

Keysight Technologies

Измерители пиковой
и средней мощности
с шиной USB серии U2020X

Технические
характеристики



Содержание

Повышение производительности испытаний на производстве.....	03
Технические характеристики	07
Технические характеристики измерителей мощности с шиной USB серии U2020X	08
Ошибка измеренного времени нарастания в зависимости от времени нарастания измеряемого сигнала.....	09
Видеополоса.....	09
Нелинейность измерения мощности	09
Выход регистратора и видеовыход	10
Пиковая неравномерность характеристики.....	10
Влияние установки видеополосы	11
Влияние временного стробирования на шум измерения.....	11
Погрешность калибровки	11
Максимальный КСВН	11
Характеристики шкалы времени и запуска.....	12
Общие характеристики	13
Эксплуатационные характеристики.....	13
Использование измерителей мощности серии U2020X совместно с ПО BenchVue	14
Системные и аппаратные требования.....	15
Приложение А.....	16
Пример расчета.....	17
Графический пример	18
Информация для заказа	19

Повышение производительности испытаний на производстве



Ускорьте темпы производства с помощью измерителей пиковой и средней мощности U2020 серии X с шиной USB. Данные измерители мощности обладают высокими техническими характеристиками, а также всеми функциями, необходимыми для решения большинства прикладных задач, связанных с измерением мощности в процессе исследований, разработок и производства. Благодаря высокой скорости измерений – более 25000 отсчетов в секунду – они позволяют ускорить проведение испытаний продукции и снизить их общую стоимость. Измерители мощности серии U2020X представлены двумя моделями: U2021XA (от 50 МГц до 18 ГГц) и U2022XA (от 50 МГц до 40 ГГц). Измеряйте пиковую мощность с помощью компактных, портативных измерителей мощности с шиной USB серии U2020X компании Keysight.



Точные измерения СКЗ уровней мощности

Измерители мощности серии U2020X имеют широкую видеополосу (30 МГц) и максимальную частоту дискретизации при непрерывном сборе данных 80 Мвыб/с, что обеспечивает точные и повторяющиеся результаты измерения СКЗ уровней мощности. Благодаря широкому диапазону частот (до 50 ГГц), широкому динамическому диапазону и обширным измерительным возможностям, измерители мощности серии U2020X являются оптимальным решением для аэрокосмической и оборонной отраслей, а также в области систем беспроводной связи (LTE, WCDMA, GSM) и беспроводной передачи данных (WLAN).

Широкий динамический диапазон измерений пиковой мощности

Динамический диапазон измерителей мощности серии U2020X от – 30 до + 20 дБм при измерении пиковой мощности позволяет выполнять высокоточные измерения и анализ слабых сигналов для широкого круга задач в аэрокосмической и оборонной отраслях промышленности, в системах беспроводной связи.

Внутренняя установка нуля и калибровка

Функция внутренней установки нуля и калибровки позволяет сэкономить время и уменьшить погрешность измерений. Каждый измеритель мощности серии U2020X имеет встроенный опорный источник постоянного тока и схемы коммутации, с помощью которых установка нуля и калибровка измерителя мощности выполняются при подключении измерителя к испытуемому устройству (ИУ). Данная возможность исключает необходимость многократного подключения измерителя к внешнему калиброванному источнику и отключения от него, позволяя значительно повысить скорость проведения испытаний и снизить износ соединителей.

Интегрированная функция установки нуля и калибровки особенно важна в условиях производства и при автоматизированных испытаниях, где каждая секунда и каждое подключение на счету.

Встроенные соединители входа и выхода сигнала запуска

Функция внешнего запуска обеспечивает запуск даже при слабых сигналах, близких к уровню шумового порога. Измерители мощности серии U2020X поставляются со встроенными соединителями входа и выхода сигнала запуска. Это позволяет подавать сигнал запуска от внешнего источника или непосредственно подключать испытуемое устройство к измерителю мощности с шиной USB с помощью стандартного кабеля. Измерители мощности серии U2020X поставляются со встроенными соединителями входа и выхода сигнала запуска. Это позволяет подавать сигнал запуска от внешнего источника или непосредственно подключать испытуемое устройство к измерителю мощности с шиной USB с помощью стандартного кабеля, обеспечивающего переход от соединителя типа BNC к соединителю типа SMB. Кроме того, измерители мощности оснащены выходом регистратора и видеовыходом.

Компактная портативная конструкция

Измерители мощности серии U2020X являются автономными устройствами, не требующими для своей работы настольного измерителя мощности или внешнего источника питания. Они получают питание через порт USB и не требуют дополнительных модулей запуска. Это делает их портативными и лёгкими, что важно для работы в полевых условиях, в частности при испытании базовых станций. Просто подключите измеритель мощности к порту USB вашего персонального компьютера (ПК) или планшета и приступайте к измерениям мощности.

Измерители мощности серии U2020X поддерживаются ПО BenchVue и ПО BV0007B для управления измерителями и преобразователями мощности и автоматизации измерений. После подключения измерителя мощности к ПК и запуска соответствующего ПО вы сможете наблюдать результаты измерений в различных форматах отображения и регистрировать данные без необходимости какого-либо программирования.

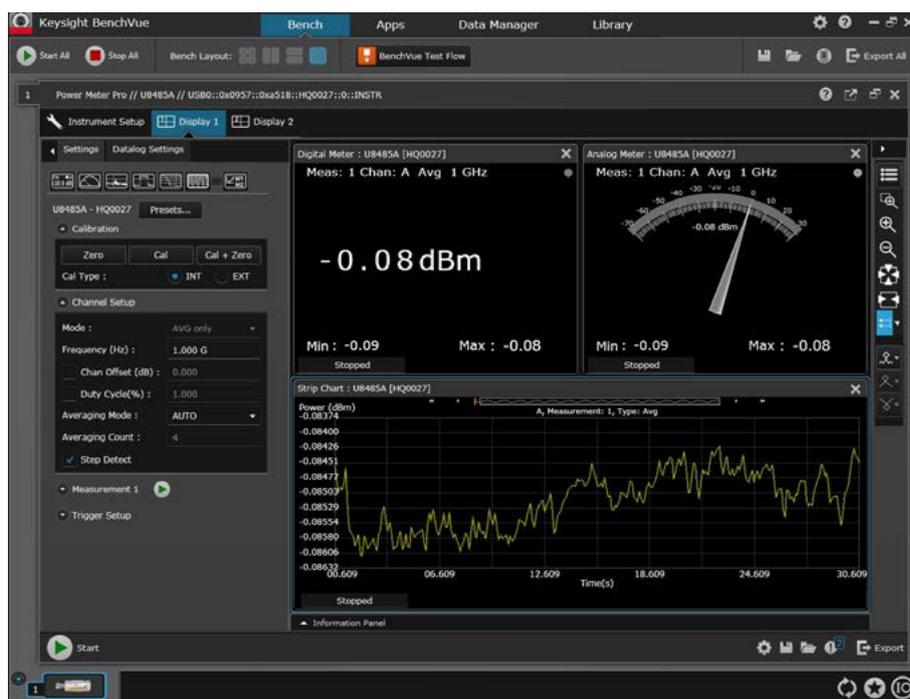
Более подробную информацию можно найти на странице www.keysight.com/find/BenchVue

Малое время нарастания/спада и широкая видеополоса

При разработке и производстве компонентов для радиолокационных систем важно точно измерять выходную мощность и временные параметры импульсов. Измерители мощности U2020X имеют видеополосу 30 МГц и время нарастания/спада ≤ 13 нс, обеспечивая высокие рабочие характеристики при измерении пиковой и средней мощности. Это техническое решение может использоваться в проведенных испытаний в диапазоне до 50 ГГц.

Встроенные предустановки для измерений в системах радиолокации и беспроводной передачи данных

Измерители мощности серии U2020X имеют встроенные предустановки для испытаний РЛС и беспроводных систем связи DME, GSM, EDGE, CDMA, WCDMA, WLAN, WiMAX™ и LTE.



Графики комплементарной интегральной функции распределения (CCDF)

Комплементарная интегральная функция распределения (CCDF) характеризует статистику распределения во времени высокой мощности сигнала с цифровой модуляцией. Эта функция показывает, какую часть времени мгновенная мощность сигнала соответствует данному уровню или превышает его. Измерители мощности серии U2020X поддерживают два типа графиков CCDF. Обычная графическая зависимость CCDF отображает статистику распределения мощности всего сигнала в режимах автоматического, внутреннего или внешнего запуска. В режиме стробирования CCDF может быть связана с интервалом стробирования, и статистическому анализу подвергается только сигнал в пределах области стробирования. CCDF в режиме стробирования применима только в режимах внутреннего и внешнего запуска.

Разработчики таких устройств, как усилители мощности, сравнивают графики CCDF сигнала на входе и выходе усилителя. Если устройство спроектировано правильно, эти графики будут перекрываться. Если усилитель создаёт компрессию сигнала, то отношение пиковой мощности сигнала к средней на выходе усилителя будет меньше. В этом случае разработчику следует расширить диапазон усилителя, чтобы обеспечить работу с высокой пиковой мощностью.



Дополнительные возможности измерителей мощности серии U2020X

Режим списка

Режим списка – это режим работы, при котором измеритель мощности можно запрограммировать для выполнения предварительно заданной последовательности измерительных операций и многократно исполнять её столько раз, сколько требуется. Этот режим лучше всего подходит для измерений со свипированием по мощности и частоте, для чего в обычных условиях перед каждым измерением требуется изменять параметры посредством соответствующих SCPI-команд. Связь между измерителем мощности и источником сигнала, реализуемая с использованием аппаратных средств синхронизации, обеспечивает максимально высокую скорость исполнения тестовой последовательности.

Режим списка позволяет задавать число измерений, количество и продолжительность канальных интервалов, начальную и конечную частоту свипирования, а также интервал исключения. Эта функция особенно полезна для ускорения измерений пакетов GSM/EDGE, использующих восемь канальных интервалов, кадров и подкадров LTE-TDD или WLAN.

Для получения более подробной информации обратитесь к примерам программирования, приведенным в руководстве по программированию измерителей мощности серии U2020X (U2020 X-Series Programming Guide).

Изменяемое время апертур

В режиме измерения средней мощности и при нормальной скорости измерений продолжительность временного интервала, используемого для измерения средней мощности сигнала, можно настроить установкой времени апертур в диапазоне от 125 мкс до 200 мс. Данная функция полезна при выполнении измерений параметров непрерывных (НГ) или шумоподобных модулированных сигналов, таких как LTE-FDD и WCDMA, поскольку в этих случаях обеспечивается возможность измерений, охватывающих по времени полные кадры или подкадры.

Уменьшение времени апертур ускоряет процесс измерений, но ухудшает отношение сигнал/шум для измеряемого сигнала. В то же время, увеличение времени апертур приводит к улучшению соотношения сигнал/шум для исследуемого сигнала, но при этом уменьшает пропускную способность измерительной системы.

Таблица 1. Время апертур

Скорость измерений	Время апертур по умолчанию	Возможность регулировки
NORMal	50 мс	Да
DOUble	26 мс	Нет
FAST	2 мс	Нет

Внешний запуск в режиме средней мощности

Измерители мощности серии U2020X также поддерживают внешний запуск в режиме измерений средней мощности. Внешний запуск можно использовать для синхронизации захвата данных измерения с сигнальным пакетом. Возможность настройки времени апертур и задержки запуска позволяет лучше определять измеряемую часть сигнала. Эта функция дополняет функцию временного стробирования в нормальном режиме (режиме измерения пиковой мощности), обеспечивая более широкий диапазон и более высокую скорость измерения мощности, но не позволяет строить графики.

Функция автоматического обнаружения пакетов

Функция автоматического обнаружения пакетов облегчает установку параметров измерений, мест расположения и длительности временных селекторов, а также параметров запуска для множества сложных модулированных сигналов посредством синхронизации с ВЧ-пакетами. После успешного завершения автомасштабирования такие параметры запуска, как уровень, задержка и удерживание запуска, автоматически настраиваются для обеспечения оптимального режима работы. Настройки графика также подбираются таким образом, чтобы отобразить измеряемый ВЧ-пакет точно по центру экрана.

Одновременные измерения параметров 20 импульсов

Измерители мощности серии U2020X способны одновременно измерять параметры 20 импульсов. За один цикл измерения можно одновременно проанализировать до 20 импульсов, что значительно упрощает и ускоряет измерение временных характеристик импульсов РЛС. При этом для каждого импульса могут быть измерены следующие параметры: длительность, период следования, коэффициент заполнения, интервал между импульсами, длительность положительного или отрицательного перепадов, время (относительно момента задержанного запуска). Измерители мощности серии U2020X также позволяют проводить автоматические измерения относительного спада вершины импульса (спада импульса) с помощью команды SCPI.

Сброс большого числа усреднений

При установке больших значений коэффициента усреднения любые быстрые настройки на амплитуду измеренного сигнала будут задерживаться из-за того, что усредняющий фильтр должен заполниться, прежде чем можно будет взять новый отсчёт при стабильном уровне мощности. Измерители мощности серии U2020X позволяют сбросить медленный фильтр после того, как будет выполнена окончательная настройка на амплитуду сигнала.

Гамма-коррекция

В идеальном случае при измерениях опорный импеданс измерителя мощности и импеданс ТУ должны быть равны значению опорного импеданса (Z0). Однако на практике так получается крайне редко. Рассогласование значений импеданса приводит к тому, что часть напряжения сигнала отражается, и это отражение в количественном виде характеризуется с помощью коэффициента отражения (гамма).

Используя функцию гамма-коррекции, пользователи могут просто ввести значение коэффициента отражения ТУ в измеритель мощности с помощью команды SCPI для коррекции рассогласования, что позволит повысить точность измерений.

Коррекция S-параметров

Элементы схемы измерений между измерителем мощности и ИУ представляют собой источники дополнительных погрешностей. Например, при испытаниях базовой станции между измерителем мощности и базовой станцией помещается мощный аттенуатор для снижения уровня выходной мощности, с тем чтобы он соответствовал измеряемому диапазону измерителя мощности.

S-параметры таких вспомогательных элементов схемы измерений могут быть получены с помощью векторного анализатора цепей (ВАЦ) в формате Touchstone и переданы в измеритель посредством SCPI-команд. Теперь такую ошибку можно скорректировать, используя функцию коррекции S-параметров, и результаты будут не хуже, чем в случае, когда измеритель подключен непосредственно ко входу ИУ.



Технические характеристики

Определения терминов, использованных при описании характеристик

При описании данного продукта использованы два типа характеристик:

- Гарантированные характеристики – это характеристики, на которые распространяется гарантия на прибор, и если не указано иное, они соответствуют указанным значениям в диапазоне температур от 0 до 55 °С. В перечень гарантированных характеристик входят и пределы погрешностей измерений, рассчитанные при доверительной вероятности 0,95.
- *Типовые характеристики – это характеристики, которые не являются гарантированными. Они описывают рабочие параметры продукта, которые полезно знать при использовании его по назначению.*

Типовые характеристики присущи для большинства образцов данного типа продукции. Во многих случаях они могут служить дополнением к гарантированным характеристиками. Типовые характеристики не подлежат проверке на всех приборах. Существует несколько разновидностей типовых характеристик, которые можно разделить на две группы.

Первая из них описывает свойства, общие для всех продуктов данной модели или опции. В качестве примеров характеристик, которые описывают свойства, можно привести массу и тип соединителя, например «N-тип 50 Ом». В данном примере масса продукта является приблизительным значением, импеданс входного соединителя 50 Ом – номинальным. Эти два термина наиболее широко используются при описании свойств продукта.

Вторая группа описывает среднестатистические показатели, присущие большинству продуктов данного типа. Они характеризуют ожидаемое поведение продуктов данного типа в большинстве случаев. Но при этом для каждого отдельно взятого продукта указанные показатели не гарантируются. Эти характеристики не учитывают погрешности измерений и приводятся с пометкой «типовые».

Условия эксплуатации

Измерители мощности обеспечивают характеристики, указанные в техническом описании, при следующих условиях:

- прибор был выдержан не менее двух часов при стабильной температуре в пределах рабочего диапазона температур и находился во включенном состоянии не менее 30 минут до начала измерений;
- имеется свидетельство о проверке/калибровке прибора с неистекшим сроком действия;
- прибор эксплуатируется в соответствии с инструкциями, приведенными в руководстве по эксплуатации.



Технические характеристики измерителей мощности серии U2020X с шиной USB

Основные характеристики		
Диапазон частот	U2021XA	от 50 МГц до 18 ГГц
	U2022XA	от 50 МГц до 40 ГГц / от 50 МГц до 50 ГГц (с опцией H50)
Диапазон измеряемых уровней мощности	Нормальный режим	от – 30 дБм до 20 дБм (от 50 МГц до менее 500 МГц)
		от – 35 дБм до 20 дБм (от 500 МГц до 40 ГГц)
	Режим измерений средней мощности ^{1, 2}	от – 35 дБм до 8 дБм (от более 40 ГГц до 50 ГГц)
Максимально допустимый уровень мощности входного сигнала	23 дБм (средняя мощность)	
	30 дБм (продолжительность воздействия менее 1 мкс) (пиковая мощность)	
Время нарастания/спада	≤ 13 нс ³	
Максимальная частота дискретизации	80 Мвыб/с, непрерывная дискретизация	
Видеополоса	≥ 30 МГц	
Ширина полосы частот при захвате однократных сигналов	≥ 30 МГц	
Минимальная длительность импульса	50 нс ⁴	
Погрешность измерений средней мощности ⁵	U2021XA	≤ ± 0.2 дБ или ± 4.5%
	U2022XA	≤ ± 0.3 дБ или ± 6.7%
Максимальная продолжительность захвата	1 с (с использованием децимации)	
	1,2 мс (при максимальной частоте дискретизации)	
Максимальная частота повторения импульсов	10 МГц (из расчета 8 выборок/период)	
Тип соединителя	U2021XA	N-тип (вилка)
	U2022XA	2,4 мм (вилка)

1. Функция внутренней установки нуля, выход запуска и видеовыход отключены в режиме измерения средней мощности (average only mode).
2. В режиме измерений средней мощности при первом использовании после включения существенных изменениях температурного режима или при долгом использовании целесообразно выполнять установку нуля. Следует убедиться, что измеритель мощности изолирован от источника ВЧ-сигнала при проведении внешней установки нуля в режиме измерения средней мощности.
3. Для частот ≥ 500 МГц. Применимо только при отключённом видеофильтре (video bandwidth Off). При продолжительности выборки менее 137,5 мкс следует добавить к указанному времени нарастания/спада еще 5 нс.
4. Под минимальной длительностью импульса в данном случае понимается рекомендуемое значение, при котором могут быть получены значимые и точные измерения мощности, но это не гарантируемый показатель.
5. Указанные пределы основной погрешности измерений актуальны для диапазона измеряемых уровней мощности от – 15 до + 20 дБм, а также применительно к типу измерителя: для U2021XA в диапазоне частот от 0,5 до 10 ГГц и максимального значения КСВН ИУ < 1,27; для U2022XA в диапазоне частот от 0,5 до 40 ГГц и максимального значения КСВН ИУ < 1,2. В режиме автоматического запуска коэффициент усреднения равен 32. Показатели точности для других условий измерений могут быть рассчитаны с использованием калькулятора погрешности, доступного по ссылке www.keysight.com/find/u2022xa.



Ошибка измеренного времени нарастания в зависимости от времени нарастания измеряемого сигнала

Указанный гарантированный показатель времени нарастания/спада ≤ 13 нс не означает, что измерители мощности U2021XA/22XA способны точно измерить форму сигнала с известным временем нарастания 13 нс. Измеренная величина времени нарастания/спада равно корню квадратному из суммы квадратов показателей времени нарастания/спада исследуемого сигнала (ИС) и времени нарастания системы (13 нс):

$$\text{Измеренное время нарастания} = \sqrt{(\text{время нарастания ИС})^2 + (\text{время нарастания системы})^2}.$$

$$\text{Погрешность (\%)} = \left(\frac{\text{измеренное время нарастания} - \text{время нарастания ИС}}{\text{время нарастания ИС}} \right) \times 100$$



Рисунок 1. Ошибка измеренного времени нарастания в зависимости от времени нарастания измеряемого сигнала

Нелинейность измерения мощности

Диапазон уровней мощности	Нелинейность при шаге 5 дБ (%)	
	25 °C	от 0 до 55 °C
от -20 дБм до -10 дБм	1,2	1,8
от -10 дБм до 15 дБм	1,2	1,2
от 15 дБм до 20 дБм	1,4	2,1

Видеополоса

При измерениях с помощью измерителей мощности U2021XA/22XA могут быть заданы следующие настройки видеополосы: широкая (High), средняя (Medium), узкая (Low) и «фильтр выключен» (Off). Значения ширины видеополосы, приведенные ниже, не означают ширину полосы на уровне 3 дБ, т.к. ширина видеополосы корректируется для оптимальной равномерности частотной характеристики (за исключением состояния «фильтр выключен»). Представление о равномерности характеристики можно получить, обратившись к рисунку 2 в подразделе «Пиковая неравномерность характеристики». В режиме с выключенным видеофильтром (Off) обеспечиваются гарантированные характеристики времени нарастания/спада, этот режим рекомендуется для минимизации выбросов на фронтах импульсных сигналов.

Установленная ширина видеополосы	Узкая: 5 МГц	Средняя: 15 МГц	Широкая: 30 МГц	Фильтр выключен
	< 500 МГц	< 93 нс	< 75 нс	< 73 нс
	≥ 500 МГц	< 82 нс	< 27 нс	< 13 нс ³
Выброс на фронте импульса ²	< 5%			

1. Приведенные значения соответствуют времени нарастания сигнала от уровня 10% до 90% и времени спада от 90% до 10%, при мощности импульсного сигнала 0 дБм.
2. Значение приведено для выброса относительно уровня установившейся мощности сигнала. Применимо для сигналов с временем нарастания ≥ 15 нс.
3. При продолжительности выборки менее 137,5 мкс следует добавить к указанному времени нарастания/спада еще 5 нс.



Выход регистратора и видеовыход

На выходе регистратора выводится напряжение, пропорциональное выбранному результату измерения мощности, которое обновляется со скоростью, соответствующей скорости измерений. Может быть применено масштабирование в диапазоне выходных величин от 0 до 1 В и импедансом 1 кОм.

На видеовыход напрямую выводится сигнал, протестированный сенсорным диодом без применения коррекции. Сигнал напряжения постоянного тока на видеовыходе пропорционален величине измеренной входной мощности. Напряжение постоянного тока можно подать на вход осциллографа для измерения временных параметров. Выходной импеданс видеовыхода равен 50 Ом, а уровень выходного сигнала примерно равен 500 мВ при уровне мощности НГ-сигнала 20 дБм. Выход сигнала запуска и выход регистратора/ видеовыход используют один и тот же порт; уровень сигнала составляет примерно 250 мВ при мощности 20 дБм.

Пиковая неравномерность характеристики

Пиковая неравномерность – это неравномерность измерения отношения пиковой мощности к средней в зависимости от частотного интервала между двумя равноамплитудными тонами входного РЧ-сигнала. На рисунке ниже показаны графики относительной неравномерности измерения отношения пиковой мощности к средней при изменении частотного интервала между тонами. Измерения проводились при уровне сигнала –10 дБм.

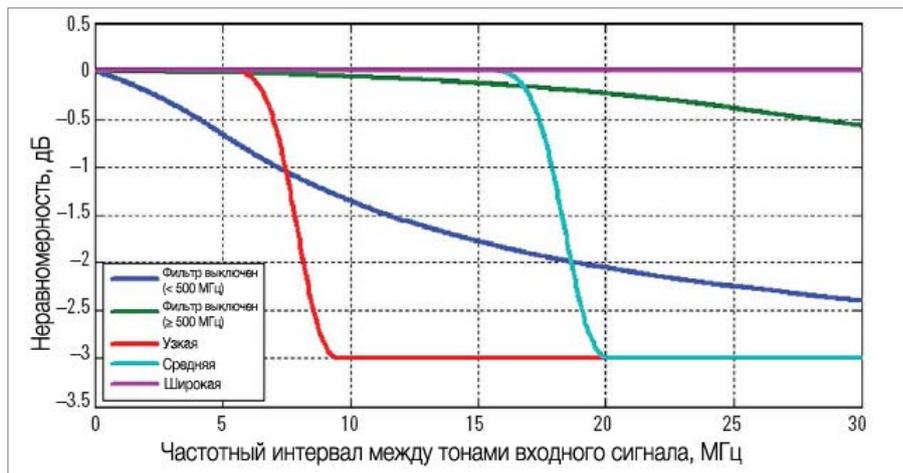


Рисунок 2. Неравномерность измерения отношения пиковой мощности к средней для измерителей U2021XA/22XA при двухтональном входном сигнале (для следующих установок видеополосы: широкая, средняя, узкая и "фильтр выключен").

Шум и дрейф		Установка нуля		Дрейф нуля ¹		Уровень шума на выборку		Шум измерений	
Режим	Обнуление	< 500 МГц	≥ 500 МГц	< 500 МГц	≥ 500 МГц	< 500 МГц	≥ 500 МГц		
Нормальный режим	РЧ-сигнал на входе отсутствует	± 200 нВт	± 200 нВт	± 100 нВт	± 3 мкВт	± 2,5 мкВт	± 100 нВт ² (авт. запуск)		
	РЧ-сигнал на входе присутствует	± 200 нВт	± 200 нВт						
Режим измерения средней мощности (Average only)	РЧ-сигнал на входе отсутствует	± 10 нВт	± 10 нВт	± 6 нВт	± 3 мкВт	± 2,5 мкВт	± 4 нВт ³		

Заданный коэффициент усреднения		1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024
Нормальный режим	Множитель шума, автомат. запуск	1,00	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4	0,3	0,25	0,2
Режим измерения средней мощности (Average only)	Множитель шума, нормальная скорость (NORMal)	4,25	2,84	2,15	1,52	1,00	0,78	0,71	0,52	0,5	0,47	0,42
	Множитель шума, удвоенная скорость	5,88	4,00	2,93	1,89	1,56	1,00	0,73	0,55	0,52	0,48	0,44

Установленная видеополоса		Узкая: 5 МГц		Средняя: 15 МГц		Широкая: 30 МГц		Фильтр выключен	
Множитель шума на одну выборку	< 500 МГц	0,6		1,3		2,7		1,00	
	≥ 500 МГц	0,55		0,65		0,8		1,00	

В режиме измерений средней мощности при времени апертуры ≥ 12 мс и коэффициенте усреднения 1 вклад шумов в результат измерений рассчитывается следующим образом:

- Мощность шума = $120 / (\text{время апертуры в мс})$, нВт.
- В режиме измерений средней мощности при времени апертуры < 12 мс и коэффициенте усреднения 1 вклад шумов в результат измерений составляет 50 нВт.
- Например, если время апертуры равно 50 мс и задан коэффициент усреднения 1, мощность шума = $120 / (50)$ нВт = 17 нВт.

1. Для измерителей мощности серии U2020X в течение 1 часа после установки нуля, при постоянной температуре и предварительном прогреве в течение 24 часов. Данный показатель можно игнорировать при включенном режиме автоматической установки нуля.
2. Для измерений на интервале времени 1 минута, при нормальной скорости, постоянной температуре, с вероятностью, соответствующей двум сигма, и коэффициенте усреднения 1.
3. Данный показатель проверялся при коэффициенте усреднения 16 для нормальной скорости измерений и при 32 для удвоенной.



Влияние установки видеополосы

Посредством установки соответствующих настроек ширины видеополосы (широкая, средняя и узкая) может быть снижен уровень шума на одну выборку. Если включено усреднение, то его влияние на результат измерений будет преобладать над эффектами изменения видеополосы.

Влияние временного стробирования на шум измерения

Шум измерения для стробированного измерения с усреднением вычисляется по величине шума на выборку, приведённого в технических характеристиках. Шум для любого конкретного строба равен $N_{\text{на выборку}} / \sqrt{\text{длительность строба} / 12,5 \text{ нс}}$. Улучшение пределов шума может быть достигнуто при установленном в спецификации уровне шума измерения 100 нВт.

Погрешность калибровки

Определение: погрешность, возникающая из-за нелинейности детектирования и процесса коррекции в измерителях мощности серии U2021XA/22XA. Она может рассматриваться как комбинация традиционной нелинейности, погрешности определения калибровочных коэффициентов и показателей температурного дрейфа, а также погрешностей, связанных с внутренними процедурами калибровки.

Максимальный КСВН

Полоса частот	U2021XA	U2022XA
от 50 МГц до 10 ГГц	1,2	1,2
от более 10 ГГц до 18 ГГц	1,26	1,26
от более 18 ГГц до 26,5 ГГц		1,3
от более 26,5 ГГц до 40 ГГц		1,5
от более 40 ГГц до 50 ГГц		1,7

Полоса частот	U2021XA	U2022XA
от 50 МГц до 500 МГц	4,2 %	4,3 %
от более 500 МГц до 1 ГГц	4,0 %	4,2 %
от более 1 ГГц до 10 ГГц	4,0 %	4,5 %
от более 10 ГГц до 18 ГГц	4,5 %	4,5 %
от более 18 ГГц до 26,5 ГГц		5,3 %
от более 26,5 ГГц до 40 ГГц		5,8 %
от более 40 ГГц до 47 ГГц (только до +8 дБм)		7 %
от более 47 ГГц до 50 ГГц (только до +8 дБм)		8 %

Примечание. Для диапазона измеряемых уровней мощности от +8 дБм до +20 дБм на частотах от более 40 ГГц до 50 ГГц типовая погрешность измерений мощности при комнатной температуре (23 °C ± 3 °C) составляет до 10 %.



Характеристики шкалы времени и запуска

Шкала времени	
Диапазон	от 2 нс до 100 мс/деление
Погрешность	$\pm 25 \times 10^{-6}$
Джиттер	≤ 1 нс
Запуск	
Внутренний запуск	
Пределы уровня запуска	от -20 до 20 дБм
Разрешение	0,1 дБ
Погрешность уровня	$\pm 0,5$ дБ
Время запаздывания ¹	300 нс \pm 12,5 нс
Джиттер	≤ 5 нс СКЗ
Вход внешнего ТТЛ-запуска	
Высокий уровень	$> 2,4$ В
Низкий уровень	$< 0,7$ В
Время запаздывания ²	212,5 нс \pm 12,5 нс
Минимальная длительность импульса запуска	15 нс
Минимальный период повторения импульсов запуска	50 нс
Максимальное напряжение входного сигнала запуска	5 В постоянного тока от источника сигналов с импедансом 50 Ом, установленного для разомкнутой нагрузки (EMF) (сила тока < 100 мА) или 5 В от источника сигналов с импедансом 50 Ом, установленного для разомкнутой нагрузки (EMF) (длит. импульса < 1 с, сила тока < 100 мА)
Импеданс	50 Ом, 100 кОм (по умолчанию)
Джиттер	$\leq 0,5$ нс СКЗ
Выход внешнего ТТЛ-запуска	
Запуск положительным перепадом события запуска	
Высокий уровень	$> 2,4$ В
Низкий уровень	$< 0,7$ В
Время запаздывания ³	50 нс \pm 12,5 нс
Импеданс	50 Ом
Джиттер	≤ 5 нс СКЗ
Задержка запуска	
Диапазон	$\pm 1,0$ с, максимум
Разрешение	1% от заданной задержки, 12,5 нс минимум
Удержание запуска	
Диапазон	от 1 мкс до 400 мс
Разрешение	1% от заданной задержки (12,5 нс минимум)
Гистерезис порогового уровня запуска	
Диапазон	± 3 дБ
Разрешение	0,05 дБ

1. Запаздывание внутреннего запуска определяется как задержка между моментом пересечения РЧ-сигналом уровня запуска и переключением измерителя мощности U2021XA/22XA в состояние запуска.
2. Запаздывание внешнего запуска определяется как задержка между моментом пересечения сигналом внешнего запуска уровня запуска и переключением измерителя мощности U2021XA/22XA в состояние запуска.
3. Запаздывание выхода внешнего запуска определяется как задержка между переключением U2021XA/22XA в состояние запуска и переключением выходного сигнала.



Общие характеристики

Входы/выходы	
Потребляемый ток	максимум 450 мА (приблизенно)
Выход регистратора	Аналоговый от 0 до 1 В, выходной импеданс 1 кОм, тип соединителя SMB
Видеовыход	от 0 до 1 В, выходной импеданс 50 Ом, тип соединителя SMB
Вход запуска	Входной сигнал имеет ТТЛ-совместимые логические уровни и использует соединитель SMB
Выход запуска	Выходной сигнал имеет ТТЛ-совместимые логические уровни и использует соединитель SMB
Дистанционное управление	
Интерфейсы	Интерфейс USB 2.0, соответствует стандартам USB-TMC
Язык команд управления	Стандартные SCPI-команды, драйверы IVI-COM, IVI-C и LabVIEW
Максимальная скорость измерений	
Измерения в режиме автоматического запуска	25 000 отсчетов в секунду ¹
Измерения в режиме внешнего запуска с временным стробированием	20 000 отсчетов в секунду ²

1. Протестировано в нормальном режиме (Normal) с использованием быстрой (FAST) скорости измерения; 100 запусков в режиме буферизации; вывод в двоичном формате; единицы измерения – ватты; функции автоматической установки нуля, автоматической калибровки и обнаружения перепада отключены.
2. Протестировано в нормальном режиме (Normal) с использованием быстрой (FAST) скорости измерения; 100 запусков в режиме буферизации; импульсный сигнал с частотой повторения 20 кГц и длительностью импульсов 15 мкс.

Эксплуатационные характеристики

Условия окружающей среды	
Температура	Рабочие условия: от 0 до 55 °C Условия хранения: от – 40 до 70 °C
Относительная влажность	Рабочие условия: 95 % (макс.) при 40 °C (без конденсации) Условия хранения: до 90 % при 65 °C (без конденсации)
Высота над уровнем моря	Рабочие условия: до 3000 м (9840 футов) Условия хранения: до 15420 м (50000 футов)
Соответствие нормативным документам	
Измерители мощности U2021XA/22XA с интерфейсом USB соответствуют требованиям следующих стандартов безопасности и электромагнитной совместимости (ЭМС):	IEC 61010-1:2001/EN 61010-1:2001 (2-я редакция)
	IEC 61326:2002/EN 61326:1997 +A1:1998 +A2:2001 +A3:2003
	Канада: ICES-001:2004
	Австралия/Новая Зеландия: AS/NZS CISPR11:2004
	Сертифицированы по ЭМС (KC Mark) для Южной Кореи на соответствие требованиям RRA 2011-17
Габаритные размеры (Длина × Ширина × Высота)	140 мм × 45 мм × 35 мм
Масса	Без упаковки: ≤ 0,25 кг
	В упаковке: 1,4 кг
Возможности подключения	
USB 2,0, могут быть использованы с кабелями следующей длины (выбираются при заказе измерителей мощности):	1,5 м (опция 301)
	3 м (опция 302)
	5 м (опция 305)
Рекомендуемый межкалибровочный интервал	1 год



Использование измерителей мощности серии U2020X совместно с ПО BenchVue

ПО BenchVue компании Keysight сокращает время, требуемое на выполнение измерений, предоставляя интуитивно понятный интерфейс для управления широким перечнем различных измерительных приборов и обработки результатов измерений на внешнем ПК, исключая необходимость ручного программирования. Вы можете управлять своими измерительными приборами, получая быстрый отклик на управляющие воздействия, с легкостью просматривая результаты измерений в различных форматах и осуществляя захват и сохранение данных в различных форматах, в том числе в виде снимков экрана.

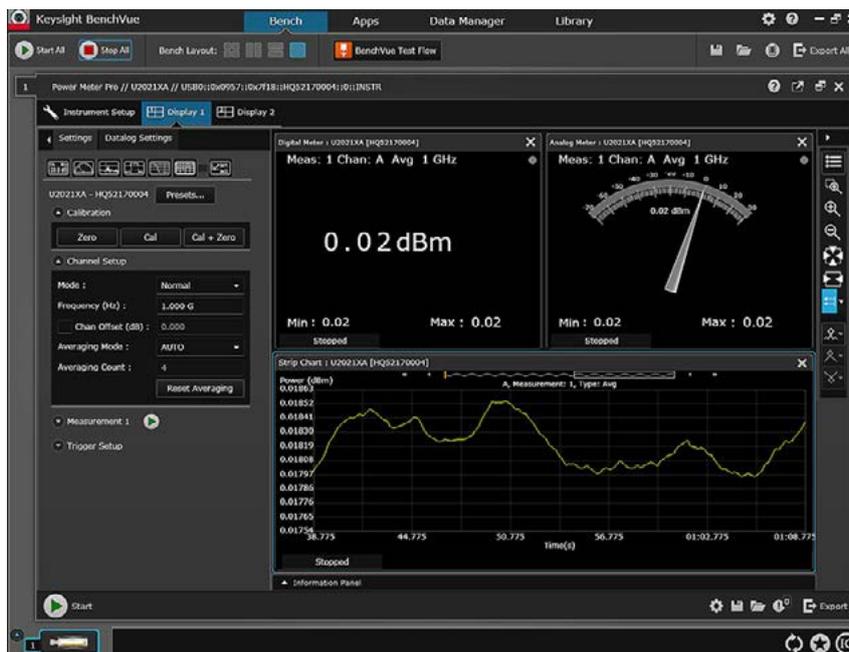


Рис. 3. Отображение данных в цифровом и аналоговом (стрелка) форматах, а также в виде протокола.

Приложение для управления измерителями/преобразователями мощности и анализа результатов измерений ПО BenchVue

Функциональные возможности

Форматы отображения результатов измерений	Цифровой
	Аналоговый
	Протокол
	График (до четырех каналов или кривых на график)
	График комплементарной интегральной функции распределения (CCDF)
	Сводная таблица с функцией вычисления отношения/разности
Функции анализа графических зависимостей	Компактный режим отображения
	Одиночный маркер (до 5 маркеров на график)
	Двойной маркер (до 2 двух наборов маркеров на график)
	Автомасштабирование
Функции анализа параметров импульсных сигналов	Масштабирование области графика
	Анализ с использованием выборки (до 4 пар интервалов выборки)
	Автоматическое вычисление параметров импульсов по 17 точкам
Настройки прибора	Сохранение и вызов ранее сохраненных настроек прибора и рабочей области
	Выбор предустановок для различных стандартов сигналов (DME, GSM, WCDMA, WLAN, LTE и т.д.)
	Таблицы FDO
	Таблицы значений KO и S-параметров
	Полноценное управление всеми функциями измерительного прибора, включая настройки частоты, усреднения, запуска, установки нуля, калибровки и т.д.
	Настройка пределов и сообщений о событиях
	Сводная таблица событий
Экспорт результатов измерений и снимков экрана	Протоколирование результатов измерений и сохранение в различных форматах (HDF5/MATLAB/Microsoft Excel/Microsoft Word/CSV)
	Сохранение снимков экрана в формате графических файлов (PNG/JPEG/BMP)



Системные и аппаратные требования

Операционная система ПК	
Windows 10, 8 и 7	Windows 10 (Professional, Enterprise, Education, Home; 32-разрядная или 64-разрядная) Windows 8 (Core, Professional, Enterprise; 32-разрядная или 64-разрядная) Windows 7 SP1 и более поздние (Professional, Enterprise, Ultimate; 32-разрядные или 64-разрядные)
Аппаратные требования к ПК	Процессор: тактовая частота 1 ГГц или выше (рекомендуется не менее 2 ГГц) Оперативная память: 1 ГБ для 32-разрядной или 2 ГБ для 64-разрядной (рекомендуется не менее 3 ГБ)
Windows XP SP3 (Professional; 32-разрядная)	Процессор: тактовая частота 600 МГц или выше (рекомендуется не менее 1 ГГц) Оперативная память: 1 ГБ (рекомендуется не менее 2 ГБ)
Интерфейсы	USB, GPIB, LAN, RS-232
Разрешение дисплея	не менее 1024 x 768 для управления одним измерительным прибором (при выводе на экран окон управления несколькими инструментами рекомендуется большее разрешение)

Дополнительные требования

ПО: BenchVue требует наличия программного интерфейса VISA (от компании Keysight или National Instruments) для подключения к физическим измерительным приборам. Пакет программ IO Libraries компании Keysight, в состав которого входит ПО VISA, при установке ПО BenchVue устанавливается автоматически. Информация о ПО IO Libraries доступна по ссылке www.keysight.com/find/iosuite.



Приложение А

Вычисление погрешностей измерения мощности (установившаяся, средняя мощность)

(Данные из таблиц характеристик, приведенных выше, выделяются **полужирным курсивом**, значения, вычисляемые на данной странице, подчеркнуты).

Процедура вычисления		
1.	Уровень мощности	Вт
2.	Частота	
3.	Вычисление погрешности измерителя мощности	
	Расчет вклада шумовой составляющей	
	– для режима автоматического запуска: уровень шума = шум измерений x множитель шума при автоматическом запуске	
	– для режима ждущего запуска: уровень шума = уровень шума на одну выборку x множитель шума на одну выборку	
	Пересчет показателя шума в относительную величину $1 = \text{Шум/Мощность} = \dots\dots\dots$	%
	Пересчет показателя дрейфа нуля в относительную величину = Дрейф/Мощность =	%
	Вычисление квадратного корня из суммы квадратов (RSS) рассчитанных выше показателей	%
4.	Погрешность нуля (зависит от режима и частоты) = установка нуля/мощность =	%
5.	Погрешность калибровки измерителя мощности (зависит от типа измерителя мощности, частоты, уровня мощности и температуры) =	%
6.	<u>Вклад систематической погрешности, коэффициент охвата $2 \geq \text{сист.}_{RSS}$</u> =	%
	(корень квадратный из суммы квадратов трех показателей, рассчитанных в пп. 3, 4, 5)	
7.	Типовая погрешность из-за рассогласования Макс. КСВН (зависит от режима и частоты) = установка нуля/мощность =	
	Пересчет в КО, $ \rho_{\text{измерителя}} = (\text{КСВН}-1)/(\text{КСВН}+1) = \dots\dots\dots$	
	Макс. КСВН ИУ (зависит от частоты) =	
	Пересчет в КО, $ \rho_{\text{ИУ}} = (\text{КСВН}-1)/(\text{КСВН}+1) = \dots\dots\dots$	
8.	Суммарная погрешность измерений при $k = 1$	
	$U_c = \sqrt{\left(\frac{\text{Макс.}(\rho_{\text{ИУ}}) \cdot \text{Макс.}(\rho_{\text{измерителя}})}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{\text{сист.}_{RSS}}{2}\right)^2} \dots\dots\dots$	%
	Расширенная погрешность, $k = 2$, $= U_c \cdot 2 = \dots\dots\dots$	%

1. В целях вычисления погрешности результатов измерений соотношение мощностей шума и сигнала для режима измерений средней мощности ограничено показателем 0,01 %.



Пример расчета

Вычисление погрешностей измерения мощности (установившаяся, средняя мощность)
 (Данные из таблиц характеристик, приведенных выше, выделяются **полужирным курсивом**, значения, вычисляемые на данной странице, подчеркнуты).

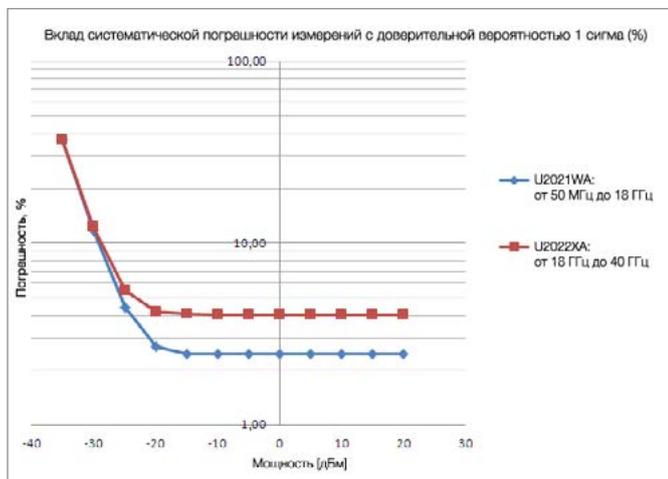
Процедура вычисления	
1. Уровень мощности	1 мВт
2. Частота	1 ГГц
3. Вычисление погрешности измерителя мощности	
Для режимов автоматического запуска и автоматической установки нуля, коэффициент усреднения = 16.	
Расчет вклада шумовой составляющей	
– для режима автоматического запуска: <u>уровень шума</u> = шум измерений x множитель шума при автоматическом запуске = 100 нВт x 0,6 = 60 нВт	
– для режима ждущего запуска: <u>уровень шума</u> = уровень шума на одну выборку x множитель шума на одну выборку	
Пересчет показателя шума в относительную величину 1 = Шум/Мощность = 60 нВт/100 мкВт	0,06 %
Пересчет показателя дрейфа нуля в относительную величину = Дрейф/Мощность = 100 нВт/1 мВт	0,01 %
Вычисление квадратного корня из суммы квадратов (RSS) рассчитанных выше показателей	0,061 %
4. Погрешность нуля	
(зависит от режима и частоты) = установка нуля/Мощность = 200 нВт/1 мВт	
5. Погрешность калибровки измерителя мощности	
(зависит от типа измерителя мощности, частоты, уровня мощности и температуры) =	
6. Вклад систематической погрешности коэффициент охвата 2 ≥ сист. _{rss} =	4,0 %
(корень квадратный из суммы квадратов трех показателей, рассчитанных в пп. 3, 4, 5)	
7. Типовая погрешность из-за рассогласования	
Макс. КСВН (зависит от частоты) =	1,20
Пересчет в КО, ρ _{измерителя} = (КСВН-1)/(КСВН+1) =	0,091
Макс. КСВН ИУ (зависит от частоты) =	1,26
Пересчет в КО, ρ _{ИУ} = (КСВН-1)/(КСВН+1) =	0,115
8. Суммарная погрешность измерений при k = 1	
$U_C = \sqrt{\left(\frac{\text{Макс. } (\rho_{ИУ}) \cdot \text{Макс. } (\rho_{измерителя})}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{\text{СИСТ.}_{RSS}}{2}\right)^2}$	2,13 %
Расширенная погрешность, k = 2, = U _C • 2 =	4,27 %

1. Соотношение шум/мощность представлено для мощностей более 100 мкВт, в этих случаях используется уровень шума/100 мкВт.



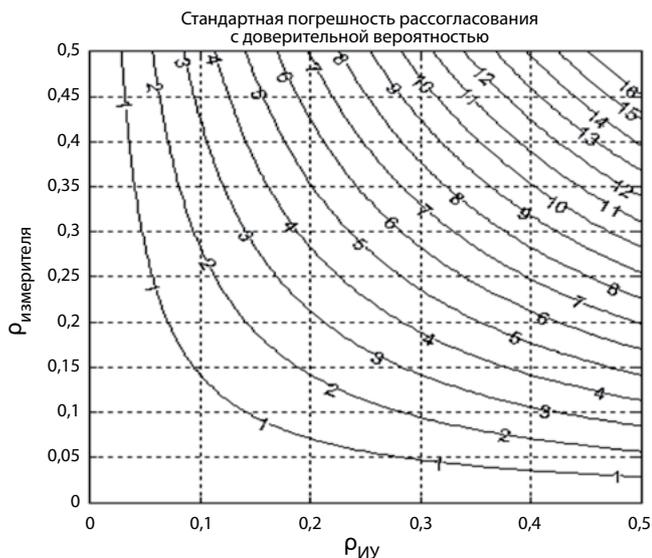
Графический пример

Вклад системы в погрешность измерения в зависимости от уровня мощности (равен результату по п. 6, делённому на 2)



Примечание. Приведенный выше график действителен при следующих условиях: режим автоматического запуска, сигнал полностью попадает в видеополосу, заданную в настройках системы. Влажность < 70 %.

В. Стандартная погрешность рассогласования



КСВН	ρ	КСВН	ρ
1,0	0,00	1,8	0,29
1,05	0,02	1,90	0,31
1,10	0,05	2,00	0,33
1,15	0,07	2,10	0,35
1,20	0,09	2,20	0,38
1,25	0,11	2,30	0,39
1,30	0,13	2,40	0,41
1,35	0,15	2,50	0,43
1,40	0,17	2,60	0,44
1,45	0,18	2,70	0,46
1,5	0,20	2,80	0,47
1,6	0,23	2,90	0,49
1,7	0,26	3,00	0,50

Примечание. На приведенном выше графике показана зависимость стандартной погрешности из-за рассогласования $= \rho_{\text{ИУ}} \cdot \rho_{\text{измерителя}} / \sqrt{2}$, а не пределы погрешности из-за рассогласования. Эта величина предполагает, что источник и нагрузка имеют равномерные распределения плотностей вероятностей амплитуды и фаз.

С. Общая величина для А и В

$$U_c = \sqrt{(\text{Значение по графику А})^2 + (\text{Значение по графику В})^2}$$

Расширенная погрешность, $k = 2$, $= U_c \cdot 2 = \dots\dots\dots$

± %



Информация для заказа

Модель	Описание
U2021XA	Измеритель пиковой и средней мощности серии X с шиной USB, от 50 МГц до 18 ГГц
U2022XA	Измеритель пиковой и средней мощности серии X с шиной USB, от 50 МГц до 40 ГГц
U2022XA-H50	Измеритель пиковой и средней мощности серии X с шиной USB, от 50 МГц до 50 ГГц
Стандартный комплект поставки	
<ul style="list-style-type: none"> – кабель измерителя мощности длиной 1,5 м, длина кабеля по умолчанию – кабель для подачи сигналов запуска с соединителями типов BNC (вилка) – SMB (розетка), 50 Ом, 1,5 м (поставляется в количестве 2 штуки) – сертификат калибровки – эксплуатационная документация на CD-диске – DVD с ПО для управления прибором <ul style="list-style-type: none"> – ПО IO Libraries Suite – ПО Command Expert – ПО BenchVue – тридцатидневная ознакомительная лицензия на приложение для управления измерителями/преобразователями мощности и анализа результатов измерений ПО BenchVue 	
Опции	Описание
Комплекты для транспортировки	
U2000A-201	Транспортировочный кейс
U2000A-202	Мягкий футляр для переноски
U2000A-203	Чехол
U2000A-204	Мягкая сумка для переноски
Кабели (возможен выбор при заказе измерителей мощности)	
U2000A-301	Кабель измерителя мощности, длина 1,5 м
U2000A-302	Кабель измерителя мощности, длина 3 м
U2000A-303	Кабель измерителя мощности, длина 5 м
Кабели (при индивидуальном заказе)	
U2031A	Кабель измерителя мощности, длина 1,5 м
U2031B	Кабель измерителя мощности, длина 3 м
U2031C	Кабель измерителя мощности, длина 5 м
U2032A	Кабель для подачи сигналов запуска с соединителями типов BNC (вилка) – SMB (розетка), 50 Ом, 1,5 м
Программное обеспечение	
BV0007B	Лицензия на приложение для управления измерителями/преобразователями мощности и анализа результатов измерений ПО BenchVue
Калибровка ¹	
U202xA-1A7	Калибровка в соответствии с требованиями ISO17025 с данными испытаний
U202xA-A6J	Калибровка в соответствии с требованиями ANZIZ540 с данными испытаний

1. Данная опция калибровки недоступна при заказе измерителя мощности с опцией H50



