

# Выбор датчика или измерителя мощности РЧ или СВЧ диапазона

## Рекомендации по применению

### Введение

Измерения мощности играют важную роль на всех этапах разработки любого РЧ или СВЧ оборудования – от обычных мобильных телефонов до сложных радиолокационных систем. Нет ничего удивительного в том, что для решения разных задач используются различные виды модуляции сигнала и уплотнения передаваемой информации. Исходя из этого, а также из того, что новые измерители мощности

теперь располагают функциями, ранее доступными только в анализаторах высшего класса, правильный выбор системы измерения РЧ или СВЧ мощности становится более сложной задачей. В условиях широкого предложения датчиков мощности, перед принятием решения об их покупке разумнее всего сравнить их характеристики по техническим описаниям производителей. В этом документе будет описан ряд факторов, которые следует принять во внимание при покупке USB датчика мощности.

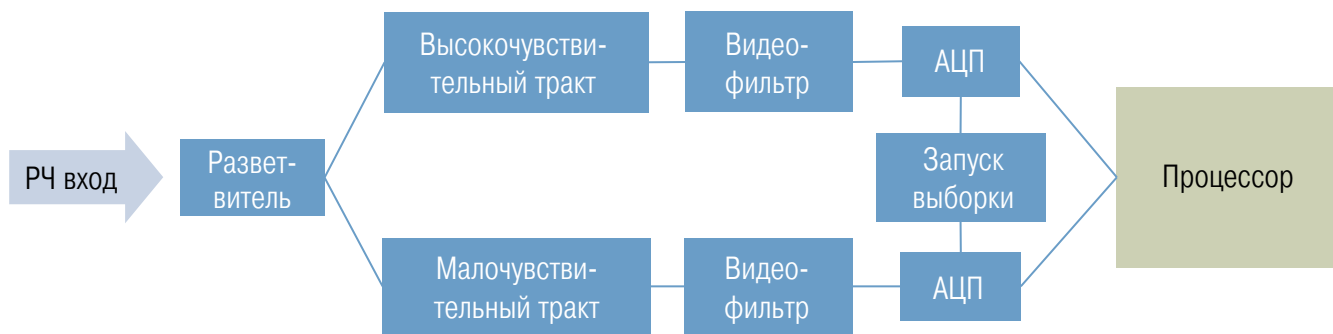


Рис. 1. Структурная схема датчика мощности Tektronix PSM с двумя трактами.

## Основные критерии выбора

Критерии выбора USB датчика мощности и традиционных датчиков и измерителей мощности во многом совпадают. Решающую роль продолжают играть такие факторы, как диапазон частот, динамический диапазон, погрешность, установка нуля и калибровка, скорость измерений и система запуска.

**Диапазон частот.** Датчики мощности могут обладать различными диапазонами частот в полосе от нескольких килогерц до 110 ГГц. Наиболее распространенной верхней границей диапазона является значение от 6 до 20 ГГц. Поскольку датчики мощности представляют собой широкополосные детекторы, они детектируют РЧ мощность на своем входе сразу во всем диапазоне частот. Неравномерность частотной характеристики датчика учитывается в калибровочной таблице, хранящейся в его памяти.

**Динамический диапазон.** Динамическим диапазоном называется диапазон мощности, в котором датчик может выполнять корректные измерения. Ширина диапазона зависит от технологии, по которой построен датчик. Диодные датчики располагают самым широким динамическим диапазоном: от -60 до +20 дБм и более. Помимо столь широкого динамического диапазона, диодные датчики отличаются очень высоким быстродействием, что обуславливает их очень широкое применение. Широкий динамический диапазон диодного датчика достигается за счет расширения рабочей характеристики диода за область квадратичного закона путем введения поправочных коэффициентов, а также за счет использования нескольких диодных трактов. В последнем

случае для достижения линейности используется переключение этих трактов. В большинстве датчиков в каждый момент времени измерение выполняется одним трактом, а переключение на другой тракт производится при достижении некоторого порога, обычно около середины диапазона. Эта точка перехода становится точкой потенциального разрыва или гистерезиса, что может вызвать нелинейность или задержки измерения.

Датчики мощности Tektronix непрерывно оцифровывают значения, одновременно измеряемые в обоих трактах, и используют средневзвешенное значение в точке перехода. Это обеспечивает плавный переход между измерительными трактами, позволяя использовать весь динамический диапазон датчика без каких-либо разрывов.

По сравнению с диодными датчиками, термисторные датчики имеют более узкий динамический диапазон от -20 дБм до +10 дБм, а динамический диапазон термисторных датчиков составляет от -35 дБм до +20 дБм.

Для большинства датчиков входная мощность не должна превышать +20...+23 дБм, поскольку при более высоких значениях они выйдут из строя. Для уменьшения мощности на входе используются аттенюаторы или ответвители, сдвигающие динамический диапазон датчика. Они снижают вероятность случайного повреждения, но приводят к дополнительным переотражениям между датчиком и аттенюатором. Эти переотражения снижают точность измерения и требуют правильного согласования, что приводит к более длительной калибровке КСВН.

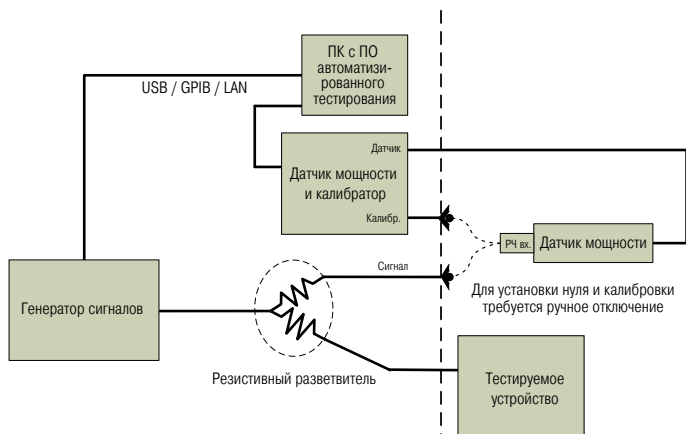


Рис. 2а. Система тестирования с установкой нуля и калибровкой датчика мощности.

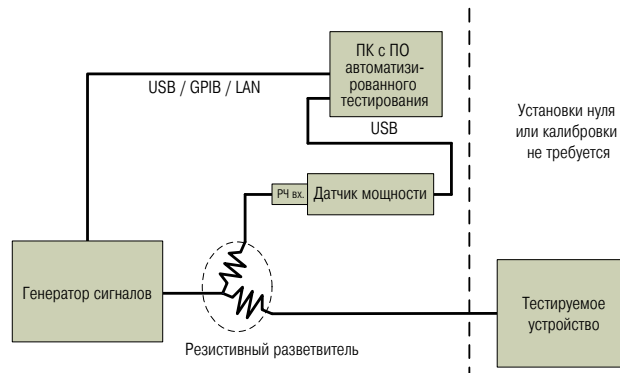


Рис. 2б. Упрощенная система тестирования, не требующая установки нуля и калибровки.

**Погрешность.** Общая погрешность определяется суммой погрешностей, вносимых различными источниками, рассчитываемой по стандартному алгоритму. К источникам погрешности относятся: рассогласование между датчиком и тестируемым устройством, неточные коэффициенты калибровки, нелинейные искажения, шумы, температура и смещение нуля. В этом документе мы не будем обсуждать каждую из погрешностей, поскольку обычно они рассматриваются в сумме. Компания Tektronix, как и большинство производителей, следует Руководству ISO по вычислению погрешности измерений, детально объясняющему причины неточностей и порядок выполнения расчетов. В зависимости от производителя и типа детектора, суммарная относительная погрешность измерения датчиков мощности составляет от 2 до 5 %.

**Установка нуля и калибровка.** Калибровка датчика мощности требует его подключения к внешнему источнику образцового сигнала. Для установки нуля датчик обычно отсоединяется от тестируемого устройства. Операции установки нуля и калибровки датчика занимают определенное время и требуют дополнительных расходов, что необходимо обязательно учитывать, особенно в системах автоматизированного тестирования, где дорога каждая секунда. Если датчик мощности требует периодической установки нуля или

калибровки, то система автоматизированного тестирования должна предусматривать выполнение этих процедур. Это обычно требует установки дорогостоящих коммутаторов и выполнения ручных операций или использования специального ПО. Для калибровки требуется внешний источник образцового сигнала, а для установки нуля нужно отсоединить датчик от тестируемого устройства.

Датчики Tektronix не нуждаются в установке нуля или калибровке пользователем. Это обеспечивает исключительную стабильность и точность измерений, сокращение времени тестирования, меньший износ разъемов, сокращение расходов на программное обеспечение и коммутационное оборудование. В датчиках Tektronix PSM использована запатентованная технология, обеспечивающая стабильность калибровки во всем диапазоне температур, что позволяет им выполнять более точные измерения при изменении температуры окружающей среды, чем любым другим датчикам, присутствующим на рынке. Большинство других датчиков требуют установки нуля хотя бы при определенных обстоятельствах, например, при изменении температуры окружающей среды или перед измерением низкоуровневых сигналов. Условия, требующие установки нуля или калибровки датчика, указаны в руководстве по эксплуатации прибора.

**Скорость измерений.** Описывая быстродействие датчиков мощности, их производители используют различные параметры. В технических описаниях встречаются такие характеристики, как частота выборки, скорость считывания и скорость измерения. Частота выборки – это скорость аналого-цифрового преобразования. Скорость считывания показывает, насколько быстро датчик может преобразовать необработанные данные в результаты измерения. Все эти характеристики важны, но какая даст ответ на главный вопрос: «Как скоро я получу конечный результат?». Частота выборки датчика помогает определить способность датчика измерять импульсные характеристики, но высокая частота выборки не гарантирует быстрых измерений. Скорость считывания более тесно связана со скоростью измерений, но и она не может точно указывать на скорость получения конечных результатов. Быстрота получения конечного результата измерения зависит не только от частоты выборки, но и от уровня шумов, амплитуды сигнала, схемотехники датчика и времени интегрирования, необходимого для стабилизации показаний. Например, датчики мощности Tektronix имеют частоту выборки реального времени 500 квыб/с и скорость считывания около 2000 выб/с. Датчики Tektronix PSM3000 способны выдать конечный результат измерения примерно за одну миллисекунду даже при уровне сигнала -40 дБм. Датчики PSM4000 и PSM5000 способны выдавать конечный результат измерений даже у нижней границы динамического диапазона приблизительно за 250 мкс. Типовое время установления классического датчика при тех же уровнях мощности обычно составляет от одной до четырех секунд. Хотя конечно, лучшим критерием для сравнения датчиков мощности является не то, что написано в их технических характеристиках, а личный опыт их практического применения.

**Запуск.** Для большинства задач по измерению мощности возможность запуска не столь важна. Но если нужно измерить определенную часть импульсного сигнала или сократить время тестирования в высокопроизводительных системах автоматизированного тестирования, то возможность выполнения измерений по запуску приобретает важное значение.

Базовая схема запуска обычно включает вход внешнего сигнала ТПЛ. Он позволяет синхронизировать измерения мощности с работой других приборов, таких как генераторы сигналов, анализаторы цепей, осциллографы или дополнительные датчики мощности. В системах автоматизированного тестирования возможность внешней синхронизации измерений весьма важна для сокращения времени выполнения тестов и максимального увеличения пропускной способности. Для оптимизации скорости тестирования датчики Tektronix имеют вход запуска и выход запуска. С выхода запуска подается сигнал, информирующий о том, что датчик выполнил измерения и передал информацию нижестоящему прибору.

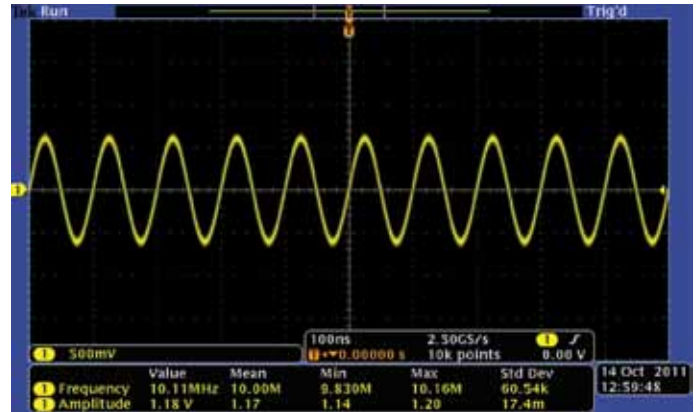


Рис. 3. Немодулированный сигнал постоянной амплитуды и частоты.

В новых датчиках реализован более совершенный запуск по уровню мощности. Они способны синхронизировать измерения по входному РЧ сигналу. Данный тип запуска полезен при измерении импульсных или пакетных сигналов, которые будут описаны ниже в соответствующих разделах этого документа.

## Виды измерений

Очевидно, что выбор датчика мощности для вашего приложения зависит от того, какие характеристики вы хотите измерить. Но стратегия построения системы тестирования в определенной степени зависит от соотношения стоимость/функциональность. Возможности датчиков Tektronix начинаются с обычного измерения мощности и заканчиваются детальным измерением импульсных характеристик, чего можно ожидать от векторного анализатора сигналов или анализатора импульсов, но никак не от датчика мощности.

### Измерение средней мощности

Большинство измерителей мощности способны точно измерять среднюю мощность немодулированных сигналов, амплитуда и частота которых не меняется. Такие датчики относительно просты. Среднюю мощность могут измерять все USB датчики мощности. Развертка немодулированного сигнала показана на рис. 3. Все датчики Tektronix могут точно измерить среднюю мощность такого сигнала. Среди USB датчиков, измеряющих среднюю мощность, выделяются датчики, измеряющие «истинное среднее» или «истинное среднеквадратическое значение».



Рис. 4. Прикладное ПО датчика мощности Tektronix отображает измерение «истинного среднего» значения мощности немодулированного сигнала.

### Что такое «измерение истинного среднего значения мощности»?

При измерении истинного среднего значения мощности получается мощность, поглощаемая датчиком независимо от полосы модуляции входного сигнала. Измерение истинного среднего значения мощности производится тепловым или диодным датчиком в области квадратичного закона его рабочей характеристики. Тепловые датчики измеряют истинное среднее значение исходя из тепла, создаваемого за счет РЧ энергии. Диодный датчик имеет емкость, которая интегрирует энергию, принятую детектором, и поэтому результат измерения получается практически таким же, как у теплового датчика.

Датчики истинного среднего значения Tektronix PSM3000 хорошо подходят для измерений широкополосных модулированных сигналов. Они измеряют всю РЧ энергию, падающую на вход датчика, независимо от типа сигнала – немодулированный, импульсный, с АМ/ЧМ или сложными видами модуляции.

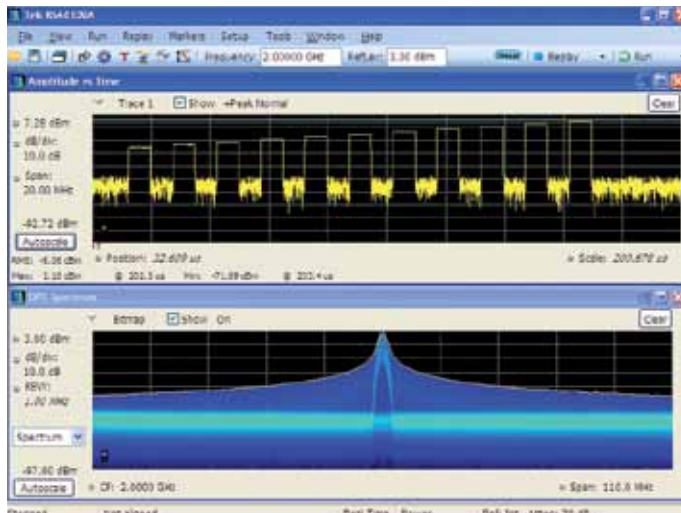


Рис. 5. Последовательность импульсов с нарастающей амплитудой, измеренная Tektronix RSA6100A: отображение во временной и частотной области.

## Измерение импульсных РЧ и СВЧ сигналов

Выбор датчиков для анализа импульсных сигналов очень широк и сопряжен необходимостью учитывать ряд дополнительных соображений. Импульсные РЧ сигналы широко распространены в радиолокации и каналах связи с временным уплотнением.

### Измерение импульсной мощности

При работе с импульсными сигналами очень важно не просто определить среднюю мощность всего сигнала, но и измерить характеристики импульсов. Измерение средней и пиковой мощности импульса – важнейшая задача при снятии характеристик усилителей мощности и других элементов сигнального тракта импульсных систем.



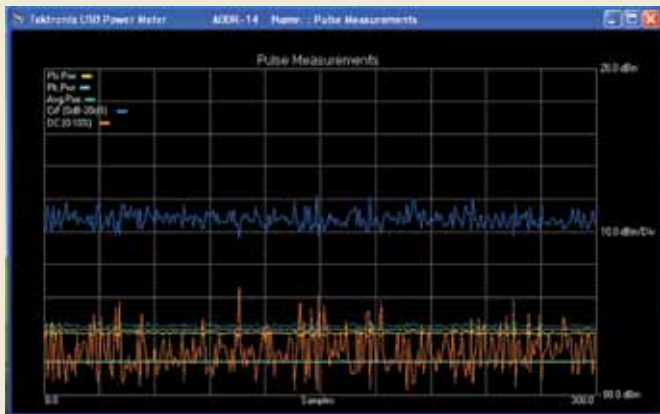


Рис. 6. Экран Data Logger прикладного ПО измерителя мощности Tektronix.

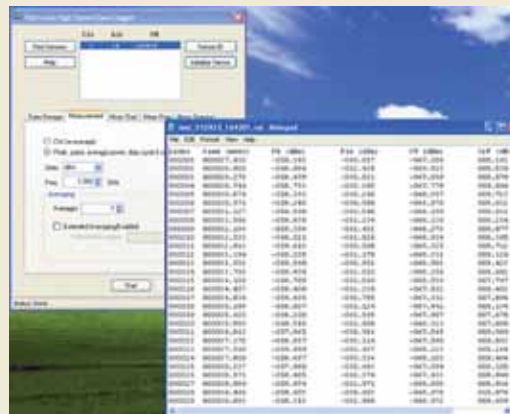


Рис. 7. Экран High Speed Data Logger с записями множества измерительных точек.

## USB датчики предлагают новые возможности

Современные системы измерения мощности на базе интерфейса USB обладают рядом существенных преимуществ над традиционной схемой «датчик плюс измеритель».

**Меньшая цена.** USB датчики подключаются напрямую к ПК, не требуя базового блока. Это дает значительную экономию, поскольку к одному компьютеру можно подключить множество USB датчиков.

**Портативность.** Благодаря своему малому весу и небольшому размеру, USB датчики мощности отличаются высокой гибкостью применения. Их можно использовать там, где классические датчики просто не поместятся. Датчики можно встраивать в системы автоматизированного тестирования или размещать удаленно. А в лаборатории они позволяют сэкономить место в стойке или на измерительном стенде.

**Интеграция в систему тестирования.** USB датчики мощности подключаются к ПК обычными кабелями непосредственно или через концентраторы. Все распространенные среды программирования Microsoft поддерживаются через специализированные интерфейсы прикладного программирования (API) или USBTMC. Датчиками Tektronix можно управлять через Windows API, поддерживающий следующие языки: C++, C#, LabView и VB.net. Все датчики Tektronix поставляются с примерами кода, драйверами, руководствами по программированию и генераторами кода, предназначенными для выполнения дискретных функций и позволяющими программистам познакомиться с примерами решения различных задач.

**Знакомый интерфейс пользователя на базе Windows.** Программный интерфейс – важнейший компонент любого USB датчика мощности, поэтому очень важно, чтобы он был удобным и понятным для пользователя. Программное обеспечение датчиков мощности Tektronix отличается интуитивным дружественным интерфейсом, имитирующим традиционный настольный прибор, благодаря чему переход к USB системе становится простым и незаметным. Знакомые инструменты и выпадающие меню облегчают и ускоряют работу пользователей.

**Производительность.** Благодаря высокой скорости передачи через USB 2.0 и значительной вычислительной мощности современных ПК, компактные датчики по своим возможностям не уступают традиционным измерителям мощности и даже превосходят их.

**Сбор данных.** Сбор данных осуществляется непосредственно компьютером, к которому подключены USB датчики. В зависимости от решаемой задачи, USB датчиков мощности Tektronix осуществляются два вида регистрации данных:

- Data Logger – функция программного обеспечения для датчиков мощности Tektronix, позволяющая пользователю контролировать показания по виртуальной передней панели.
- High Speed Data Logger – высокоскоростной регистратор данных, предлагаемый в виде отдельного программного приложения. Это приложение позволяет быстро регистрировать необработанные данные для дальнейшей обработки программными средствами анализа.

**Совместимость с другими приборами.** USB датчик мощности можно подключать к другим измерительным приборам, реализованным на компьютерной платформе – к генераторам сигналов, анализаторам спектра и осциллографам. Благодаря этому отпадает необходимость в отдельном ПК, сокращаются расходы и экономится место на лабораторном стенде. Датчики мощности Tektronix серии PSM в настоящее время совместимы со следующими приборами Tektronix:

- Осциллографы
  - MSO5000      - DPO5000      - DPO7000
  - DPO/DSA/MSO7000      - DSA8300
- Анализаторы спектра
  - RSA5000      - RSA6000
- Генераторы сигналов произвольной формы
  - AWG5000      - AWG7000

## Метод коррекции скажности

Один из подходов к измерению импульсной мощности подразумевает, что импульсы имеют прямоугольную форму и постоянную скажность. Для прямоугольных импульсов (с минимальными выбросами на фронтах и малым временем нарастания и спада, а также стабильной скажностью), мощность импульса может быть рассчитана делением средней мощности на скажность. Этот простой метод может использоваться в бюджетных датчиках средней мощности и дает хорошие результаты, если скажность известна, а импульсы имеют прямоугольную форму. Для всех датчиков Tektronix значение скажности можно задать программным способом. Таким образом, программное обеспечение будет рассчитывать мощность импульса исходя из заданной скажности. Это единственный способ измерить мощность импульса с помощью датчика истинной средней мощности PSM3000 и других датчиков, измеряющих только среднюю мощность. Однако данный метод дает ошибку при непостоянной скажности, амплитуде и форме импульса.

## Методы прямого измерения импульсов

Датчики PSM4000 и PSM5000 могут измерять мощность импульса непосредственно, не требуя промежуточных вычислений, необходимых при использовании метода измерения по скажности с помощью датчиков средней мощности. Измерения мощности импульса выполняются датчиком путем обработки данных выборки поглощенной мощности. Прямое измерение мощности импульса вместо измерений по заданной скажности позволяет датчикам Tektronix уменьшить погрешность импульсных измерений.

## Измерение пиковой мощности

Помимо средней мощности импульса, важное значение имеет его пиковая мощность. Пиковой называется мощность в наивысшей точке огибающей сигнала. В случае импульса – это выброс на его переднем фронте, который, впрочем, может случиться в любом месте в случае значительной импульсной помехи. Измерение пиковой мощности играет важную роль в оценке сигналов на входе усилителей мощности. Превышение допустимого пикового значения входного сигнала может привести к искажениям на выходе. Высокие уровни пиковой мощности передатчика РЛС могут привести к внеполосным и паразитным излучениям в других участках спектра.



Рис. 8. Прикладное ПО датчика мощности Tektronix, показывающее измерение пиковой и импульсной мощности.

Датчики PSM4000 и PSM5000 используют комбинацию технологий выборки и обработки сигнала для выполнения точных измерений импульсной и пиковой мощности.

## Выборка в режиме реального времени

Измерение импульсной и пиковой мощности производится по выборке, которая содержит данные импульса на момент захвата. Как показано на рис. 1, информация с выхода детектора преобразуется в цифровую форму с помощью АЦП. Чем быстрее прибор производит выборку (т. е. чем выше частота выборки), тем выше разрешение по времени. В результате увеличивается общая точность измерения и способность прибора захватывать пиковые выбросы. Частота выборки в режиме реального времени для всех датчиков Tektronix составляет 500 квыб/с и определяется тактовой частотой АЦП.

Поскольку выборка делается по огибающей сигнала мощности, вероятность точного захвата пиков повышается при увеличении длительности записи. Таким образом, длительность измерения должна позволять захватить несколько периодов модулированного сигнала. В датчиках Tektronix это реализовано через регулировку числа усреднений, что увеличивает время измерения. При увеличении числа усреднений датчик выполняет более точные и достоверные расчеты мощности импульса, коэффициента формы и скажности.

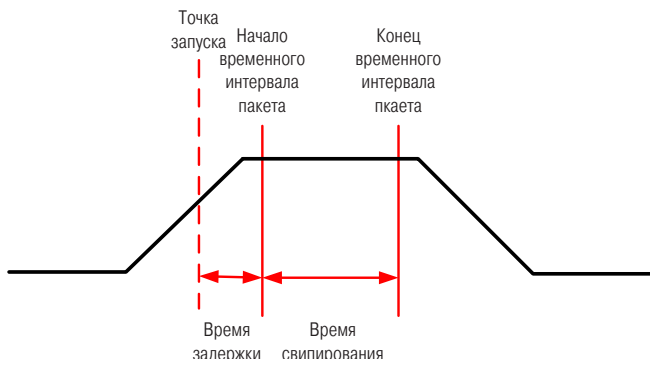


Рис. 9. Временная диаграмма пакетного сигнала.

### Измерения пакетов

Пакетные сигналы, например GSM/Edge и другие сигналы TDMA, представляют собой РЧ импульсы, характеризующиеся большой длительностью импульсов и периодов повторения. Во многих случаях интерес представляет мощность в определенной части пакета.

Датчики Tektronix PSM4000 и PSM5000 выполняют измерения во временных интервалах, позволяющих пользователю задавать окно измерения пакета. Пользователь создает временное окно, устанавливая задержку и время свипирования (см. рис. 9). Затем датчики измеряют среднюю, пиковую и минимальную мощность в заданном окне. Датчики Tektronix позволяют измерять пакеты по сигналу внутреннего или внешнего запуска. Схема автоматического внутреннего запуска обеспечивает простую синхронизацию прибора. При выборе автозапуска прибор

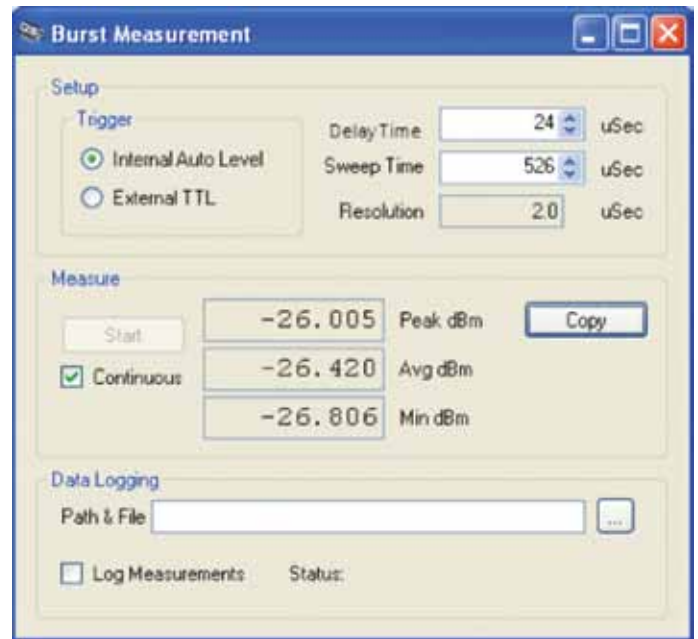


Рис. 10. Окно измерения пакета Burst Measurement в прикладном ПО датчиков мощности Tektronix.

автоматически определяет уровень запуска по выборке входного сигнала: сначала он находит минимальные и максимальные значения в захваченных данных, а затем устанавливает уровень запуска между максимальным и минимальным. Уровень автозапуска подстраивается в соответствии с изменениями уровня сигнала.



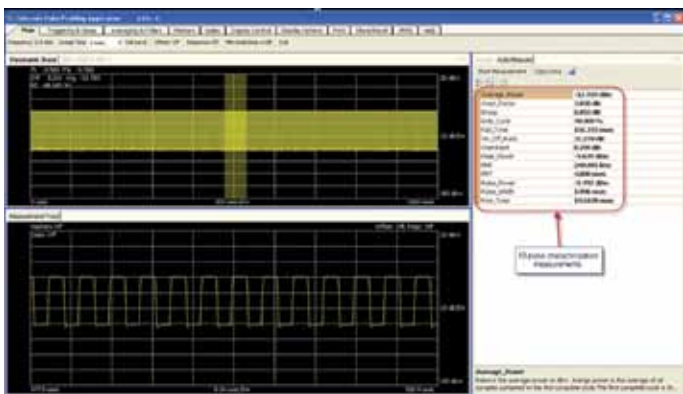


Рис. 11. Окно приложения Tektronix Pulse Profiling, показывающее импульсный сигнал и 13 измеренных параметров импульсов.

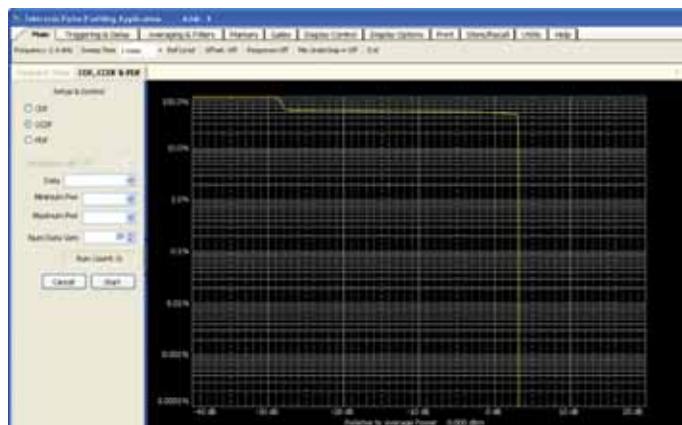


Рис. 12. Окно отображения CCDF приложения Tektronix Pulse Profiling.

### Pulse Profiling – приложение для измерения характеристик РЧ и СВЧ импульсов

При измерении характеристик передатчиков сотовой связи или импульсных РЛС большую ценность имеет возможность детального обзора огибающей модулированного сигнала. Здесь нужны не только измерения пиковой и средней мощности, но и выбросов, а также длительности переднего и заднего фронтов. Визуализация огибающей модулированного сигнала позволяет проанализировать сигнал более качественно. Датчики Tektronix серии PSM5000 используют выборку в режиме эквивалентного времени, которая обеспечивает разрешение по времени до 20,8 нс. Это позволяет отображать огибающую импульса без использования сложного анализатора (см. Выборка в режиме эквивалентного времени, с. 10). Возможность построения профиля импульса, редко встречающаяся у USB датчиков мощности – преимущество приборов Tektronix.

В системах электросвязи полосой пропускания называется ширина частотного спектра, используемого сигналом. Полоса пропускания лежит между низшей и высшей составляющими спектра сигнала. Характеристика, отражающая способность системы обзора огибающей работать с частотами внутри полосы модулирующего сигнала, называется полосой видеосигнала. Чем она шире, тем более высокочастотные компоненты может измерить система, и тем более крутые фронты могут быть у исследуемого импульса. Полоса видеосигнала датчика Tektronix серии PSM5000 составляет 10 МГц.

Датчики Tektronix серии PSM5000 поставляются с приложением Pulse Profiling (см. рис. 11), выполняющим измерения 13 параметров:

- Время нарастания
- Время спада
- Длительность импульса
- Период следования импульсов
- Частота следования импульсов
- Скважность
- Мощность импульса
- Пиковая мощность
- Средняя мощность
- Коэффициент формы
- Выброс
- Провал
- Отношение высокого уровня к низкому

Приложение Tektronix Pulse Profiling также выполняет статистический анализ сигнала с помощью:

- функции распределения вероятностей (PDF)
- интегральной функции распределения (CDF)
- комплементарной интегральной функции распределения (CCDF)

Статистические инструменты дают вероятностный обзор уровней мощности по сигналу.

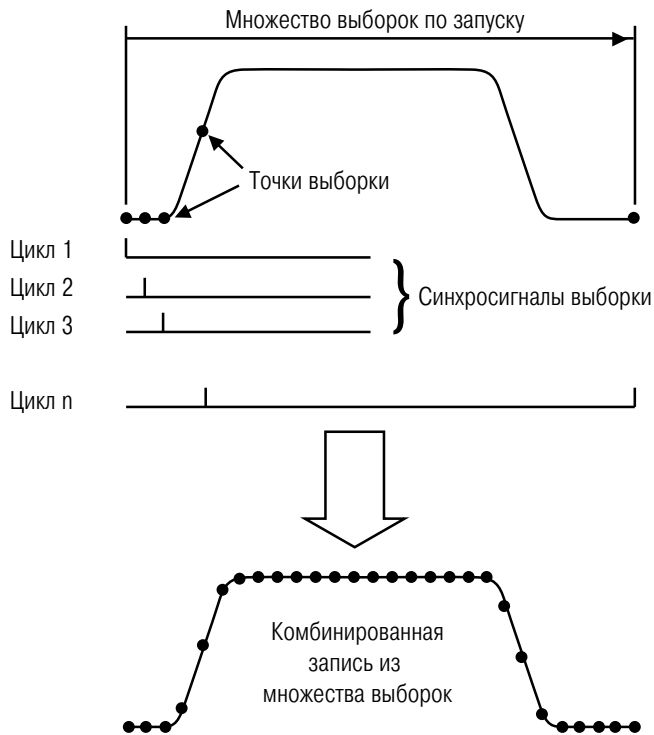


Рис. 13. Выборка в режиме эквивалентного времени.

### Выборка в режиме эквивалентного времени

Чем выше частота выборки датчика, тем более точно можно измерить характеристики сигнала и отобразить его огибающую. Для измерения периодических импульсных сигналов датчик может использовать выборку в режиме эквивалентного времени. Данная функция позволяет более точно воссоздать огибающую без увеличения реальной частоты выборки. Выборка в режиме эквивалентного времени – это технология, при которой фактическая форма сигнала создается из серии выборок по множеству периодов данного сигнала. Она обеспечивает более точный захват сигнала,

Характеристики	Серия PSM3000	Серия PSM4000	Серия PSM5000
Диапазон частот	от 10 МГц до 26,5 ГГц	от 10 МГц до 20 ГГц	от 50 МГц до 20 ГГц
Динамический диапазон	от -55 до +20 дБм	от -60 до +20 дБм	от -60 до +20 дБм
Скорость измерения	2000 изм./с	2000 изм./с	2000 изм./с
<b>Измерения</b>			
Истинная средняя мощность	X		
Средняя мощность (немод. сигнал)		X	X
Измерение импульсной мощности с коррекцией скважности	X	X	X
Пиковая мощность, импульсная мощность, скважность		X	X
Регистрация результатов измерений	X	X	X
Длительность импульса, время нарастания/спада, выброс, провал			X
Измерения во временных интервалах			X
Отображение формы импульса с маркерами			X

Таблица 1. USB датчики Tektronix серии PSM

частотные составляющие которого выше частоты выборки датчика в режиме реального времени. Но этот сигнал должен быть периодическим. При использовании программного обеспечения Pulse Profiling датчики Tektronix серии PSM5000 обеспечивают частоту выборки эквивалентного времени, равную 48 Мвыб/с. Она получена путем сбора необходимого числа выборок при нескольких запусках. Число запусков, необходимое для выборки эквивалентного времени, генерируется периодическим входным сигналом. Это позволяет измерительной системе успешно собрать данные, необходимые для точной реконструкции сигнала сложной формы.

## Заключение

В настоящее время предлагается широкий выбор решений по измерению мощности в РЧ и СВЧ диапазоне. Характеристики традиционных датчиков и измерителей мощности также актуальны и для современных USB датчиков. Однако USB датчики и измерители мощности позволяют существенно упростить выбор решения, избавляя пользователя от привязки к конкретной аппаратной базе. Благодаря высокой скорости передачи интерфейса USB 2.0 и значительной вычислительной мощности современных ПК, эти компактные приборы получили новые функции, которые раньше были доступны только специализированным анализаторам.

## Контактная информация:

Россия и СНГ +7 (495) 7484900

**Австрия** +41 52 675 3777  
**Ассоциация государств Юго-Восточной Азии / Австралия** (65) 6356 3900  
**Балканы, Израиль, Южная Африка и другие страны ISE** +41 52 675 3777  
**Бельгия** 07 81 60166  
**Ближний Восток, Азия и Северная Африка** +41 52 675 3777  
**Бразилия и Южная Америка** (55) 40669400  
**Великобритания и Ирландия** +44 (0) 1344 392400  
**Германия** +49 (221) 94 77 400  
**Гонконг** (852) 2585-6688  
**Дания** +45 80 88 1401  
**Индия** (91) 80-22275577  
**Испания** (+34) 901 988 054  
**Италия** +39 (02) 25086 1  
**Канада** 1 (800) 661-5625  
**Китайская Народная Республика** 86 (10) 6235 1230  
**Люксембург** +44 (0) 1344 392400  
**Мексика, Центральная Америка и страны Карибского бассейна** 52 (55) 54247900  
**Нидерланды** 090 02 021797  
**Норвегия** 800 16098  
**Польша** +41 52 675 3777  
**Португалия** 80 08 12370  
**Республика Корея** 82 (2) 6917-5000  
**США** 1 (800) 426-2200  
**Тайвань** 886 (2) 2722-9622  
**Финляндия** +41 52 675 3777  
**Франция** +33 (0) 1 69 86 81 81  
**Центральная и Восточная Европа, страны Балтии** +41 52 675 3777  
**Центральная Европа и Греция** +41 52 675 3777  
**Швейцария** +41 52 675 3777  
**Швеция** 020 08 80371  
**Южная Африка** +27 11 206 8360  
**Япония** 81 (3) 6714-3010  
Из других стран звоните по телефону: 1 (503) 627-7111

### Дополнительная информация

Компания Tektronix может предложить вам богатую, постоянно пополняемую библиотеку указаний по применению, технических описаний и других документов, которые адресованы инженерам, разрабатывающим высокотехнологичное оборудование. Посетите сайт [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com).



Продукты изготовлены на предприятиях, сертифицированных согласно стандарту ISO.

Copyright © 2011, Tektronix. Все права защищены. Продукты Tektronix защищены патентами США и иностранными патентами как действующими, так и находящимися на рассмотрении. Информация, приведенная в этой публикации, заменяет информацию, приведенную во всех ранее опубликованных материалах. Компания оставляет за собой право изменения цены и технических характеристик. TEKTRONIX и TEK являются зарегистрированными товарными знаками компании Tektronix, Inc. Все другие упоминаемые торговые наименования являются знаками обслуживания, товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками соответствующих компаний.

11/11 EA/FCA-POD

3GU-27136-0

**Tektronix**<sup>®</sup>