

Источники-измерители (SMU)

Эффективные решения для автоматизированного тестирования и измерения вольтамперных характеристик, параметров по току и напряжению

12 **Техническая информация**

18 **Сравнительная таблица**

20 **Самые высокие в отрасли скорость тестирования и плотность размещения аппаратуры в стойке с возможностью быстрого увеличения числа измерительных каналов:**

Многоканальные комплексы для измерения тока и напряжения на основе источников-измерителей серии 2600B

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

Источники-измерители серии 2400

Техническая информация

Все источники-измерители (SMU) компании Keithley могут выполнять функции источника напряжения с измерением тока и источника тока с измерением напряжения. Некоторые модели позволяют также измерять сопротивление. Все они являются полностью программируемыми и могут использоваться автономно для подачи тока или напряжения, на тестируемое изделие и для выполнения измерений, в том числе в автоматическом режиме. Кроме того, их легко интегрировать в более крупные измерительные системы.

Источники-измерители компании Keithley быстрее, удобнее в эксплуатации и экономичнее, чем измерительные стенды, собранные из отдельных источников питания и измерительных приборов. Кроме того, они позволяют получать более точные и повторяемые результаты. Источники-измерители компании Keithley идеально подходят для применения на производстве и в системах автоматизации, в то же время обладая достаточной точностью и чувствительностью для лабораторных задач.

Модельный ряд источников-измерителей производства Keithley включает серии 2400, 2600В, высоковольтный источник-измеритель модели 237 и систему для измерения характеристик полупроводниковых материалов и устройств модели 4200-SCS.

Как работает источник-измеритель?

Источники-измерители могут использоваться в качестве автономных источников постоянного напряжения или постоянного тока и в качестве автономных вольтметров или амперметров. Однако их подлинное преимущество заключается в способности одновременно быть источником и измерительным прибором – прикладывать напряжение к тестируемому устройству (нагрузке) и измерять проходящий через него ток или подавать ток в нагрузку и измерять падение напряжения на ней.

Устройство источника-измерителя (рис. 1) защищает тестируемое устройство (DUT) от повреждения в результате случайных перегрузок, перегрева и других нежелательных эффектов. Возможность программирования источника тока и напряжения и непрерывный контроль параметров позволяют достичь максимальной надежности измерения или тестирования. Если в процессе измерения достигается один из установленных порогов (например, по току, напряжению, мощности в нагрузке и др.), источник-измеритель автоматически защищает тестируемое устройство, ограничивая ток или напряжение.

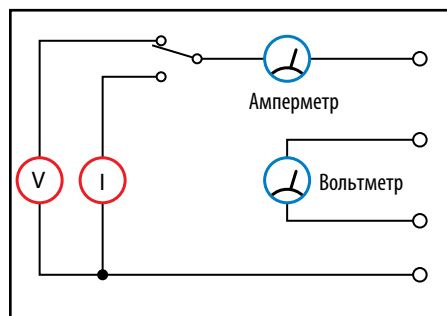
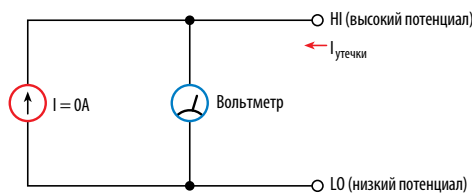


Рис. 1. Структурная схема источника-измерителя

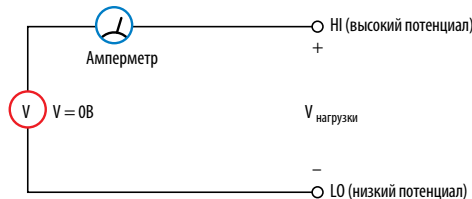
Конфигурация в режиме вольтметра



Ток источника = 0, измерение напряжения

Рекомендация. Для минимизации тока утечки до следует использовать наименьший диапазон источника тока при установке нулевого тока.

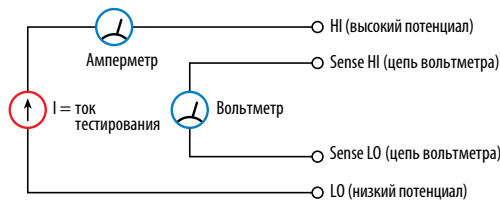
Конфигурация в режиме амперметра



Напряжение источника = 0, измерение тока

Рекомендация. Для минимизации падения напряжения на нагрузке следует использовать наименьший диапазон источника напряжения при установке нулевого напряжения.

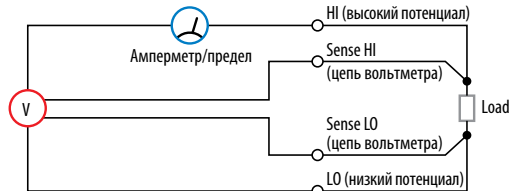
Конфигурация в режиме омметра



Ток источника = ток тестирования, измерение напряжения и тока, режим Remote Sense включен

Рекомендация. Функция автоматического выбора предела Auto Ohms источников-измерителей серии 2400 автоматически выбирает наилучшие ток тестирования и диапазон напряжения для оптимального измерения сопротивления. Для достижения наилучшей точности следует использовать четырехпроводную схему подключения (схему Кельвина).

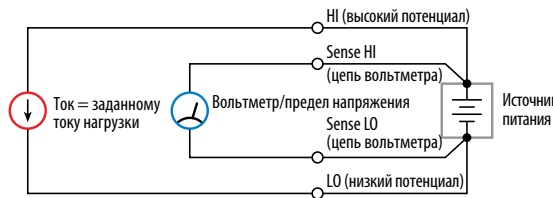
Конфигурация в режиме источника питания



Источник напряжения, измерение тока, режим Remote Sense включен

Рекомендация. Для обеспечения заданного напряжения на нагрузке при большом токе следует использовать четырехпроводную схему подключения.

Конфигурация в режиме электронной нагрузки



Входной ток = заданному току нагрузки, измерение напряжения, режим Remote Sense включен

Рекомендация. Необходимо убедиться в том, что предел напряжения задан выше максимального выходного напряжения источника питания. Для обеспечения точного измерения напряжения при больших потребляемых токах следует использовать четырехпроводную схему подключения.

Рис. 2. Конфигурации источника-измерителя в различных режимах

	Источник-измеритель модели 2602B	Обычный источник питания
Скорость		
Погрешность источника (измерителя) тока	10 мкА (5 нА)	10 мкА (2500 нА)
Диапазон и разрешение по напряжению и току	<p>Напряжение</p> <p>1 мкВ — 40 В</p> <p>Ток</p> <p>1 пА — 3 А</p>	<p>Напряжение</p> <p>1 мкВ — 40 В</p> <p>Ток</p> <p>1 пА — 1 мА — 3 А</p>
Четырех-квadrантный диапазон		

Источники-измерители оптимизированы для обеспечения высокой скорости и точности. В большинстве моделей оба источника (напряжения и тока) выходят на режим в пределах 0,01% указанной погрешности всего за 50 мкс. Это в 50 раз быстрее, чем способен обеспечить обычный источник питания

Источники-измерители обеспечивают значительно лучшее разрешение по напряжению и по току, чем обычные источники питания. Это существенно расширяет сферу применения источников-измерителей

Обычный источник питания подает напряжение или ток. Источник-измеритель также является источником питания, но также может потреблять (рассеивать) мощность от внешнего источника. Таким образом, он может работать в четырех квадрантах выходной вольтамперной характеристики. В квадрантах I и III он подает мощность в нагрузку (режим источника), а в квадрантах II и IV – рассеивает мощность внешнего источника (режим электронной нагрузки). Напряжение, ток и сопротивление можно измерять как режиме источника, так и в режиме электронной нагрузки. Обычный источник питания работает только в квадранте I.

Рис. 3. Сравнение прецизионного источника питания с источником-измерителем

Преимущества

Сочетание питающих и измерительных цепей в одном корпусе:

- обеспечивает большую скорость тестирования в сочетании с повышенной точностью и повторяемостью результатов измерений;
- позволяет без дополнительных подключений подавать напряжение или ток во время измерения напряжения, тока и сопротивления с заданными временными метками;
- устраняет множество проблем, связанных с синхронизацией, схемами соединений и программированием, возникающих при совместном использовании нескольких приборов;
- минимизирует время, необходимое для разработки, настройки и обслуживания измерительных и испытательных стендов;
- снижает общую стоимость владения системой.

Какая конфигурация источников-измерителей наиболее популярна?

Полностью изолированные источники-измерители компании Keithley обеспечивают максимальную гибкость при настройке измерительных стендов. Источники-измерители могут быть сконфигурированы для выполнения различных функций (рис. 2). Это делает их ценнейшими инструментами для применения в универсальных системах входного и выходного контроля, а также в настольных измерительных системах для исследований и разработок.

Каковы возможности источников-измерителей в сравнении с прецизионными источниками питания?

Источники питания, входящие в состав источников-измерителей компании Keithley, превосходят по своим параметрам обычные источники питания, что показано на рис. 3. Помимо высокой стабильности по постоянному току, низкого уровня шума и наличия обратных связей, источники-измерители компании Keithley обладают возможностями, которые, как правило, отсутствуют у обычных источников питания. Например, большинство источников-измерителей могут работать в импульсном режиме, в том числе с программируемыми задержками, и оснащены процессором для программирования тестовой последовательности, который позволяет настраивать и выполнять тестирование

без использования компьютера. На рис. 4 показан пример типового теста для прецизионного источника питания, реализуемого с помощью источника-измерителя.

Определение параметров по току и напряжению

Источники-измерители компании Keithley – это основные приборы для измерения параметров устройств по току и напряжению. Их способность прикладывать напряжение, одновременно измеряя ток, или подавать ток, одновременно измеряя напряжение, может использоваться для получения параметров по постоянному току, в т.ч. в режиме развертки: прямого напряжения (V_x), обратного тока утечки и обратного напряжения пробоя (V_{br}), не требуя никаких переключений к тестируемому устройству (рис. 5).

Встроенные средства управления позволяют синхронизировать несколько источников-измерителей для проведения параметрических измерений таких характеристик, как пороговое напряжение, коэффициент усиления по току и крутизна характеристики транзистора. Цепи блокировки обеспечивают защиту при использовании держателей образцов, что особенно важно при работе в расширенном диапазоне напряжений (до 1100 В для моделей 237, 2410 и до 3000 В для модели 2657B). Четырехпроводная схема подключения с охранной экранировкой (guarding) позволяет выполнять точные измерения в диапазоне от 1 фА до 50 А.

Техническая информация (продолжение)

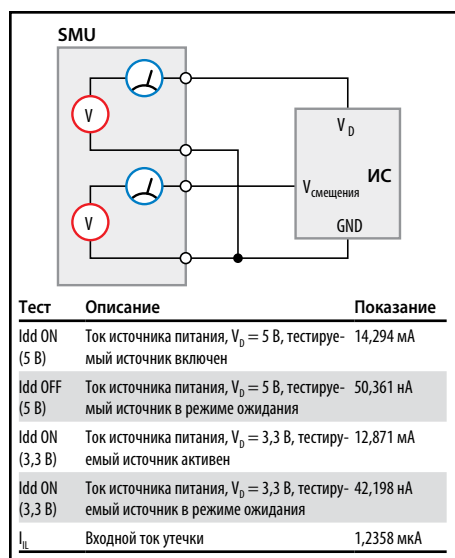


Рис. 4. Типовой тест прецизионного источника питания

Семейство вольтамперных характеристик трехполупроводника можно получить с помощью всего двух источников-измерителей (рис. 6). Для каждого значения тока базы, подаваемого от источника-измерителя 1, источник-измеритель 2 подает напряжение между коллектором и эмиттером (V_{КЭ}) и измеряет ток коллектора (I_К). Источник-измеритель позволяет сохранять данные, полученные в процессе развертки, в буферной памяти, сокращая тем самым время, необходимое для передачи данных к компьютеру. Для уменьшения мощности, рассеиваемой устройством, семейство характеристик также может быть измерено в импульсном режиме.

Встроенные развертки

Источники-измерители компании Keithley упрощают сбор данных, необходимых для измерения характеристик широкого спектра устройств, благодаря встроенным генераторам разверток, работающим в непрерывном и импульсном режиме и формирующим линейно возрастающий ступенчатый сигнал, логарифмически возрастающий ступенчатый сигнал, а также развертки на основе значений тока или напряжения, предварительно заданных пользователем (рис. 7). Наличие генераторов развертки в сочетании с другими средствами повышения производительности, такими как встроенный контроль предельных значений, цифровые входы и выходы, интерфейс для управления манипулятором, создает идеальные условия для непрерывной и высокоскоростной работы в условиях производства. Все параметры развертки можно запрограммировать как для проведения однократного измерения, так и для непрерывной работы.

Аппаратные и программные средства для измерения параметров по току и напряжению

На рис. 8 показаны различные аппаратные и программные средства, используемые для измерения параметров тока и напряжения. В первом примере источник-измеритель серии 2400 подключен к компьютеру.

Во втором примере источники-измерители серии 2600В подключены к компьютеру с использованием технологии TSP-Link®. Технология TSP-Link позволяет органично интегрировать несколько источников-измерителей серии 2600В

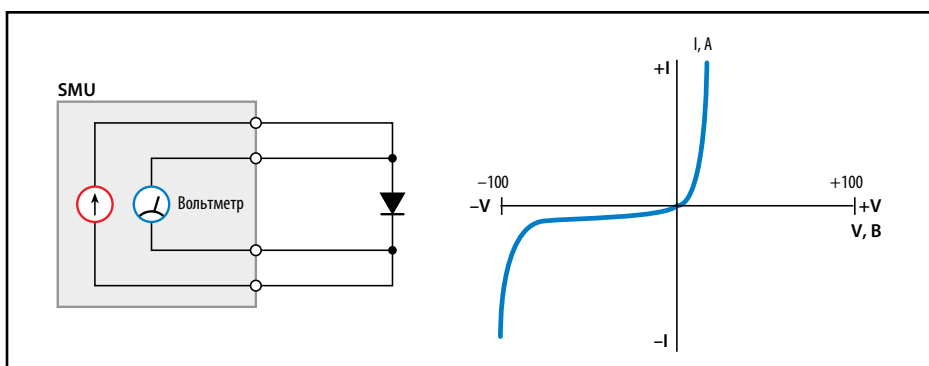


Рис. 5. Типовая вольтамперная характеристика диода

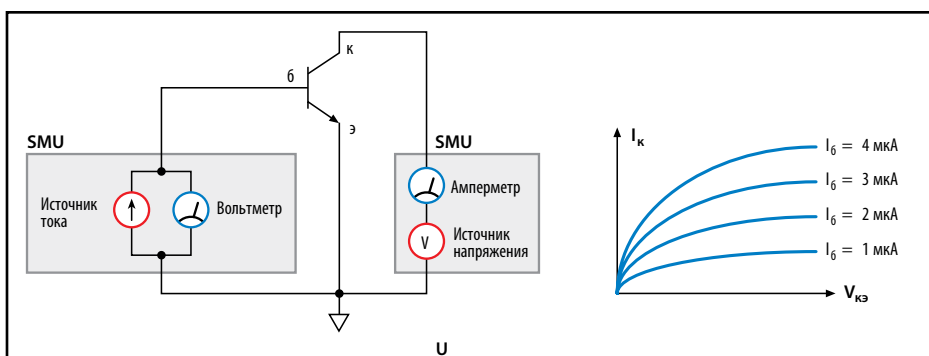


Рис. 6. Типовое семейство вольтамперных характеристик транзистора

в единую систему, программирование и управление которой можно осуществлять с помощью одного прибора, в качестве которого может выступать ведущий источник-измеритель серии 2600В или компьютер.

В третьем примере показана система для измерения характеристик полупроводниковых материалов и устройств модели 4200-SCS. Система содержит встроенный компьютер с операционной системой Windows® и накопитель большой емкости и является законченным решением для измерения характеристик полупроводниковых компонентов и структур по постоянному току. В систему может быть включено до девяти модулей SMU, она оснащена разнообразным программным обеспечением, совместимым с Windows и настолько простым в использовании даже для начинающего пользователя. Программное обеспечение, построенное по принципу «укажи и выбери», предоставляет полный набор необходимых функций, в том числе для управления тестированием, составления отчетов, автоматического программирования тестовой последовательности и создания пользовательских библиотек. Комплекс 4200-SCS является универсальным однокорпусным решением, обеспечивающим измерение тока с разрешением доли фемтоампера, графическое отображение результатов измерений и анализ данных в режиме реального времени. К достоинствам системы относится наличие драйверов для внешних приборов и зондовых станций, программных интерфейсов с популярным программным обеспечением для моделирования электрических цепей и средства испытаний на надежность на уровне подложки.

Функциональное высокоскоростное тестирование на основе измерения тока и напряжения

Источники-измерители Keithley обеспечивают максимальную производительность в условиях производства. Каждый источник-измеритель обеспечивает высокоскоростные измерения, он оснащен компаратором «тест пройден/тест не пройден», программатором тестовой последовательности и цифровыми входами/выходами для управления манипуляторами (рис. 9). Может быть выполнено тестирование на соответствие одному или нескольким параметрам широкого спектра компонентов, таких как сетевые устройства, защитные приспособления цепей, активные дискретные элементы и датчики. Встроенный компаратор «тест пройден/тест не пройден» упрощает проведение высокоскоростного тестирования на соответствие, позволяя избежать задержек, обусловленных взаимодействием с компьютером через шину GPIB. Результаты сохраняются в буферной памяти, что также позволяет избежать указанных задержек.

Нужно больше выводов для тестирования?

Новая технология TSP-Link служит высокоскоростным интерфейсом для расширения системы. Она позволяет включить практически неограниченное число источников-измерителей серии 2600В в конфигурации ведущий/ведомый (рис. 10). Программирование и управление всеми подключенными источниками-измерителями серии 2600В может осуществляться с помощью ведущего прибора.

Вид развертки

Задаваемые параметры


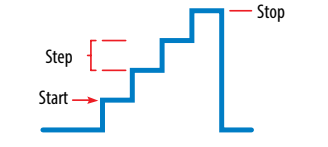

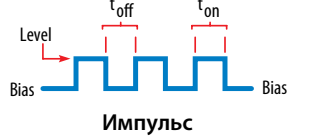

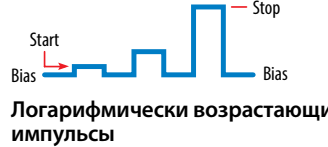
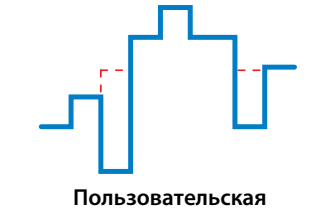
 <p>Фиксированный уровень</p>	<p>LEVEL, COUNT (number of DELAY-MEASURE cycles), DELAY, BIAS</p>	<p>Развертка с фиксированным уровнем обеспечивает один уровень напряжения и тока на протяжении нескольких измерений при подаче смещения или для нагрузочных испытаний.</p>
 <p>Ступени одинаковой высоты</p>	<p>START, STOP, STEP, DELAY, BIAS</p>	<p>Линейная ступенчатая развертка проходит от начального уровня до конечного уровня ступенями одинаковой высоты.</p>
 <p>Ступени с логарифмически увеличивающейся высотой</p>	<p>START, STOP, POINTS/DECADE (5, 10, 25, or 50), DELAY, BIAS</p>	<p>Логарифмическая ступенчатая развертка аналогична линейной ступенчатой развертке, однако имеет логарифмический масштаб с заданным числом ступеней на декаду.</p>
 <p>Импульс</p>	<p>LEVEL, COUNT, t_{on}, t_{off}, BIAS</p>	<p>Импульсная развертка значительно снижает мощность, рассеиваемую устройством, поэтому практически исключается влияние температуры (дрейф, отказы устройства и т. п.).</p>
 <p>Линейно возрастающие импульсы</p>	<p>START, STOP, STEP, t_{on}, t_{off}, BIAS</p>	<p>Импульсная развертка значительно снижает мощность, рассеиваемую устройством, поэтому практически исключается влияние температуры (дрейф, отказы устройства и т. п.).</p>
 <p>Логарифмически возрастающие импульсы</p>	<p>START, STOP, POINTS/DECADE (5, 10, 25, or 50), t_{on}, t_{off}, BIAS</p>	<p>Импульсная развертка значительно снижает мощность, рассеиваемую устройством, поэтому практически исключается влияние температуры (дрейф, отказы устройства и т. п.).</p>
 <p>Пользовательская</p>	<p>Пользовательские развертки дают возможность запрограммировать индивидуальные ступени и создать форму сигнала</p>	<p>Пользовательский режим позволяет сформировать специальные виды развертки, указав число точек измерения и уровень тока или напряжения источника для каждой точки.</p>

Рис. 7. Различные виды развертки, обеспечиваемые источниками-измерителями

Техническая информация (продолжение)

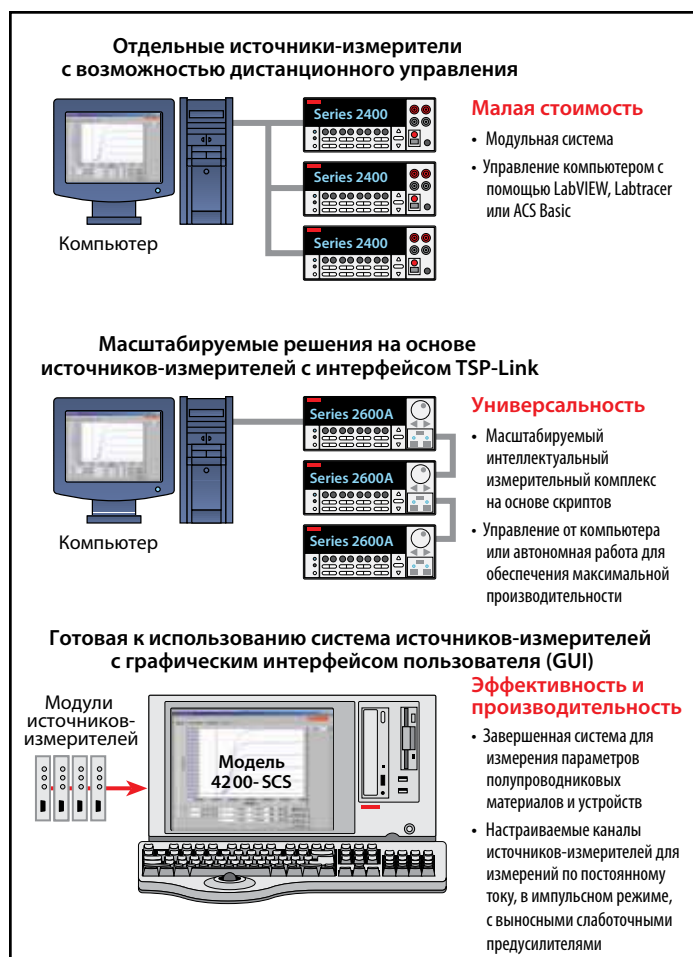


Рис. 8. Примеры технических решений для измерения параметров по току и напряжению

Технология TSP-Link позволяет легко увеличивать или уменьшать число измерительных каналов в системе в соответствии с требованиями решаемой задачи.

Для синхронизации нескольких источников-измерителей серии 2400 могут использоваться триггерные линии.

Возможность проведения параллельного тестирования

Источники-измерители серии 2600В позволяют выполнять полноценное параллельное тестирование. Каждый источник-измеритель 2600В в составе системы может выполнять собственные тестовые последовательности, что позволяет одновременно тестировать столько устройств, сколько моделей 2600В содержится в системе. Возможность параллельного тестирования в сочетании с большим быстродействием каждого источника-измерителя (до 20 000 измерений/с) позволяет создавать системы с чрезвычайно высокой производительностью.

Современные средства автоматизации повышающие производительность

Технология TSP® в источниках-измерителях серии 2600В

Любые источники-измерители серии 2600В или построенные на их основе системы могут выполнять встроенные высокоскоростные сценарии тестирования, задаваемые в виде скриптов, благодаря технологии TSP (процессор сценариев тестирования). Тестовая последовательность обрабатывается и выполняется встроенным компьютером, а не внешним ПК. Это позволяет избежать задержек, вызванных перегрузкой интерфейсной шины GPIB (рис. 11). Использование тестовых скриптов позволяет получить 10-кратный прирост производительности по сравнению с компьютерными программами, управляющими теми же приборами через шину GPIB. Тестовые скрипты TSP можно загружать и запускать с передней панели или через интерфейс GPIB. Один тестовый сценарий, выполняющийся на источнике-измерителе серии 2600В (режим ведущего), может управлять всеми каналами и получать данные от любого прибора 2600В, подключенного к системе при помощи технологии TSP-Link.

Система, построенная с использованием источников-измерителей серии 2600В, может работать автономно как полнофункциональный автоматизированный измерительный комплекс для тестирования полупроводниковых устройств или компонентов. В этом случае ведущее устройство управляет входными воздействиями, измерениями, принятием решений о прохождении/непрохождении теста, выполнением тестовой последовательности, сортировкой по параметрам, взаимодействует с манипулятором для установки компонентов, зондовой станцией и другими внешними устройствами.

Система, построенная с использованием источников-измерителей серии 2600В, может работать автономно как полнофункциональный автоматизированный измерительный комплекс для тестирования полупроводниковых устройств или компонентов. В этом случае ведущее устройство управляет входными воздействиями, измерениями, принятием решений о прохождении/непрохождении теста, выполнением тестовой последовательности, сортировкой по параметрам, взаимодействует с манипулятором для установки компонентов, зондовой станцией и другими внешними устройствами.

Тестовые последовательности источников-измерителей серии 2400

Функция записи тестовой последовательности (Source-Memory List), имеющаяся в источниках-измерителях серии 2400, предназначена для тестирования в условиях производства. Она позволяет запрограммировать последовательность до 100 тестов. Каждый тест может содержать совершенно разные условия тестирования, измерения, математические операции, критерии прохождения/непрохождения и сортировки. Тесты выполняются последовательно, не требуя дополнительных внешних команд. Условное ветвление позволяет в зависимости от результатов перейти к различным пунктам тестовой последовательности.

Функция тестовой развертки (Source-Memory Sweep) позволяет сохранить в энергонезависимой памяти до 100 уникальных конфигураций источника и измерителя. Эта функция позволяет последовательно пройти набор команд и выполнить всю последовательность тестирования за один раз.

Цифровые входы и выходы

Цифровой обмен данными – это одно из основных требований к производственной системе тестирования для взаимодействия с манипуляторами, сортировочным оборудованием и пользовательской системой управления. Цифровые входы и выходы источников-измерителей также могут использоваться при взаимодействии с приборными комплексами для формирования и приема триггерных сигналов, для сбора данных. Использование триггерных сигналов обеспечивает высокую скорость и надежность измерений, не зависящие от типа используемой шины (модель 2401 не оснащена цифровыми входами и выходами).

Проверка контактов

Дополнительная функция проверки контактов позволяет избежать ошибок измерений и ложной отбраковки изделий благодаря использованию простой и быстрой проверки качества соединений с тестируемым устройством перед началом тестирования. Процедура проверки и уведомления, выполняемая этой функцией всего за 350 мкс (серия 2400) или за 1 мс (серия 2600В), позволяет убедиться в наличии хорошего контакта с устройством до подачи мощности к устройству, тем самым экономя время на его тестирование (рис. 12) (модель 2401 не может быть оснащена функцией проверки контактов).

Износ, повреждение, загрязнение, коррозия контактов, обрыв или поломка разъемов, отказы реле – вот только некоторые из неполадок, которые способна обнаружить эта функция при проверке разъемов, соединений и целостности измерительных цепей. При обнаружении плохого контакта эта функция позволяет отменить измерение, защищая тем самым тестируемое устройство. Предусмотрено три способа оповещения о неполадках.

Функция проверки контактов разработана для высокопроизводительных методов тестирования, использующих 4- или 6-проводную схему подключения. В источниках-измерителях серии 2400 для проверки качества контактов предусмотрено три пороговых значения (2 Ом, 13 Ом и 50 Ом). Если сопротивление при хорошем соединении в норме превышает 50 Ом, то для таких задач нельзя использовать встроенную функцию проверки контактов и следует рассмотреть возможность использования других методов. Приборы серии 2600В обеспечивают большую универсальность благодаря возможности программирования произвольных пороговых значений.

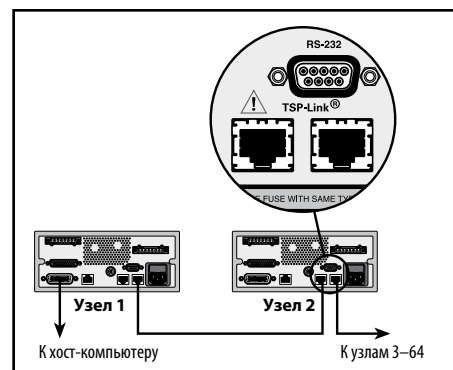
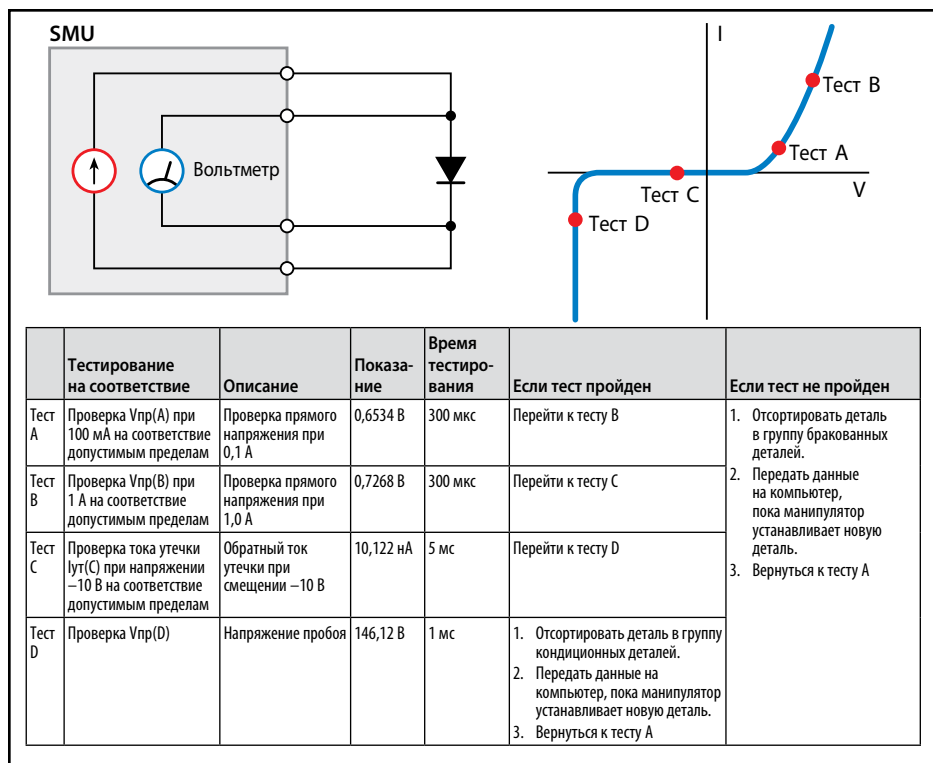


Рис. 10. Задняя панель приборов серии 2600В

Рис. 9. Функциональные типовые высокоскоростные испытания, использующие измерение параметров тока и напряжения



Рис. 11. Пример сценария тестирования для источника-измерителя серии 2600

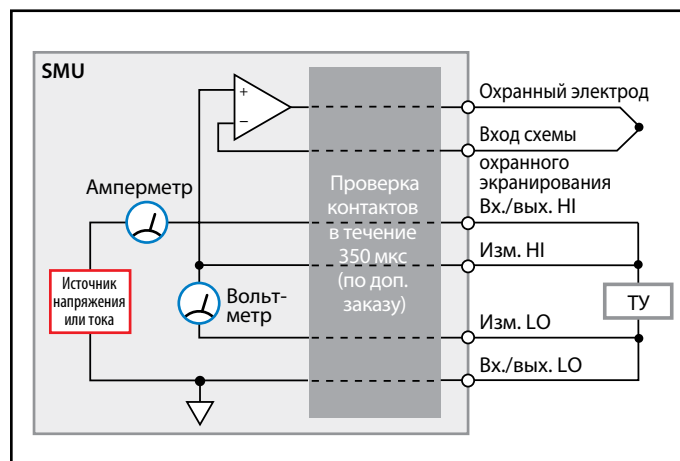


Рис. 12. Проверка качества контактов в источниках-измерителях серии 2400

Обозначения:
 Вх./вых. HI, LO – выходы источника тока и напряжения
 Изм. HI, LO – входы вольтметра
 ТУ – тестируемое устройство

Сравнительная таблица

МОДЕЛЬ	Настольные источники-измерители с выходной мощностью 20–100 Вт					Источники-измерители серии 2600В с выходной мощностью 20–100 Вт
	2400, 2401, 2400-C 2400-LV	2410, 2410-C	2420, 2420-C	2425, 2425-C	2440, 2440-C	2601B, 2602B
Страница	23	23	23	23	23	20
ВЫХОДНАЯ МОЩНОСТЬ	22 Вт	22 Вт	66 Вт	110 Вт	55 Вт	40,4 Вт/канал
ВЫХОДНОЙ ТОК						
Мин. (значение по умолчанию)	±10 пА	±10 пА	±100 пА	±100 пА	±100 пА	±1 пА
Макс.	±1,05 А	±1,05 А	±3,15 А	±3,15 А	±5,25 А	±3,03 А пост. и в импульсе/±10 А в импульсе на канал
ВЫХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ						
Мин. (значение по умолчанию)	±1 мкВ	±1 мкВ	±1 мкВ	±1 мкВ	±1 мкВ	±1 мкВ
Макс.	±21/±210 В ²	±1100 В	±63 В	±105 В	±42 В	± 40,4 В/канал
ДИАПАЗОН СОПРОТИВЛЕНИЙ	от < 0,2 Ом до > 200 МОм	от < 0,2 Ом до > 200 МОм	от < 0,2 Ом до > 200 МОм	от < 0,2 Ом до > 200 МОм	от < 2,0 Ом до > 200 МОм	
ОСНОВНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ						
По току	0,035%	0,035%	0,035%	0,035%	0,035%	0,02%
По напряжению	0,015%	0,015%	0,015%	0,015%	0,015%	0,015%
По сопротивлению	0,06%	0,07%	0,06%	0,06%	0,06%	
КРАТКИЙ ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ФУНКЦИЙ						
Импульсный режим	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Линейная/логарифмическая/пользовательская развертка	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Встроенная исполняемая программа	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Возможность встроенного программирования скриптами	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Проверка контактов	Дополнительно	Дополнительно	Дополнительно	Дополнительно	Дополнительно	Да
Выбираемые входы на передней и задней панелях	Да	Да	Да	Да	Да	Только на задней
Разъемы	Типа «банан»	Типа «банан»	Типа «банан»	Типа «банан»	Типа «банан»	Винтовые клеммы, переходники для разъемов «банан» и (или) триаксиальный
Проверка пределов	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Возможность переключения выходного импеданса	Да	Да	Да	Да	Да	Да
4-проводная схема подключения	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Внутренняя обратная связь в источниках тока и напряжения	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Система команд	SCPI	SCPI	SCPI	SCPI	SCPI	ICL
Программирование	IEEE-488, RS-232	IEEE-488, RS-232	IEEE-488, RS-232	IEEE-488, RS-232	IEEE-488, RS-232	Ethernet/LXI, IEEE-488, RS-232 со встроенной технологией TSP (процессор сценариев тестирования)
Память/буфер	5000 точек, буфер чтения 2500 точек	5000 точек, буфер чтения 2500 точек	5000 точек, буфер чтения 2500 точек	5000 точек, буфер чтения 2500 точек	5000 точек, буфер чтения 2500 точек	> 100 000 точек
Запуск	Trigger Link с 6 входами и выходами	Trigger Link с 6 входами и выходами	Trigger Link с 6 входами и выходами	Trigger Link с 6 входами и выходами	Trigger Link с 6 входами и выходами	14 цифровых триггерных входных и выходных линий, 3 триггерных линии TSP-Link
Охранный электрод	Сопротивление (при высоком токе) и кабель ³	Сопротивление (при высоком токе) и кабель	Сопротивление (при высоком токе) и кабель	Сопротивление (при высоком токе) и кабель	Сопротивление (при высоком токе) и кабель	Кабель
Цифровые входы и выходы	1 вход/4 выхода со встроенным интерфейсом для манипулятора компонентов (кроме модели 2401)	1 вход/4 выхода со встроенным интерфейсом для манипулятора компонентов	1 вход/4 выхода со встроенным интерфейсом для манипулятора компонентов	1 вход/4 выхода со встроенным интерфейсом для манипулятора компонентов	1 вход/4 выхода со встроенным интерфейсом для манипулятора компонентов	14 цифровых триггерных входных и выходных линий
Прочее	Разрешение 6,5 разрядов. Интерфейс Handler. Тестирование на совместимость длительностью 500 мкс. Проверка контактов по доп. заказу (кроме модели 2401)	Разрешение 6,5 разрядов. Интерфейс Handler. Тестирование на совместимость длительностью 500 мкс. Проверка контактов по доп. заказу	Разрешение 6, разрядов. Интерфейс Handler. Тестирование на совместимость длительностью 500 мкс. Проверка контактов по доп. заказу	Разрешение 6,5 разрядов. Интерфейс Handler. Тестирование на совместимость длительностью 500 мкс. Проверка контактов по доп. заказу	Разрешение 6,5 разрядов. Интерфейс Handler. Тестирование на совместимость длительностью 500 мкс. Проверка контактов по доп. заказу	Разрешение 6,5 разрядов. Возможность масштабирования до более чем 64 каналов с помощью технологии TSP-Link®. Встроенное программное обеспечение на основе веб-интерфейса для определения параметров
Соответствие стандартам	CE, UL	CE	CE	CE	CE	CE, UL

1. В импульсном режиме.
 2. Для моделей 2401 и 2400-LV макс. 21 В.
 3. Для измерения сопротивления при большом зондирующем токе и для внутреннего экрана триаксиального кабеля

КОМПЛЕКСЫ НА ОСНОВЕ ИСТОЧНИКОВ-ИЗМЕРИТЕЛЕЙ 20-1	Источники-измерители серии 2600В с выходной мощностью >200 Вт		Слаботочные источники-измерители мощностью 20 Вт		
2611В, 2612В	2430-С	2651В	2635В, 2636В	6430	237
8	8	8	8	8	8
30,3 Вт /канал	1100 Вт ¹	2000 Вт в импульсе/20 Вт пост. тока	30,3 Вт/канал	2 Вт	11 Вт
±1 пА	±100 пА	±1 пА	± фА	±10 аА	±100 фА
±1,5 А пост. и в импульсе/10 А в импульсе на канал	±10,5 А	±50 А (±100 А для двух модулей, включенных параллельно)	±1,5 А пост. и в импульсе/10 А в импульсе на канал	±105 мА	±100 мА
±1 мкВ	±1 мкВ	±1 мкВ	± 1 мкВ	±1 мкВ	±100 мкВ
±202 В	±105 В	±40 В (±80 В для двух модулей, включенных последовательно)	±202 В	±210 В	±1100 В
	от < 2,0 Ом до > 200 МОм		от < 2,0 Ом до > 200 МОм		
0,02%	0,035%	±0,02%	0,02%	0,035%	0,05%
0,015%	0,015%	±0,015%	0,015%	0,012%	0,03%
	0,06%		0,063%		
Да	Да	Да	Да	Нет	Да
Да	Да	Да	Да	Да	Да линейная/логарифмическая/импульсная/ступенчатая/пользовательская)
Да	Да	Да	Да	Да	Нет
Да	Нет	Да	Да	Нет	Нет
Да	Дополнительно	Да	Да	Нет	Нет
Только на задней	Да	Только на задней	Только на задней	На задней и на предусилителе	Только на задней
Винтовые клеммы, переходники для разъемов «банан» и (или) Triax	Типа «банан»	Винтовые клеммы, переходники для разъемов «банан» и (или) Triax	Винтовые клеммы, переходники для разъемов «банан»	Triax	Triax
Да	Да	Да	Да	Да	Нет
Да	Да	Да	Да	Да	Да
Да	Да	Да	Да	Да	Нет
ICL	SCPI	ICL	ICL	SCPI	DDC
Ethernet/LXI, IEEE-488, RS-232 со встроенной технологией TSP (процессор сценариев тестирования)	IEEE-488, RS-232	Ethernet/LXI, IEEE-488, RS-232 со встроенной технологией TSP (процессор сценариев тестирования)	Ethernet/LXI, IEEE-488, RS-232 со встроенной технологией TSP (процессор сценариев тестирования)	IEEE-488, RS-232	IEEE 488
> 100 000 отсчетов в буфере	5000 точек, буфер чтения 2500 точек	> 100 000 отсчетов в буфере	> 100 000 отсчетов в буфере	5000 точек, буфер чтения 2500 точек	1000 точек
14 входных и выходных триггерных линий, 3 триггерные линии TSP-Link	6 входных и выходных триггерных линий	14 входных и выходных триггерных линий, 3 триггерные линии TSP-Link	14 входных и выходных триггерных линий, 3 триггерные линии TSP-Link	6 входных и выходных триггерных линий	Вход/выход
Кабель	Сопrotивление (при высоком токе) и кабель	Кабель	Кабель	Сопrotивление (при высоком токе) и кабель	Кабель
14 цифровых и триггерных двунаправленных линий	1 входная и 4 выходных линии со встроенным интерфейсом с манипулятором компонентов (кроме модели 2401)	14 цифровых и триггерных двунаправленных линий	14 цифровых и триггерных двунаправленных линий	1 входная и 4 выходных линии со встроенным интерфейсом с манипулятором компонентов	Нет
разрешение 6,5 разрядов. Возможность расширения до более чем 64 каналов ea основе технологии TSP-Link®. Встроенное программное обеспечение на основе веб-интерфейса для измерения характеристик устройств	Разрешение 6,5 разрядов. Интерфейс с манипулятором компонентов. Время отбраковки компонентов 500 мкс. Автоматическое определение качества контактов по доп. заказу	Разрешение 6,5 разрядов. Сквaжность от 1 до 100. Время измерения до 1 мкс на точку	разрешение 6,5 разрядов. Возможность расширения до более чем 64 каналов ea основе технологии TSP-Link®. Встроенное программное обеспечение на основе веб-интерфейса для измерения характеристик устройств	Разрешение 6,5 разрядов. Интерфейс с манипулятором компонентов. Время отбраковки компонентов 500 мкс.	
CE, UL	CE	CE, UL	CE, UL	CE	CE



- Содержат в себе: программируемый источник напряжения, программируемый прецизионный источник тока, цифровой мультиметр, генератор сигналов произвольной формы, импульсный генератор напряжения и тока с функцией измерения, электронную нагрузку и контроллер запуска.
- Изделия указанной серии покрывают широкий динамический диапазон: от 1 фА до 50 А и от 1 мкВ до 200 В.
- скорость до 20 000 измерений в секунду позволяет сократить время тестирования и регистрировать переходные процессы в устройствах.

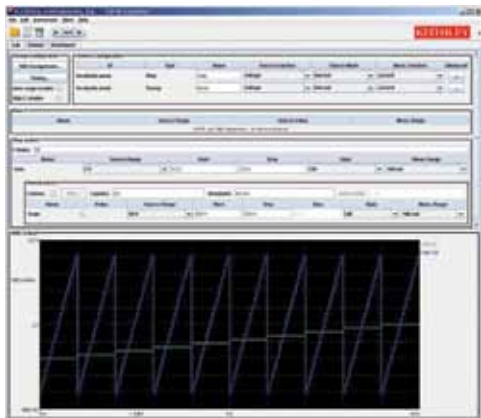
Программное обеспечение

- TSP® Express обеспечивает быстрое и удобное измерение тока и напряжения (встроенное ПО);
- ACS Basic Edition для измерения характеристик полупроводниковых компонентов (по дополнительному заказу).

Самые высокие в отрасли скорость тестирования и плотность размещения аппаратуры в стойке с возможностью быстрого увеличения числа измерительных каналов

Многоканальные комплексы для измерения тока и напряжения на основе источников-измерителей серии 2600B

Источники-измерители серии 2600B – это новейшие источники-измерители компании Keithley, которые могут применяться как в настольном исполнении, так и в качестве модулей для построения многоканальных систем. Реализованная в изделиях серии 2600B архитектура на основе встроенного процессора сценариев тестирования (TSP) в сочетании с возможностями проведения параллельного тестирования и точной синхронизации обеспечивают самую высокую в отрасли производительность и низкую стоимость тестирования. При настольном применении в источниках-измерителях серии 2600B устанавливается встроенное программное обеспечение TSP Express или дополнительно приобретаемые программные средства для измерения характеристик компонентов ACS Basic.



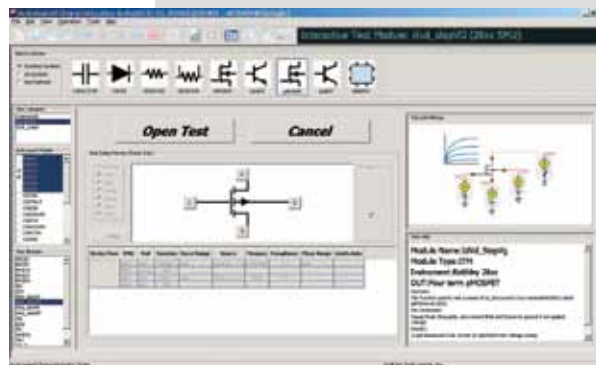
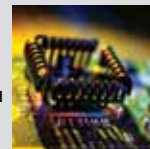
Программное обеспечение TSP Express позволяет быстро настраивать и выполнять основные и расширенные тесты для измерения характеристик устройств, в том числе: вложенные измерения в пошаговом режиме и в режиме развертки, с разверткой в импульсном режиме и задаваемой пользователем.

При необходимости быстрого сбора данных о корпусном тестируемом устройстве интерфейс дополнительно устанавливаемого программного обеспечения ACS Basic Edition с помощью мастера настройки позволяет легко найти и выполнить требуемый тест, например, показанный на рисунке типовой для полевого транзистора.

Типовые сферы применения

Функциональное тестирование, связанное с измерением тока и напряжения и снятием характеристик для широкого спектра устройств, в том числе:

- дискретных и пассивных компонентов;
- интегральных устройств, включая компоненты с низкой (SSI) и высокой (LSI) степенями интеграции;
- оптоэлектронных приборов, таких как светодиоды, лазерные диоды, сверхяркие светодиоды (HBLED), полупроводниковые лазеры с вертикальным резонатором и поверхностным излучением (VCSEL), дисплеи;
- испытания на надежность на уровне кристалла, например, тест температурной нестабильности отрицательного смещения (NBTI), зависящего от времени пробоя диэлектрика (TDDB), инъекции горячих носителей (HCI) и изучение электромиграции.



Краткие технические характеристики источников-измерителей серии 2600В

Поставляемые вместе с прибором принадлежности:

2600-ALC-2: малошумящий триаксиальный кабель (Triax) длиной 2 м (6,6 футов) с зажимами типа «крокодил» (с моделью 2636В поставляется два, с моделью 2635В – один такой кабель);
 2600-KIT: кабельный переходник с винтовыми клеммами, с фиксацией кабеля и крышкой (для моделей 2601В/2602В/2611В/2612В);
 CA-180-3A: кабель TSP-Link/Ethernet (по два для каждого источника-измерителя);
 программное обеспечение TSP Express (встроенное);
 программное обеспечение для создания сценариев тестирования Test Script Builder (поставляется на CD);
 программное обеспечение ACS Basic Edition (по дополнительному заказу).

Модели 2635В и 2636В

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ

ПОГРЕШНОСТЬ УСТАНОВКИ НАПРЯЖЕНИЯ¹

Диапазон	Разрешение программирования	Точность (в течение 1 года) 23 °C ± 5 °C ±(% от показаний + напряжение в вольтах)	Типовое значение шума (амплитуда) 0,1–10 Гц
200,000 мВ	5 мкВ	0,02% + 375 мкВ	20 мкВ
2,00000 В	50 мкВ	0,02% + 600 мкВ	50 мкВ
20,0000 В	500 мкВ	0,02% + 5 мВ	300 мкВ
200,000 В	5 мВ	0,02% + 50 мВ	2 мВ

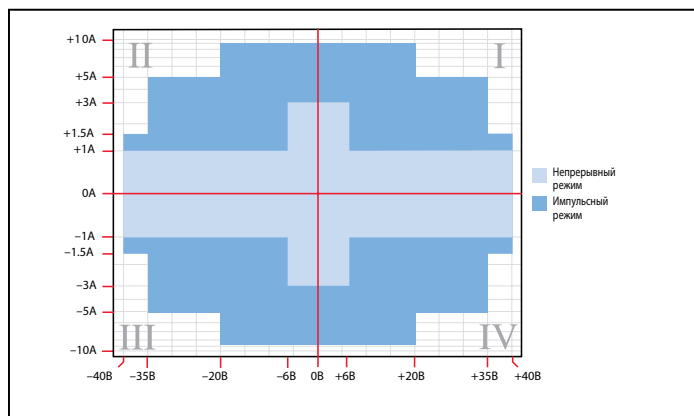
ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКА ТОКА

ПОГРЕШНОСТЬ УСТАНОВКИ ТОКА

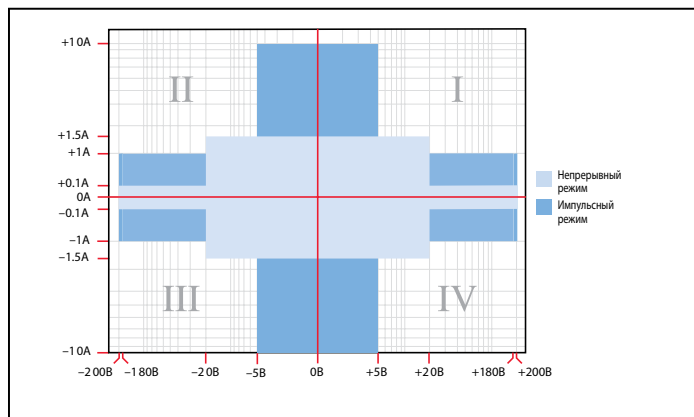
Диапазон	Разрешение программирования	Точность (в течение 1 года) 23 °C ± 5 °C ±(% показаний + ток в амперах)	Типовое значение шума (амплитуда) 0,1–10 Гц
1,00000 нА	20 фА	0,15% + 2 пА	800 фА
10,0000 нА	200 фА	0,15% + 5 пА	2 пА
100,000 нА	2 пА	0,06% + 50 пА	5 пА
1,00000 мкА	20 пА	0,03% + 700 пА	25 пА
10,0000 мкА	200 пА	0,03% + 5 нА	60 пА
100,000 мкА	2 нА	0,03% + 60 нА	3 нА
1,00000 мА	20 нА	0,03% + 300 нА	6 нА
10,0000 мА	200 нА	0,03% + 6 мкА	200 нА
100,000 мА	2 мкА	0,03% + 30 мкА	600 нА
1,00000 А ⁵	20 мкА	0,05% + 1,8 мА	70 мкА
1,50000 А ⁵	50 мкА	0,06% + 4 мА	150 мкА
10,0000 А ^{5,6}	200 мкА	0,5% + 4 мА (тип.)	

ПРИМЕЧАНИЯ

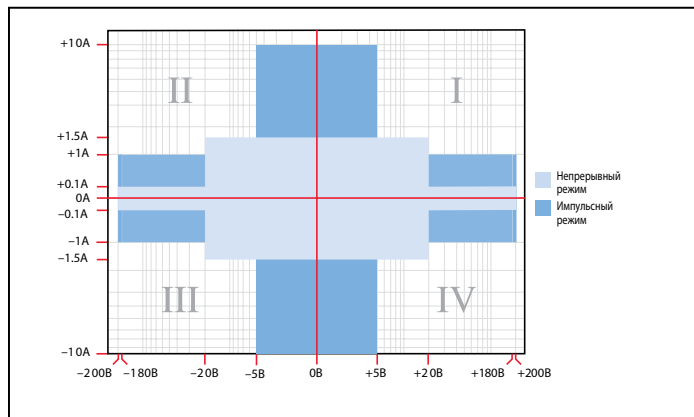
1. К указанной погрешности источника следует добавить падение напряжения на проводнике с высоким потенциалом (ИИ), составляющее 50 мкВ на вольт.
2. Погрешность для режима нагрузки с высокой емкостью справедлива только при температуре 23 °C ± 5 °C.
3. Работа в режиме источника питания с полной мощностью, не зависящей от нагрузки, обеспечивается при температуре окружающей среды не более 30 °C. Дополнительная информация о снижении мощности при температуре свыше 30 °C и (или) в режиме электронной нагрузки приведена в разделе «Эксплуатационные пределы» справочного руководства Reference Manual для источников-измерителей серии 2600В.
4. Для работы в режиме электронной нагрузки (квадранты II и IV) к соответствующему пределу погрешности по току следует добавить 0,06% от верхнего предела диапазона. Технические характеристики применимы для режима электронной нагрузки.
5. Работа в режиме источника питания с полной мощностью, не зависящей от нагрузки, обеспечивается при температуре окружающей среды не более 30 °C. Дополнительная информация о снижении мощности при температуре свыше 30 °C и (или) в режиме электронной нагрузки приведена в разделе «Эксплуатационные пределы» справочного руководства Reference Manual для источников-измерителей серии 2600В.
6. Работа в диапазоне 10 А возможна только в импульсном режиме.



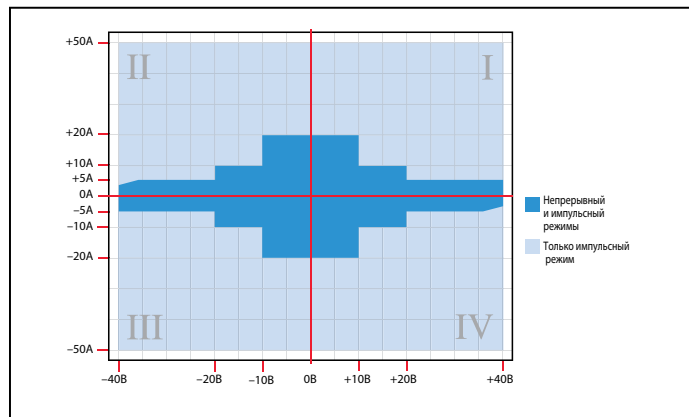
Нагрузочная способность по напряжению и току моделей 2601В и 2602В



Нагрузочная способность по напряжению и току моделей 2611В и 2612В



Нагрузочная способность по напряжению и току моделей 2635В и 2636В



Нагрузочная способность по напряжению и току модели 2651В

Краткие технические характеристики источников-измерителей серии 2600В (продолжение)

Модели 2635В и 2636В

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ^{16, 17}

Диапазон	Разрешение дисплея по умолчанию ¹⁸	Входное сопротивление	Точность (в течение 1 года) 23 °C ± 5 °C ±(% от показаний + напряжение в вольтах)
200,000 мВ	1 мкВ	> 1014 Ом	0,015% + 225 мкВ
2,00000 В	10 мкВ	> 1014 Ом	0,02% + 350 мкВ
20,0000 В	100 мкВ	> 1014 Ом	0,015% + 5 мВ
200,000 В	1 мВ	> 1014 Ом	0,015% + 50 мВ

ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА¹⁷

Диапазон	Разрешение дисплея по умолчанию ²⁰	Падение напряжения ²¹	Точность (в течение 1 года) 23 °C ± 5 °C ±(% показаний + ток в амперах)
100,00 пА ^{22, 23}	1 фА	< 1 мВ	0,15% + 120 фА
1,00000 нА ^{22, 24}	10 фА	< 1 мВ	0,15% + 240 фА
10,0000 нА	100 фА	< 1 мВ	0,15 + 3 пА
100,000 нА	1 пА	< 1 мВ	0,06% + 40 пА
1,00000 мкА	10 пА	< 1 мВ	0,25% + 400 пА
10,0000 мкА	100 пА	< 1 мВ	0,025% + 1,5 нА
100,000 мкА	1 нА	< 1 мВ	0,02% + 25 нА
1,00000 mA	10 нА	< 1 мВ	0,02% + 200 нА
10,0000 mA	100 нА	< 1 мВ	0,02% + 2,5 мкА
100,000 mA	1 мкА	< 1 мВ	0,02% + 20 мкА
1,00000 A	10 мкА	< 1 мВ	0,03% + 1,5 mA
1,50000 A	10 мкА	< 1 мВ	0,05% + 3,5 mA
10,0000 A ²⁵	100 мкА	< 1 мВ	0,4% + 25 mA

ПРИМЕЧАНИЯ

- К указанной погрешности источника следует добавить падение напряжения на проводнике с высоким потенциалом (НИ), составляющее 50 мВ на вольт.
 - Величину погрешности измерения при NPLC < 1 следует увеличить путем добавления к основной погрешности соответствующей дополнительной погрешности (см. табл. ниже). Значению NPLC=1 соответствует время усреднения, равное периоду частоты промышленной сети (20 мс для частоты 50 Гц).
- | Значение NPLC | Диапазон 200 мВ | Диапазон 2–200 В | Диапазон 100 нА | Диапазон 1 мкА – 100 mA | Диапазон 1–1,5 A |
|---------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------------|------------------|
| 0,1 | 0,01% | 0,01% | 0,01% | 0,01% | 0,01% |
| 0,01 | 0,08% | 0,07% | 0,1% | 0,05% | 0,05% |
| 0,001 | 0,8% | 0,6% | 1% | 0,5% | 1,1% |
- Применимо при в одноканальном режиме измерений.
 - Погрешность для режима нагрузки с высокой емкостью справедлива только при температуре 23 °C ± 5 °C. Применимо при работе в одноканальном режиме измерений
 - Только для четырехпроводной схемы измерения и в режиме измерения тока. При этом для измерения напряжения выбран диапазон 200 мВ или 2 В.
 - NPLC=10, 11-точечный медианный фильтр, диапазон не более 200 В, измерения выполнены в течение 1 часа после обнуления. 23 °C ± 1 °C
 - В нормальных условиях: ±(0,15% + 750 фА).
 - В нормальных условиях: ±(0,15% + 1 пА).
 - Работа в диапазоне 10 А возможна только в импульсном режиме.

ПОЛНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛЕЙ 2635В И 2636В, А ТАКЖЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛЕЙ 2601В, 2602В, 2611В И 2612В МОЖНО НАЙТИ НА ВЕБ-САЙТЕ КОМПАНИИ KEITHLEY www.keithley.ru ИЛИ В ПОЛНОМ КАТАЛОГЕ ИЗДЕЛИЙ КОМПАНИИ KEITHLEY.

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

IEEE 488: совместим с IEEE-488.1. Поддержка основных команд и топологии диаграммы состояний IEEE-488.2.

RS-232: базовая скорость от 300 бит/с до 115 200 бит/с. Программно задаваемое число информационных бит, тип контроля четности и способ управления потоком данных (аппаратное RTS/CTS или без управления). Если источник-измеритель не запрограммирован в качестве активного хоста, он может использовать интерфейс RS-232 для управления другими приборами.

ETHERNET: разъем RJ-45, LXI Class C, 10/100BT, без автоматического определения MDIX.

ИНТЕРФЕЙС РАСШИРЕНИЯ: интерфейс расширения TSP-Link позволяет синхронизировать приборы, использующие технологию TSP, и организовать обмен данными между ними.

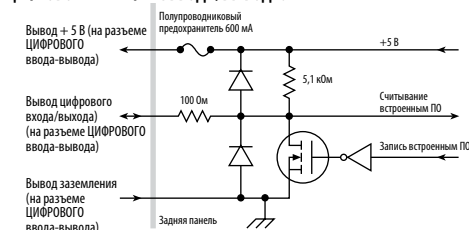
Тип кабеля: кросс-кабель LAN категории не ниже 5е.

Длина: не более 3 м между любыми двумя приборами, использующими технологию TSP.

СОВМЕСТИМОСТЬ С LXI: LXI Class C 1.2.

ВРЕМЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ LXI: общее время реакции выходного триггера: мин. 245 мкс; тип. 280 мкс; макс. – не нормировано. Задержка принимаемого события LAN [0–7]: нет данных. Задержка формируемого события LAN [0–7]: нет данных.

ЦИФРОВОЙ ИНТЕРФЕЙС ВВОДА/ВЫВОДА:



Разъем: 25-штырьковая розетка типа D.

Выходы: 14 линий ввода/вывода с открытым стоком.

Максимальное входное напряжение: 5,25 В.

Минимальное выходное напряжение: –0,25 В.

Максимальное входное напряжение низкого логического уровня: 0,7 В, макс. +850 мкА.

Минимальное входное напряжение высокого логического уровня: 2,1 В, +570 мкА.

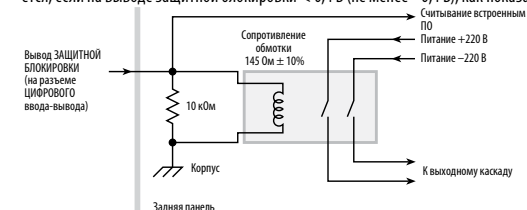
Максимальный ток источника (с линии цифрового ввода/вывода): +960 мкА.

Максимальный входной ток при максимальном напряжении низкого логического уровня (0,7 В): –5,0 мА.

Максимальный входной ток (линии цифрового ввода/вывода): –11 мА.

Выход 5 В источника питания: ограничен значением 600 мА, защищен твердотельным предохранителем.

Выход защитной блокировки: активный высокий уровень. Для обеспечения работы в диапазоне 200 В к этому выводу должно быть приложено внешнее напряжение > 3,4 В при токе 24 мА (не более 6 В). Этот вывод подтягивается к корпусу через резистор 10 кОм. Работа в диапазоне 200 В блокируется, если на выводе защитной блокировки < 0,4 В (не менее –0,4 В), как показано на рисунке ниже.



USB: хост-контроллер USB 1.0 (для внешнего флеш-накопителя).

ПИТАНИЕ: от 100 до 250 В, 50–60 Гц (автоопределение), макс. 240 В.

ОХЛАЖДЕНИЕ: воздушное принудительное. Забор воздуха сбоку, выпуск через заднюю панель. При установке в стойку с одной стороны прибора не должно быть препятствий.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ: в соответствии с Директивой Европейского союза 2004/108/EEC, EN 61326-1.

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ: в соответствии с Директивой Европейского союза 73/23/EEC, EN 61010-1 и UL 61010-1.

РАЗМЕРЫ: (высота x ширина x глубина) 89 мм x 213 мм x 460 мм (3-1/2 x 8-3/8 x 17-1/2 дюйма).

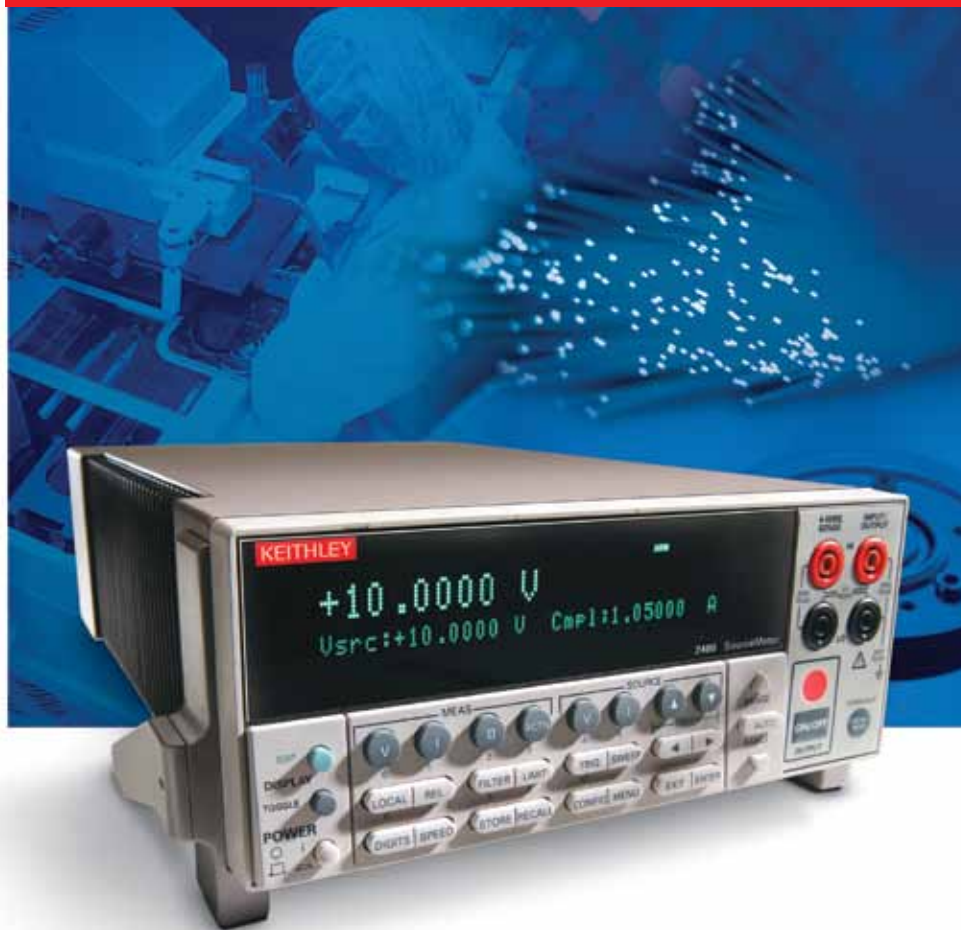
Настольное исполнение (с ручкой для переноски и ножками): (высота x ширина x глубина) 104 x 238 x 460 мм.

МАССА: 2635В: 4,75 кг; 2636В: 5,50 кг;

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ: только для использования в помещении. Высота над уровнем моря: не более 2000 метров.

Рабочий диапазон температур: 0–50 °C, отн. влажность 70% при 35 °C. В диапазоне температур 35–50 °C допустима отн. влажность снижается на 3% на градус.

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



- 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).

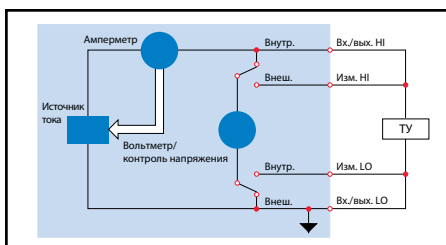
Широчайший динамический диапазон по току и напряжению для задач высокоскоростного автоматизированного промышленного тестирования и для лабораторного применения

Источники-измерители серии 2400

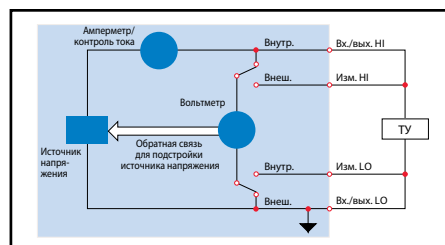
Серия 2400 источников-измерителей специально предназначена для задач тестирования, требующих точного взаимодействия источников и измерителей тока и напряжения. Каждая модель данной серии содержит прецизионные высокостабильные маломощные источники постоянного тока и напряжения с обратной связью и маломощный 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

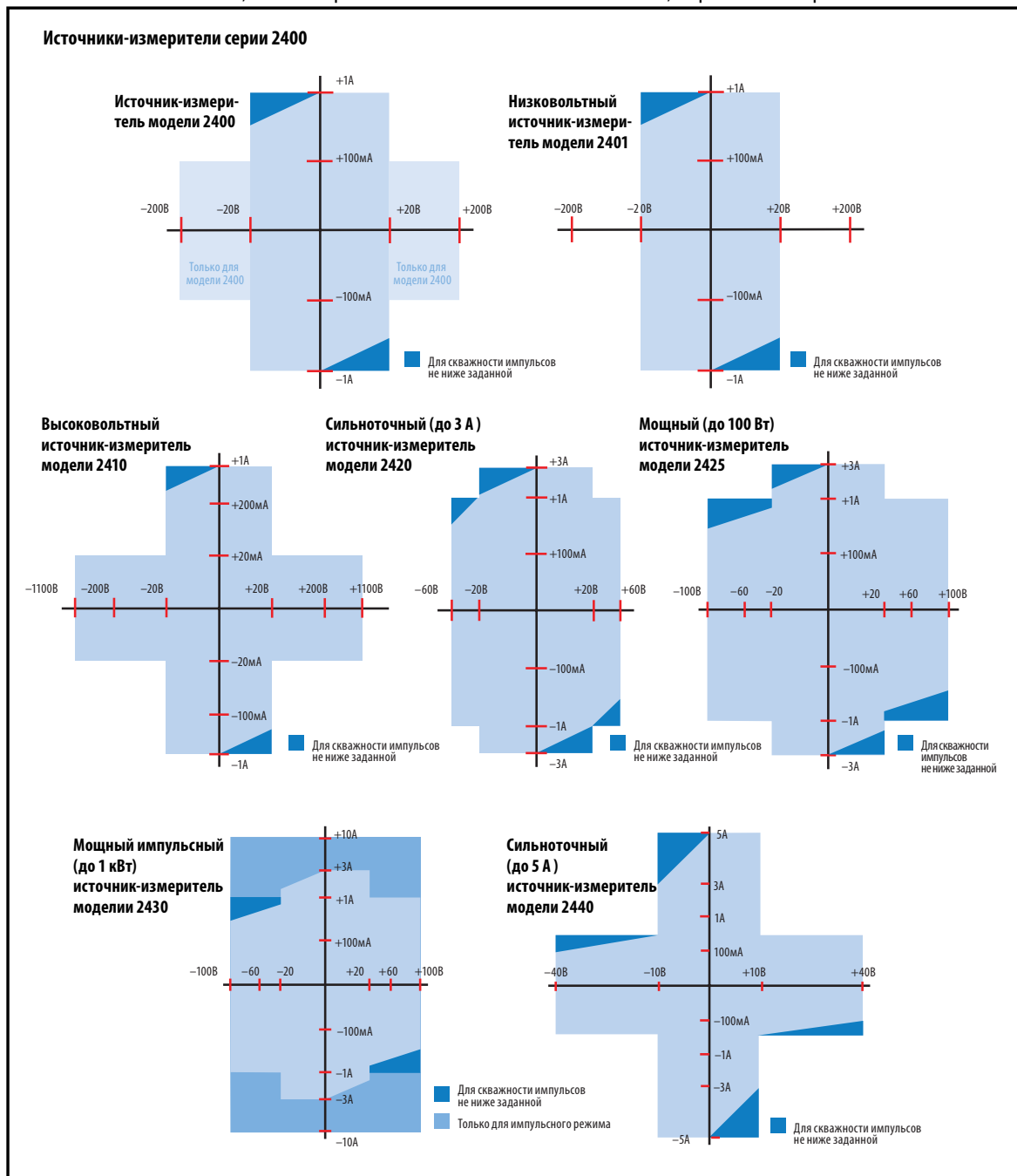
Все приборы SourceMeter серии 2400 обеспечивают работу в четырех квадрантах диаграммы ток-напряжение. В первом и третьем квадрантах они работают как источники, отдавая мощность в нагрузку. Во втором и четвертом квадрантах они работают как электронная нагрузка, рассеивая внутри себя мощность внешних источников.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



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

ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПЯЖЕНИЯ: 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% (типичное 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 автоматическом 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 диапазонаточка от 10 мкА до 100 мА).

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

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

ПОГРЕШНОСТЬ КОНТРОЛЯ НАПЯЖЕНИЯ 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 НАПЯЖЕНИЯ: 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 нА	0,035% + 600 нА	10 нА	0,029% + 300 нА	±1,05 А при ±21 В ±105 мА при ±210 В
	10,0000 мкА	500 нА	0,033% + 2 нА	100 нА	0,027% + 700 нА	
	100,000 мкА	5 нА	0,031% + 20 нА	1 нА	0,025% + 6 нА	
	1,00000 mA	50 нА	0,034% + 200 нА	10 нА	0,027% + 60 нА	
	10,0000 mA	500 нА	0,045% + 2 мкА	100 нА	0,035% + 600 нА	
	100,000 mA	5 мкА	0,066% + 20 мкА	1 мкА	0,055% + 6 мкА	
1,00000 A	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 НАПЯЖЕНИЯ: пороговое значение для обеих полярностей задается одним значением. Мин. значение 0,1% от диапазона.

АМПЛИТУДА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА: бросок не более < 0,1%, типичное 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 «С»)

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	ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ (0–18 °C и 28–50 °C): ± 0,15 x основная погрешность)/°C.
< 0,20000 Ом	–	–	(погрешность источника тока) + (погрешность вольтметра)	(погрешность источника тока) + (погрешность вольтметра)	РЕЖИМ ИСТОЧНИКА ТОКА И ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ В РУЧНОМ РЕЖИМЕ: общая погрешность = погрешность источника тока + погрешность измерения напряжения (четырёхпроводная схема подключения). РЕЖИМ ИСТОЧНИКА НАПЯЖЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ В РУЧНОМ РЕЖИМЕ: общая погрешность = погрешность источника напряжения + погрешность измерения тока (четырёхпроводная схема подключения). 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.
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)	

Краткие технические характеристики источников-измерителей серии 2400 (продолжение)

Быстродействие

РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ¹

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 развертки³ для частоты 60 Гц (50 Гц).

Скорость	NPLC*/тип сигнала запуска	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	
		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]TRIGged <nrg> 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 СИНОФАЗНОГО СИГНАЛА: 250 В (40 в пост. для модели 2440)

СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ В РЕЖИМЕ СИНОФАЗНОГО СИГНАЛА: > 10⁹ 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: > 10¹⁰ 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).

ВНУТРЕННЯЯ 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.

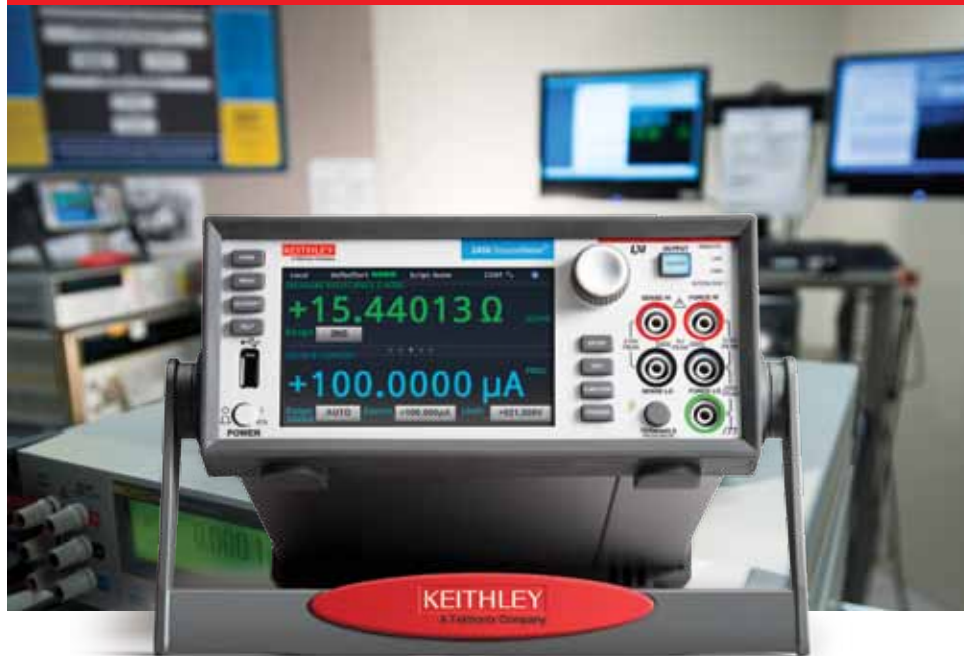
ВРЕМЯ ПРОГРЕВА: в течение одного часа для обеспечения номинальных погрешностей.

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 ручкой 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 °С, отн. влажность 70% при 35 °С. В диапазоне температур 35–50 °С допустимая отн. влажность снижается на 3% на градус.

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



- Интерактивный емкостной сенсорный экран обеспечивает превосходное восприятие отображаемой информации. Простое обучение, простое управление, быстрое получение ответов.
- Подача и измерение напряжения, тока и сопротивления в одном высокоинтегрированном приборе.
- Графический интерфейс предоставляет функции построения вольт-амперных характеристик при существенно меньших затратах, чем традиционные характериографы.
- Расширенные возможности работы с малыми напряжениями, токами и сопротивлениями повышают гибкость 2450, превращая его в источник-измеритель широкого применения.

Источники-измерители серии 2450

Удобный прибор, который пригодится каждому

Кем бы вы ни были – новичком, впервые столкнувшимся с источниками-измерителями (SMU), или опытным специалистом, использующим их долгие годы – модель 2450 решит проблемы, свойственные измерениям вольт-амперных характеристик (ВАХ). Графический сенсорный экран и простая структура меню обеспечивают простоту настройки и эксплуатации источника-измерителя. Вы можете быстро начать измерения, не теряя ценное время на листание инструкции в попытках выяснить, как пользоваться прибором. К тому же вам наверняка понравится гибкость и универсальность приложений, превращающая модель 2450 в идеальный прибор для функционального тестирования и измерения ВАХ широкого диапазона современных устройств в следующих областях:

- Полупроводниковые приборы
- Светодиоды
- Солнечные батареи
- Наноматериалы и наноустройства
- Графен
- Печатные и гибкие электронные устройства
- Аккумуляторы и другие электрохимические устройства
- Датчики
- Биотехнологии

Быстрее учиться, лучше работать, проще изобретать

Источник-измеритель 2450 представляет собой инновационное компактное решение для измерения вольт-амперных характеристик, которое предлагает возможности анализатора, характериографа и измерителя ВАХ гораздо дешевле этих специализированных приборов.

Все это в сочетании с традиционной точностью источников-измерителей Keithley позволяет модели 2450 справиться не только с современными проблемами, но и с теми, которые возникнут в будущем. Этот интегрированный прибор является надежным и доступным вложением средств. Благодаря интуитивно понятному интерфейсу пользователя, высоким характеристикам и гибкости, 2450 будет самым популярным прибором в вашей лаборатории, и сейчас, и много лет спустя.



Обширный набор инструментов, дополняющий сенсорный экран

Кнопка контекстной справки

5-дюймовый цветной графический сенсорный дисплей

Производительность, простота и удобство управления модели 2450 обусловлены не только сенсорным экраном. На ее передней панели есть кнопка HELP (Справка), поворотная ручка навигации/управления, кнопка выбора переднего/заднего входа и гнезда для разъемов типа «банан», к которым подключается исследуемое устройство. Порт USB 2.0 облегчает сохранение результатов измерений и настроек прибора, а также загрузку сценариев испытаний и обновление программного обеспечения.



Порт USB 2.0

Поворотная ручка навигации/управления

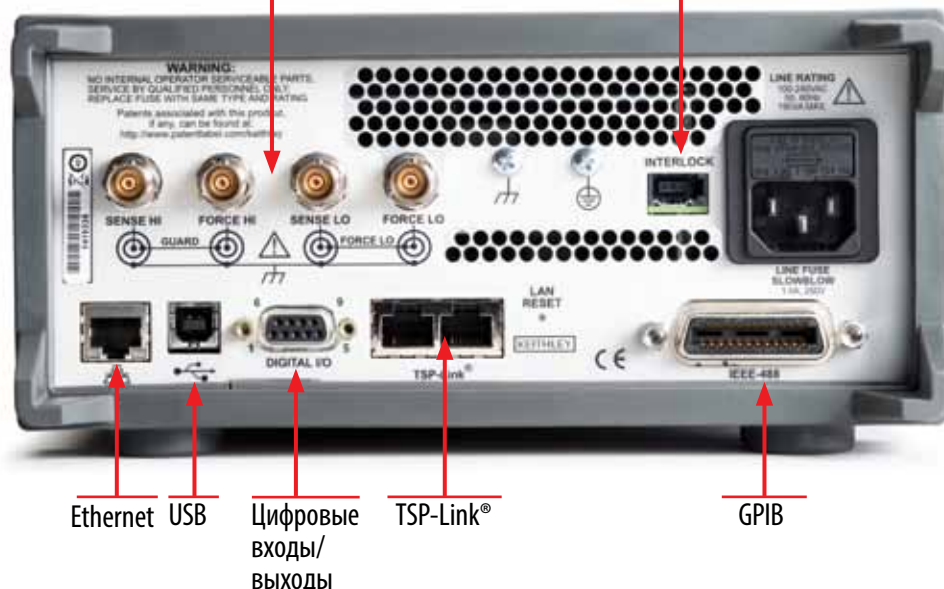
Селектор переднего/заднего входа

Разнообразие встроенных интерфейсов экономит деньги

Триаксиальные входы

Межприборное соединение

Модель 2450 оптимизирована на обеспечение целостности сигнала – на ее задней панели расположены триаксиальные разъемы, необходимые для работы в составе системы и для измерения сигналов малого уровня, что избавляет от расходов на дополнительные преобразователи. Технология TSP-Link® упрощает объединение нескольких приборов в одну измерительную систему. Наличие интерфейсов Ethernet/LXI, USB и GPIB позволяет снизить общие затраты на измерительное оборудование.



Ethernet

USB

Цифровые входы/выходы

TSP-Link®

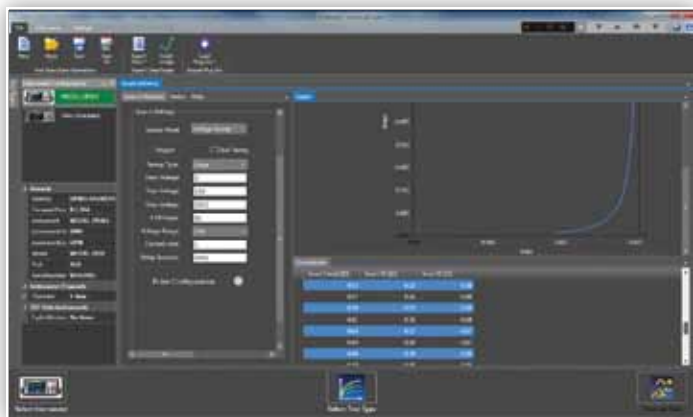
GPIB

Проверенная точность и производительность

Модель 2450 создана на основе хорошо зарекомендовавших себя источников-измерителей Keithley 2400 и представляет собой гибкий четырехквadrантный источник тока и напряжения в сочетании с прецизионными вольтметрами и амперметрами. Этот представитель четвертого поколения источников-измерителей Keithley предлагает превосходную точность, разрешение и надежность, которые полностью соответствуют тому, что вы ожидаете получить от источников-измерителей компании Keithley.

Повышенная чувствительность позволяет обойтись без дорогих приборов для измерения малых токов и напряжений

- Меньшие диапазоны измерения тока и напряжения (100 нА, 10 нА и 20 мВ)
- В два раза меньший широкополосный шум – идеально подходит для тестирования устройств нового поколения
- Экономия средств и широкая сфера применения за счет высочайшей гибкости



Измерительное ПО Kickstart позволяет и новичку, и опытному специалисту начать измерения в считанные минуты без какого-либо программирования.

Программные средства, максимально повышающие производительность

Модель 2450 можно использовать с различными программными средствами для создания автоматизированных испытательных систем или для быстрого тестирования и измерения характеристик прототипов в исследовательских лабораториях.

Испытательные сценарии **Keithley Test Script Builder** позволяют создавать, изменять, отлаживать и сохранять специальные сценарии тестирования, а затем загружать их из ПК в 2450 и сохранять в энергонезависимой памяти. Кроме того, сценарии можно загружать в модель 2450 с помощью флэш-накопителя через USB порт на передней панели.

Управление приборами без программирования

Новое измерительное и управляющее программное обеспечение Keithley позволяют быстро настраивать и выполнять измерения ВАРХ, а затем выводить результаты в виде таблиц и графиков без какого-либо программирования. Измерительное ПО Kickstart может легко сохранять данные на диск и затем экспортировать их в программную среду для дальнейшего комплексного анализа.

Непревзойденная гибкость программирования и системная интеграция

- Технология «Процессора сценариев тестирования» (TSP®) исполняет законченные испытательные программы без участия самого прибора, позволяет расширять число каналов без шасси и поддерживает параллельное исполнение тестов.
- Стандартный режим программирования SCPI позволяет оптимизировать возможности прибора
- Режим 2400 SCPI обеспечивает обратную совместимость и поддержку имеющегося ПО для модели 2400

Интегрированная среда разработки

Для разработки приложений в режиме TSP поддерживается работа модели 2450 с бесплатным программным инструментом, который упрощает создание мощных сценариев тестирования для программирования специальных испытательных функций. ПО для создания

Краткие технические характеристики

Параметры напряжения

Диапазон	Разрешение	Источник		Измеритель		
		Погрешность (23° ±5°C), 1 год ±(% уст. знач. + вольты)	Шум (ср.кв.) (<10 кГц)	Разрешение	Входное сопротивление	Погрешность (23° ±5°C), 1 год ±(% показаний + вольты)
20,00000 мВ	500 нВ	0,100% + 200 мкВ	1 мкВ	10 нВ	>10 ГОм	0,100% + 150 мкВ
200,0000 мВ	5 мкВ	0,015% + 200 мкВ	1 мкВ	100 нВ	>10 ГОм	0,012% + 200 мкВ
2,000000 В	50 мкВ	0,020% + 300 мкВ	10 мкВ	1 мкВ	>10 ГОм	0,012% + 300 мкВ
20,00000 В	500 мкВ	0,015% + 2.4 мВ	100 мкВ	10 мкВ	>10 ГОм	0,015% + 1 мВ
200,0000 В	5 мВ	0,015% + 24 мВ	1 мВ	100 мкВ	>10 ГОм	0,015% + 10 мВ

Параметры тока

Диапазон	Разрешение	Источник		Измеритель		
		Погрешность (23° ±5°C), 1 год ±(% уст. знач. + амперы)	Шум (ср.кв.) (<10 кГц)	Разрешение	Падение напряжения	Погрешность (23° ±5°C), 1 год ±(% показаний + амперы)
10,00000 нА	500 фА	0,100% + 100 пА	500 фА	10 фА	<100 мкВ	0,10% + 50 пА
100,0000 нА	5 пА	0,060% + 150 пА	500 фА	100 фА	<100 мкВ	0,060% + 100 пА
1,000000 мкА	50 пА	0,025% + 400 пА	5 пА	1 пА	<100 мкВ	0,025% + 300 пА
10,00000 мкА	500 пА	0,025% + 1.5 нА	40 пА	10 пА	<100 мкВ	0,025% + 700 пА
100,0000 мкА	5 нА	0,020% + 15 нА	400 пА	100 пА	<100 мкВ	0,02% + 6 нА
1,000000 мА	50 нА	0,020% + 150 нА	5 нА	1 нА	<100 мкВ	0,02% + 60 нА
10,00000 мА	500 нА	0,020% + 1.5 мкА	40 нА	10 нА	<100 мкВ	0,02% + 600 нА
100,0000 мА	5 мкА	0,025% + 15 мкА	100 нА	100 нА	<100 мкВ	0,025% + 6 мкА
1,000000 А	50 мкА	0,067% + 900 мкА	3 мкА	1 мкА	<100 мкВ	0,03% + 500 мкА

- Поддержка интерфейсов LXI, USB2.0, GPIB, LAN, TSP-Link® и цифрового интерфейса ввода/вывода
- Дополнительная информация, полные технические характеристики, рекомендации по применению, программное обеспечение, видеоролики, ознакомительные туры и другую информацию можно найти на сайте www.keithley.com

Информация для заказа

- 2450:** источник-измеритель, 200 В, 1 А, 20 Вт
- 2450-NFP:** источник-измеритель, 200 В, 1 А, 20 Вт, без передней панели
- 2450-RACK:** источник-измеритель, 200 В, 1 А, 20 Вт, без ручки
- 2450-NFP-RACK:** источник-измеритель, 200 В, 1 А, 20 Вт, без передней панели и без ручки

Прилагаемые принадлежности

- 8608:** высококачественные измерительные кабели
- USB-B-1:** USB-кабель, тип А - тип В, 1 м
- CS-1616-3:** разъем для защитной блокировки между приборами
- CA-180-3A:** кабель TSP-Link®/Ethernet
- Компакт-диск с документацией**
- Краткое руководство на 2450**
- Test Script Builder:** программное обеспечение (на компакт-диске)
- KickStart Startup:** программное обеспечение (на компакт-диске)
- LabVIEW® и IVI:** драйверы (доступны на сайте www.keithley.com)

Рекомендуемые услуги

- 2450-3Y-EW:** продление срока гарантии с 1 года до 3 лет с даты поставки
- 2450-5Y-EW:** продление срока гарантии с 1 года до 5 лет с даты поставки

Калибровка в соответствии со стандартом ISO 17025