А) источник-измеритель модели 2440



Краткие технические характеристики источников-измерителей серии 2400

Погрешность источника напряжения и вольтметра (в режиме измерения напряжения на нагрузке и контроля напряжения в цепи зондирующего тока)

Модель	Диапазон	Программное разрешение	Погрешность источника (в течение 1 года) 23 °C ± 5 °C ±(% от показаний + вольт)	Разрешение измерительной системы, принятая по умолчанию	Погрешность измерения (в течение 1 года) 23 °C ± 5 °C ±(% от показаний + вольт)	Скорость нарастания выходного напряжения (±30%)	Предельные значения в режимах источника и электронной нагрузки
2400, 2400-C, 2401	200,000 мВ	5 мкВ	0,02% + 600 мкВ	1 мкВ	0,012% + 300 мкВ		± 21 В при токе ±1,05 А ± 210 В при токе ±105 мА*
	2,00000 В	50 мкВ	0,02% + 600 мкВ	10 мкВ	0,012% + 300 мкВ		
	20,0000 В	500 мкВ	0,02% + 2,4 мВ	100 мкВ	0,015% + 1,5 мВ	0,08 В/мкс	
	200,000 В*	5 мВ	0,02% + 24 мВ	1 мВ	0,015% + 10 мВ	0,5 В/мкс	

* Кроме модели 2401.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ (0–18 °C и 28–50 °C): ±(0,15 x основная погрешность)/°C.

РЕГУЛИРОВКА НАПРЯЖЕНИЯ: на выходных зажимах – 0,01% от диапазона. На нагрузке – 0,01% от диапазона + 100 мкВ.

ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ: пользовательские значения, допуск 5%. Значение, устанавливаемое по умолчанию отключена.

ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКА: ограничение тока в обоих направлениях (при контроле тока) задается одним значением. Мин. значение - 0,1% от диапазона.

АМПЛИТУДА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА: бросок не более 0,1% (типовое значение при перепаде на всю шкалу источника, активная нагрузка, диапазон 10 мА).

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (ДЛЯ ВСЕХ МОДЕЛЕЙ СЕРИИ 2400)

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ: для возврата выходных параметров к номинальным значениям после ступенчатого изменения нагрузки требуется не менее 30 мкс.

ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОМАНДЫ: максимальное время до начала изменения выходных параметров после получения команды SOURce:VOLTage|CURRent <nrf> при автоматическом выборе диапазона 10 мс, при отключенном автоматическм выборе диапазона 7 мс.

ВРЕМЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА: время после обработки команды, необходимое для того, чтобы выходной сигнал достиг значения, отличающегося от конечного не более чем на 0,1%. Типовое значение 100 мкс (для активной нагрузки и диапазонатока от 10 мкА до 100 мА).

СМЕЩЕНИЕ АНАЛОГОВОЙ ЗЕМЛИ ОТНОСИТЕЛЬНО ПОТЕНЦИАЛА КОРПУСА: до ±250 В (±40 В для модели 2440).

ПАДЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЛИНИЯХ ВОЛЬТМЕТРА (SENSE): не более 1 В на каждой линии

ПОГРЕШНОСТЬ КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА: к значению основной погрешности следует добавить 0,3% от диапазона и ±0,02% от показаний.

ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕГРЕВА: в случае перегрева, обнаруживаемого внутренним датчиком, источник-измеритель переходит в режим ожидания.

БРОСОК ПРИ СМЕНЕ ДИАПАЗОНА: тип. 100 мВ (для соседних диапазонов, при полностью активной нагрузке 100 кОм, в полосе частот от 10 Гц до 1 МГц), кроме диапазонов 20 В/200 В (20 В/60 В для модели 2420) и 20 В/100 В для моделей 2425 и 2430, граничного диапазона и модели 2440.

МИНИМАЛЬНОЕ ИЗМЕРЯЕМОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРИ КОНТРОЛЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ: 0,1% от диапазона.

Погрешность по току источника тока и амперметра (в режиме измерения тока нагрузки и контроля тока в цепи источника напряжения)

Модель	Диапазон	Программное разрешение	Погрешность источника (в течение 1 года) 23 °C ± 5 °C ± (% показаний + ампер)	Разрешение при измерении (по умолчанию)	Погрешность измерения (в течение 1 года) 23 °C ± 5 °C ± (% показаний + ампер)	Предельные значения в режимах источника и электронной нагрузки
2400, 2400-C, 2401	1,00000 мкА	50 пА	0,035% + 600 пА	10 пА	0,029% + 300 пА	±1,05 А при ±21 В ±105 мА при ±210 В
	10,0000 мкА	500 пА	0,033% + 2 нА	100 пА	0,027% + 700 пА	
	100,000 мкА	5 нА	0,031% + 20 нА	1 нА	0,025% + 6 нА	
	1,00000 мА	50 нА	0,034% + 200 нА	10 нА	0,027% + 60 нА	
	10,0000 мА	500 нА	0,045% + 2 мкА	100 нА	0,035% + 600 нА	
	100,000 мА	5 мкА	0,066% + 20 мкА	1 мкА	0,055% + 6 мкА	
	1,00000 А	50 мкА	0,27% + 900 мкА	10 мкА	0,22% + 570 мкА	

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ (0–18 °C и 28–50 °C): ±(0,15 x номинальная погрешность)/°C

РЕГУЛИРОВКА ТОКА: в цепи зондирующего тока – 0,01% от диапазона. В нагрузке – 0,01% от диапазона (для диапазона 5 А модели 2440 – 0,05%) + 100 пА.

ОГРАНИЧЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ: пороговое значение для обеих полярностей задается одним значением. Мин. значение 0,1% от диапазона.

АМПЛИТУДА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА: бросок не более < 0,1%, типовое значение при шаге 1 мА, сопротивлении нагрузки 10 кОм, диапазоне 20 В для моделей 2400, 2401, 2410, 2420, 2425, 2430 (10 В для модели 2440).

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА КОНТАКТОВ (ТОЛЬКО ДЛЯ МОДЕЛЕЙ С ЛИТЕРОЙ «C»)

Кроме модели 2401

СКОРОСТЬ: время проверки и уведомления 350 мкс

ПРОВЕРКА КОНТАКТОВ:	2 Ом	15 Ом	50 Ом
Есть контакт	< 1,00 Ом	< 13,5 Ом	< 47,5 Ом
Нет контакта	> 3,00 Ом	> 16,5 Ом	> 52,5 Ом

Погрешность измерения сопротивления для четырехпроводной и двухпроводной схемы (без учета влияния сопротивления проводов)

Диапазон	Разрешение по умолчанию	Измерительный ток по умолчанию 2400, 2401, 2410	Погрешность в обычном режиме (23 °C ± 5 °C) 1 год, ±(% показаний + ом) 2400, 2401	Погрешность в режиме повышенной точности (23 °C ± 5 °C) 1 год, ±(% показаний + ом) 2400, 2401
< 0,20000 Ом	–	–	(погрешность источника тока) + (погрешность вольтметра)	(погрешность источника тока) + (погрешность вольтметра)
2,00000 Ом	10 мкОм	–	(погрешность источника тока) + (погрешность вольтметра)	(погрешность источника тока) + (погрешность вольтметра)
20,0000 Ом	100 мкОм	100 мА	0,10% + 0,003 Ом	0,07% + 0,001 Ом
200,000 Ом	1 мОм	10 мА	0,08%+ 0,03 Ом	0,05%+ 0,01 Ом
2,00000 кОм	10 мОм	1 мА	0,07%+ 0,3 Ом	0,05%+ 0,1 Ом
20,0000 кОм	100 мОм	100 мкА	0,06%+ 3 Ом	0,04%+ 1 Ом
200,000 кОм	1 Ом	10 мкА	0,07%+ 30 Ом	0,05%+ 10 Ом
2,00000 МОм	10 Ом	1 мкА	0,11%+ 300 Ом	0,05%+ 100 Ом
20,0000 МОм	100 Ом	1 мкА	0,11% + 1 кОм	0,05%+ 500 Ом
200,000 МОм	1 кОм	100 нА	0,66%+ 10 кОм	0,35%+ 5 кОм
> 200,000 МОм	–	–	(погрешность источника тока) + (погрешность вольтметра)	(погрешность источника тока) + (погрешность вольтметра)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ (0–18 °C и 28–50 °C): ± 0,15 x основная погрешность)/°C.

РЕЖИМ ИСТОЧНИКА ТОКА И ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ В РУЧНОМ РЕЖИМЕ: общая погрешность = погрешность источника тока + погрешность измерения напряжения (четырехпроводная схема подключения).

РЕЖИМ ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ В РУЧНОМ РЕЖИМЕ: общая погрешность = погрешность источника напряжения + погрешность измерения тока (четырехпроводная схема подклкючения).

ШЕСТИПРОВОДНАЯ СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ: измерения сопротивлений могут выполняться с использованием активной компенсации токов утечки при помощи эквипотенциального охранного электрода (Guard) и охранного измерительного электрода (Guard Sense). Макс. выходной ток активной компенсации охранного электрода - 50 мА (кроме диапазона 1 А). Погрешность зависит от нагрузки. Формулу для расчета см. в техническом документе № 2033.

ВЫХОДНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ОХРАННОГО ЭЛЕКТРОДА (Guard): < 0,1 Ом в режиме измерения сопротивлений.

Краткие технические характеристики источников-измерителей серии 2400 (продолжение)

Быстродействие

РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ[1]

МАКСИМАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ДИАПАЗОНОВ: 75/сек.

МАКСИМАЛЬНОЕ ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ В РЕЖИМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫБОРА ДИАПАЗОНА: 40 мс (при постоянных параметрах источника)[2].

Скорость измерений (отсчетов в секунду) в режиме развертки[3] для частоты 60 Гц (50 Гц).

		Режим измерения		Режим источника-измерителя (установка напряжения или тока источника с измерением)		Тестирование на соответствие[4, 5] в режиме источника-измерителя[5]		Режим источника [4]	
Скорость	NPLC*/тип сигнала запуска	Запись в память	Передача по GPIB	Запись в память	Передача по GPIB	Запись в память	Передача по GPIB	Запись в память	Передача по GPIB
Высокая Режим IEEE-488.1	0,01/внутренний	2081 (2030)	1754	1551 (1515)	1369	902 (900)	981	165 (162)	165
	0,01/внешний	1239 (1200)	1254	1018 (990)	1035	830 (830)	886	163 (160)	163
Высокая Режим IEEE-488.2	0,01/внутренний	2081 (2030)	1198 (1210)	1551 (1515)	1000 (900)	902 (900)	809 (840)	165 (162)	164 (162)
	0,01/внешний	1239 (1200)	1079 (1050)	1018 (990)	916 (835)	830 (830)	756 (780)	163 (160)	162 (160)
Средняя Режим IEEE-488.2	0,10/внутренний	510 (433)	509 (433)	470 (405)	470 (410)	389 (343)	388 (343)	133 (126)	132 (126)
	0,10/внешний	438 (380)	438 (380)	409 (360)	409 (365)	374 (333)	374 (333)	131 (125)	131 (125)
Стандартная Режим IEEE-488.2	1,00/внутренний	59 (49)	59 (49)	58 (48)	58 (48)	56 (47)	56 (47)	44 (38)	44 (38)
	1,00/внешний	57 (48)	57 (48)	57 (48)	57 (47)	56 (47)	56 (47)	44 (38)	44 (38)

* - NPLC – период напряжения промышленной сети (20 мс для 50 Гц). Например. Значению NPLC=0,01 соответствует время усреднения 200 мкс.

Скорость измерений (отсчетов в секунду) в режиме единичных отсчетов для частоты 60 Гц (50 Гц).

Скорость	NPLC/тип сигнала запуска	Режим измерения с передачей по GPIB	Режим источника-измерителя[5] с передачей по GPIB	Тестирование на соответствие[4, 5] в режиме источника-измерителя[5] с передачей по GPIB
Высокая (488.1)	0,01/внутренний	537	140	135
Высокая (488.2)	0,01/внутренний	256 (256)	79 (83)	79 (83)
Средняя (488.2)	0,10/внутренний	167 (166)	72 (70)	69 (70)
Стандартная (488.2)	1,00/внутренний	49 (42)	34 (31)	35 (30)

Время измерений на частоте 60 Гц (50 Гц): [4, 6]

Скорость	NPLC/тип сигнала запуска	Режим измерения с передачей по GPIB	Тестирование на соответствие в режиме источника	Тестирование на соответствие[5, 7] в режиме источника-измерителя с передачей по GPIB
Высокая	0,01/внешний	1,04 мс (1,08 мс)	0,5 мс (0,5 мс)	4,82 мс (5,3 мс)
Средняя	0,10/внешний	2,55 мс (2,9 мс)	0,5 мс (0,5 мс)	6,27 мс (7,1 мс)
Стандартная	1,00/внешний	17,53 мс (20,9 мс)	0,5 мс (0,5 мс)	21,31 мс (25,0 мс)

[1] Скорости снятия показаний применимы к измерениям напряжения или тока. Автоматическое обнуление выкл., автоматический выбор диапазона выкл., фильтр выкл., отображение выкл., задержка запуска = 0, двоичный формат передачи.

[2] Соединительные провода имеют только активное сопротивление. В диапазонах 1 мкА и 10 мкА < 65 мс.

[3] Приведены параметры для развертки 1000 точек с источником, работающим в фиксированном диапазоне.

[4] Тестирование на соответствие выполняется с использованием одного верхнего предела и одного нижнего предела.

[5] Включая время на перепрограммирование источника на новый уровень перед проведением измерений.

[6] Время от заднего фронта сигнала «НАЧАЛО ТЕСТИРОВАНИЯ» до заднего фронта сигнала «КОНЕЦ ТЕСТИРОВАНИЯ»

[7] Время обработки команды SOURce:VOLTage|CURRent:TRIGgered <nrf> не учитывается.

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Подавление шумов

Скорость	NPLC	NMRR	CMRR
Высокая	0,01	–	80 дБ
Средняя	0,1	–	80 дБ
Стандартная	1	60 дБ	100 дБ[1]

1. Кроме двух нижних диапазонов тока, для которых 90 дБ.

СОПРОТИВЛЕНИЕ НАГРУЗКИ: стабильность сохраняется до тип. зн. 20 000 пФ.

МАКСИМАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ СИНФАЗНОГО СИГНАЛА: 250 В (40 в пост. для модели 2440)

СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ В РЕЖИМЕ СИНФАЗНОГО СИГНАЛА: > 10^9 Ом, < 1000 пФ.

ВЫХОД ЗА ПРЕДЕЛЫ ДИАПАЗОНА: 105% от диапазона для источника и измерителя.

МАКС. ПАДЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ МЕЖДУ КЛЕММАМИ ИСТОЧНИКА И ИЗМЕРИТЕЛЯ Input/Output HI – Sense HI, Input/Output LO – Sense LO: 5 В

МАКС. СОПРОТИВЛЕНИЕ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ Sense LO, Sense HI: 1 МОм для обеспечения номинальной погрешности.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ВХОДА: > 10^{10} Ом

НАПРЯЖЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ ОХРАННОГО ЭЛЕКТРОДА: тип. зн. < 150 мкВ (300 мкВ для моделей 2430, 2440).

ВЫХОДНЫЕ РЕЖИМЫ ИСТОЧНИКА: импульсный (только для модели 2430), с фиксированным постоянным уровнем, последовательность постоянных уровней из внутренней памяти (комбинированная функциональность), ступенчатая развертка (линейная и логарифмическая).

БУФЕР ПАМЯТИ: 5000 пятизначных отсчетов (два буфера по 2500 точек). Включает выбранные измеренные значения и временную метку. Резервное питание от литиевой батареи (срок службы батареи не менее 3 лет).

ВНУТРЕЕННЯЯ ПАМЯТЬ ИСТОЧНИКА: не более 100 значений.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГРАММИРОВАНИЯ: IEEE-488 (SCPI-1995.0), RS-232, 5 пользовательских конфигураций, заводская конфигурация по умолчанию и сброс (команда *RST).

ЦИФРОВОЙ ИНТЕРФЕЙС

Блокировка: активный вход низкого уровня.

Интерфейс манипулятора: запуск тестирования, завершение тестирования, 3 бита категории. Питание +5 В, 300 мА.

Цифровые входы и выходы: 1 вход запуска, 4 выхода TTL или выхода управления (33 В, 500 мА, диодная фиксация уровня).

ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ: от 100 до 240 В / 50–60 Гц (автоматическое определение при включении). Модели 2400, 2401: 190 ВА. Модель 2410: 210 ВА. Модель 2420: 220 ВА. Модели 2425, 2430: 250 ВА. Модель 2440: 240 ВА.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ: в соответствии с Директивой Европейского союза 89/336/EEC, EN 61326-1.

БЕЗОПАСНОСТЬ: аттестовано UL согласно UL 61010B-1:2003. Соответствует Директиве Европейского союза по низковольтному оборудованию.

УСТОЙЧИВОСТЬ К ВИБРАЦИИ: MIL-PRF-28800F класс 3, произвольная.

ВРЕМЯ ПРОГРЕВА: в течение одного часа для обеспечения номинальных погрешностей.

РАЗМЕРЫ: (высота x ширина x глубина) 89 x 213 x 370 мм (3-1/2 x 8-3/8 x 14-9/16 дюйм). Настольная модификация (с рукояткой и ножками): (высота x ширина x глубина) 104 x 238 x 370 мм (4-1/8 x 9-3/8 x 14-9/16 дюйм).

МАССА: 3,21 кг (7,08 фунт) (модели 2425, 2430, 2440: 4,1 кг, 9,0 фунт).

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ХРАНЕНИЯ: рабочий диапазон температур: 0–50 °C, отн. влажность 70% при 35 °C. В диапазоне температур 35–50 °C допустимая отн. влажность снижается на 3% на градус.

Диапазон температур хранения: от –25 °C до +65 °C.