

АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА И ФАЗОВЫХ ШУМОВ RSH Tech®PSA



Информационная брошюра

Версия документа: 4.61

Анализатор спектра и фазового шума с кросскорреляционной обработкой и измерениями в импульсном режиме

RSH Tech®PSA

Универсальное решение российского производства для анализа источников сигналов, СВЧ-компонентов, модулей и готовых РЭУ

Диапазон частот от 100кГц до 8/ 13 /26 ГГц



Идут испытания с целью утверждения типа средств измерения

RSH Tech®PSA сочетает в себе функции анализатора спектра реального времени со следящим генератором и измерителя фазового шума в едином корпусе. Прибор настолько легкий и прост в использовании, что для выполнения базовых измерений не требуется глубоких специализированных знаний.



Особенности RSH Tech®PSA

- Широкий динамический диапазон
- Высокая скорость развертки
- Высокая чувствительность к фазовому шуму за счет кросс-корреляции
- Измерение фазового шума в импульсе
- Анализ параметров импульса (профиль, ЧМ/ФМ)
- Встроенный генератор до 26ГГц
- Простой графический интерфейс
- Поддержка операционных систем Linux и Windows
- Компактность и энергоэффективность

RSH Tech®PSA представляет собой высокопроизводительный широкополосный приёмник с интерфейсом управления по шине USB 3.0 и обеспечивает широкие возможности для спектрального анализа, измерения фазовых шумов в непрерывном и импульсном режимах в диапазоне частот от 100 кГц до 8, 13 и 26 ГГц. Благодаря встроенному следящему генератору, **RSH Tech®PSA** имеет возможность анализа АЧХ характеристик исследуемых устройств. Конструктив анализатора выполнен в компактном, легком и прочном алюминиевом корпусе. Используемая архитектура двухканального приемника позволяет обеспечивать быстрое и эффективное подавление зеркального канала и снижение других паразитных составляющих спектра или провести процедуру кросс-корреляции для достижения максимальной чувствительности в режиме измерения фазовых шумов.



RSH Tech@PSA является оптимальным решением для измерений в условиях производства, где предпочтение отдается высокой производительности, компактности и масштабируемости. Кроме того, энергоэффективный дизайн делает прибор отличным решением для использования в автоматизированных многоканальных измерительных системах, измерительных стендах и мобильных комплексах. Потребляемая мощность составляет не более 50 Вт, что не только снижает нагрузку на систему бесперебойного питания, но и упрощает задачу отвода тепла.

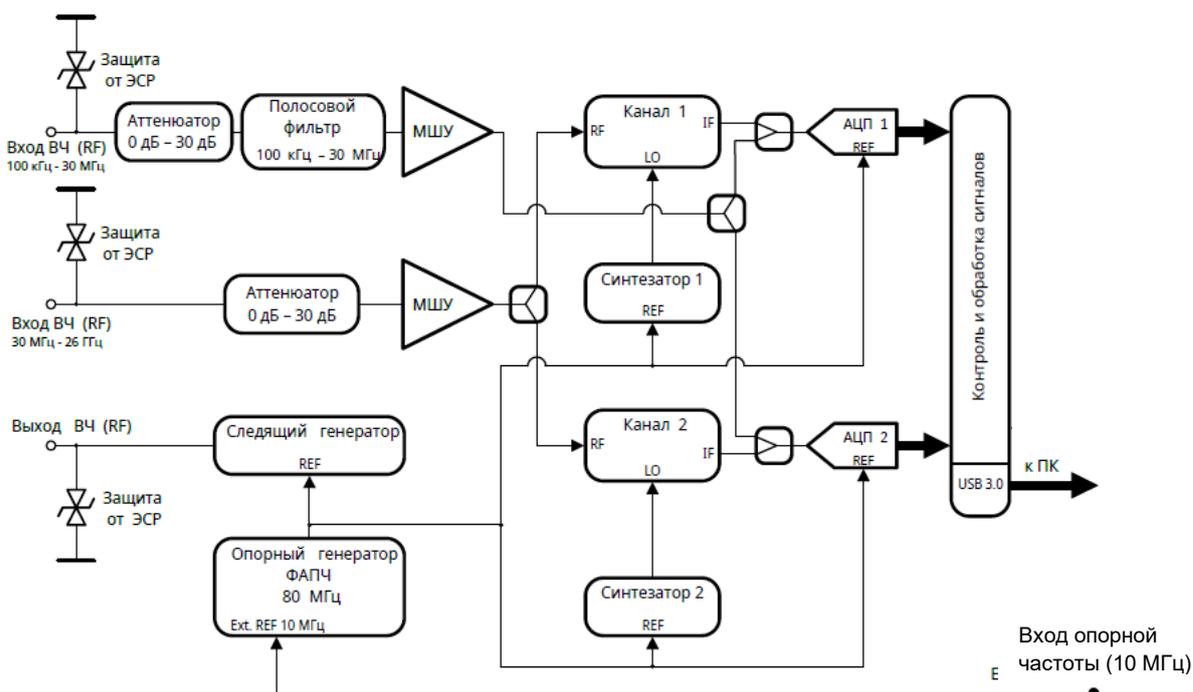


Рис.1. Функциональная блок-схема RSH Tech@PSA

Уникальная архитектура **RSH Tech@PSA** отличается от классического анализатора спектра отсутствием дорогостоящего и сложного в изготовлении ЖИГ преселектора. Однако, эффективное подавление зеркального канала происходит в реальном времени, за счет использования двух каналов приема. Такой алгоритм является намного более эффективным, чем использование механизма двойной развертки, который характерен для западных средств измерения в архитектурах без использования преселектора. При этом алгоритм фильтрации зеркального канала в **RSH Tech@PSA** эффективно работает не только для непрерывного сигнала, но и для сигналов меняющихся во времени и импульсных сигналов. Что является абсолютно необходимым преимуществом при работе со сложными сигналами.

При разработке **RSH Tech@PSA** учитывались особенности возможных областей применения данных устройств. Поэтому, для обеспечения широкого динамического диапазона, а также подавления гармонических искажений в приборе используется банк суб-октавных фильтров предварительной селекции. Схожие по результирующим преимуществам решения используются ведущими западными производителями в измерительных приемниках высшего класса.

Широкий динамический диапазон

Использование аппаратного фильтра предварительной селекции (преселектора) – это классическое решение для измерительных приборов, работающих с сигналами реальных устройств, в том числе и принимаемых непосредственно из эфира. Схемотехнические решения, примененные при проектировании PSA позволяют достигать высоких уровней точки пересечения второго (IP2) и третьего (IP3) порядков. Так, при включенном преселекторе, расчетное значение величины динамического диапазона по IP2 достигает **108 дБ** при входном уровне сигнала -30дБм.

Таким образом, прибор **RSH Tech@PSA** может быть отличным решением для измерения гармоник исследуемых устройств. Уровень второй гармоники PSA на частотах от 250МГц до 2,25 ГГц при включенном преселекторе составляет менее (минус) **78 дБн**, что существенно ниже, чем у лучших западных анализаторов спектра, что позволяет измерять гармоники генераторов сигналов высшего класса и других РЭУ не используя дополнительных измерительных схем и принадлежностей, таких как полосовые и/или режекторные фильтры.

Расчетные значения уровня второй гармоники PSA26 относительно уровня входного сигнала 0дБм, включенном преселекторе и отключенном предусилителе представлены в таблице ниже. При расчете использовано следующее соотношение: $L_H = IP2 + 6дБ + L_{вх}$, где L_H – относительный уровень второй гармоники, IP2 – специфицированный уровень интермодуляционной составляющей второго порядка, $L_{вх}$ – уровень входного сигнала

Основные измерительные возможности

- Анализ спектра в диапазоне от 100 кГц до 26 ГГц
- Измерение фазового шума в непрерывном и импульсном режимах
- Анализ импульсных сигналов и внутриимпульсной модуляции
- Измерения амплитудно-частотных характеристик (АЧХ)
- Анализ переходных процессов

Удобный графический интерфейс

Простой графический интерфейс и удобный доступ к основным функциям позволяет быстро освоить управление прибором и приступить к необходимым измерениям, как опытных инженеров так и начинающих пользователей.

Одной из примечательных особенностей графического интерфейса PSA26 является маркерный курсор - простой, но в то же время незаменимый инструмент, который позволяет очень быстро произвести все необходимые предварительные настройки и оценить получаемый результат за секунды. Вы просто наводите мышью курсор на область отображения спектра на экране и видите координаты положения курсора в единицах градуировки осей (дБмВт по вертикали и Гц по горизонтали). А далее, используя классические маркерные измерения и встроенные функции получить взвешенные результаты для внесения в протоколы измерений.

Применение маркерного курсора возможно в любых режимах анализа спектра, фазового шума, переходных процессов и т.п.

Режим анализатора спектра

RSH Tech@PSA обладает возможностью полноценного наблюдения частотной развертки с широким динамическим диапазоном и высокой скоростью. Анализ спектра, а именно, графическое представление амплитуды сигнала в зависимости от его частоты, является неотъемлемым инструментом измерения, отладки и исследования сигналов различных радиоэлектронных устройств. Данный режим позволяет получить детальную информацию о частотном спектре

сигнала и оценить его качество – определить, какие частотные компоненты присутствуют в сигнале и с какой амплитудой, что важно для множества приложений в различных областях. Отличительной особенностью PSA также является наличие набора фильтров, выполняющих роль преселектора, предотвращающего попадание нежелательных составляющих сигнала в анализатор, обеспечивающие более точные и надежные измерения с широким динамическим диапазоном.

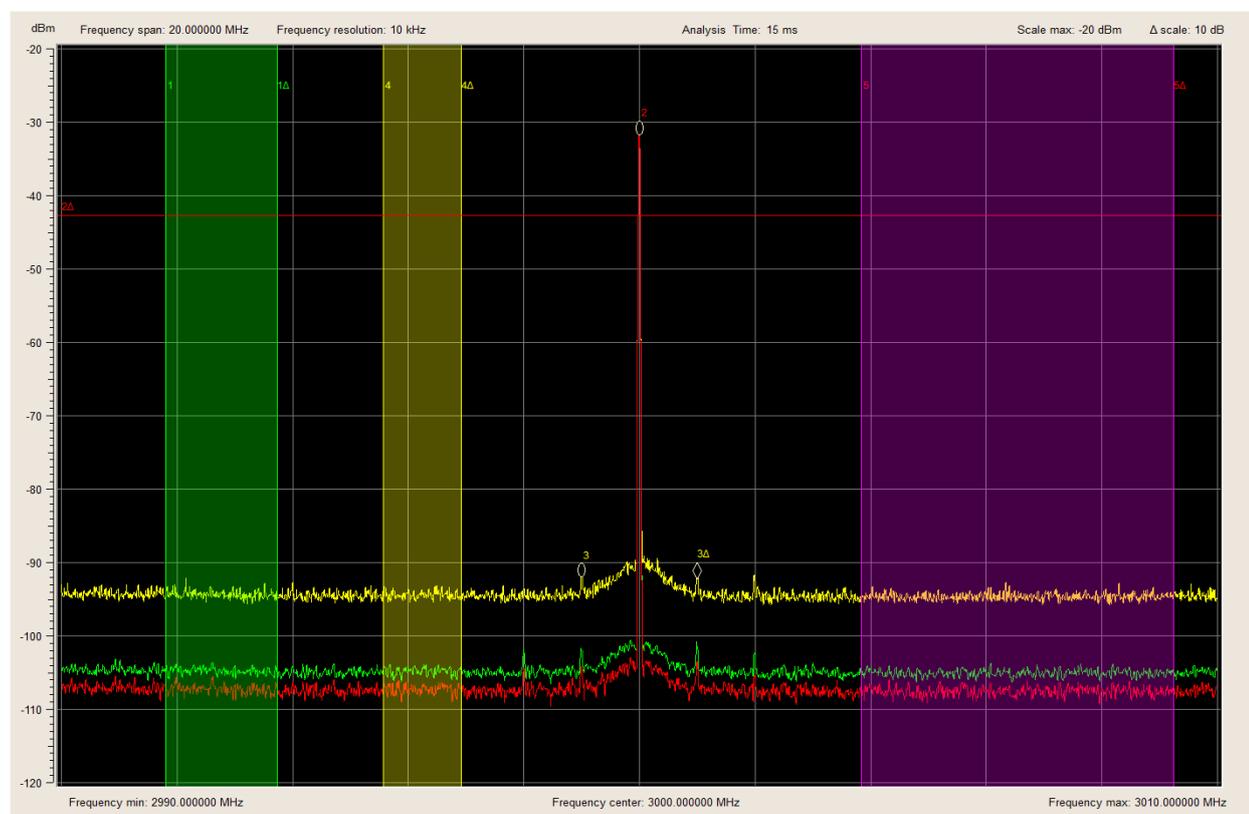


Рис. 2. Режим частотной развертки с применением линейных маркеров
(измерения дельта-величин и интегральных значений внутри выделенной области)

Основные технические характеристики анализатора спектра

Частота

Частотный диапазон	Вход 1: от 100 кГц до 30 МГц Вход 2: от 30 МГц до 26 ГГц
Полоса обзора	Настраиваемая от 1 кГц до 26 ГГц
Минимальная полоса разрешения (RBW)	1 Гц
Точность опорного генератора	$\pm 0,1$ ppm ($25^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$), ± 1 ppm / старение в год

Полоса разрешения

Полосы пропускания фильтров ПЧ (RBW)	от 1 Гц до 10 МГц, 20 МГц в режиме "0 span"
Тип фильтра	БПФ
Оконная функция	Кайзер

Амплитудно-частотные характеристики

Точность определения амплитуды	±1,0 дБ (от 100 кГц до 30 МГц)
	±1,5 дБ (от 30 МГц до 5,8 ГГц)
	±2,0 дБ (от 5,8 ГГц до 26 ГГц)
Перекрытие RBW фильтров	≤ 1,0 дБ
Входной диапазон ослабления аттенюатора	от 0 дБ до 30 дБ с шагом 1 дБ

Средний отображаемый уровень шума DANL (типичные значения)

Коэффициент шума / DANL (при 1 Гц RBW, ослабление встроенного аттенюатора 0 дБ)	12 дБ / -162 дБм (100 кГц до 30 МГц)
	16 дБ / -158 дБм (30 МГц до 3 ГГц)
	18 дБ / -156 дБм (3 ГГц до 5,8 ГГц)
	19 дБ / -155 дБм (5,8 ГГц до 14,5 ГГц)
	24 дБ / -150 дБм (14,5 ГГц до 18 ГГц)
	27 дБ / -147 дБм (18 ГГц до 24 ГГц)
30 дБ / -144 дБм (24 ГГц до 26 ГГц)	

Удобные инструменты контроля и мониторинга спектра

Несмотря на простоту графического интерфейса прибора, его функциональные возможности позволяют максимально полную информацию о составе и характере спектра наблюдаемого сигнала:

Режим спектрограммы «водопад»

Спектрограмма «водопад» - это уже хорошо известный режим отображения спектральных событий в привязке ко временной шкале. Данный функционал отлично зарекомендовал себя в задачах радиомониторинга, а также при анализе профиля и времени перестроения частоты или установки частоты для различных источников сигнала. Он так же может быть весьма полезен инженерам работающим в области радиолокации для анализа импульсных последовательностей и для тестирования систем связи с перестройкой рабочей частоты.

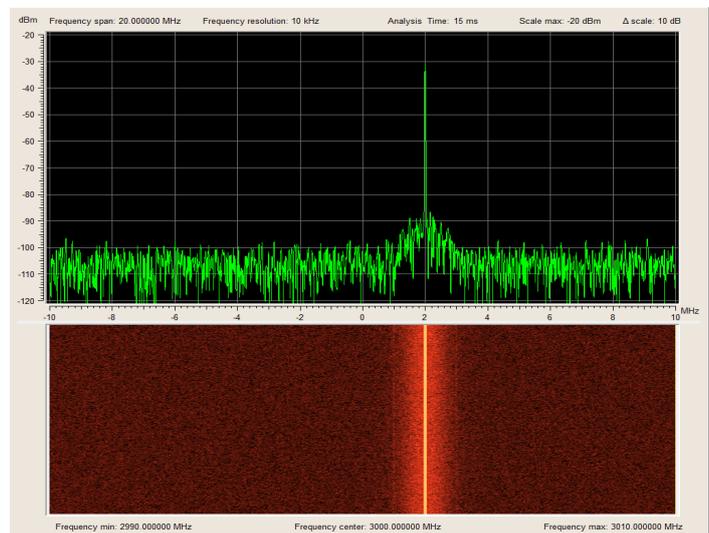


Рис.3. Режим одновременного наблюдения частотной развертки и диаграммы «водопад»

Спектрограмма «водопад» является стандартной функцией RSH Tech®PSA и включается нажатием одной клавиши на панели управления анализатором спектра.

Измерение мощности в канале

Измерения мощности в канале является одним из самых распространённых измерений при разработке и производстве систем связи различного назначения. В приборе используется специальное методическое решение, при котором расчет мощности в указанной полосе частот производится не в постобработке трассы, а посредством обработки первичных данных. При формировании каждого отсчета используется набор цифровых фильтров с перекрытием по уровню - ЗдБ.

Такой подход позволяет снизить методическую погрешность измерения спектральной плотности мощности шума и сложных сигналов, тогда, как при классическом подходе при формировании отсчетов трассы не учитывается перекрытие полосы измерения. Как следствие, шаг фильтра может быть достаточно большим и узкополосные всплески или провалы в спектре могут не учитываться при расчетах.

Анализ импульсных сигналов с внутриимпульсной частотной и фазовой модуляцией

Анализатор спектра и сигналов **RSH Tech®PSA26** разработан с учетом потребностей инженеров, работающих в области радиолокации. Уже в базовой конфигурации прибор оснащен возможностью отображения огибающей радиоимпульса, а также инструментами частотной и фазовой демодуляции. С помощью режима нулевой полосы обзора «zero span», разработчики СВЧ модулей, компонентов и систем в области радиолокации смогут проанализировать форму и качество внутриимпульсной линейной частотной модуляции (ЛЧМ) и фазово-кодовой манипуляции (ФКМ). Данный режим позволяет наблюдать огибающую радиоимпульса в полосе до 20 МГц, что существенно выше, чем в стандартных анализаторах спектра в режиме нулевой полосы обзора.

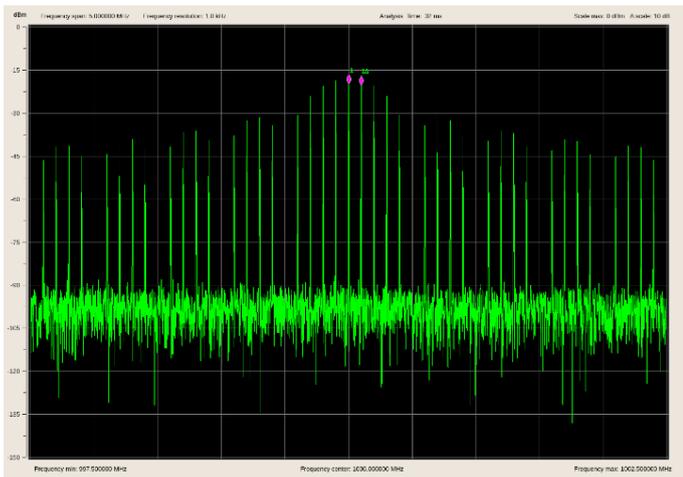


Рис.4. Отображение линейчатого спектра импульсного сигнала в режиме частотной развертки

Частота несущей 1 ГГц, длительность 2 мкс, период 10 мкс

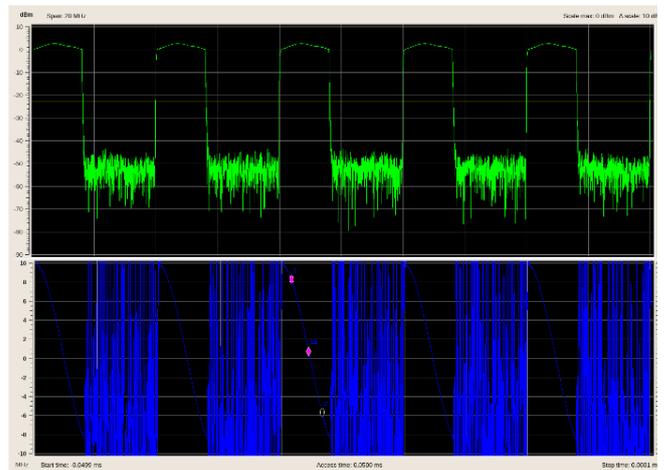


Рис.5. Отображение импульсного сигнала с внутриимпульсной частотной модуляцией

Верхний график – огибающая видеоимпульса

Нижний график – изменение частоты внутри каждого захваченного импульса

Измерение фазовых шумов в непрерывном и импульсном режимах

Анализатор фазовых шумов **RSH Tech®PSA26** способен измерять фазовый шум, остаточный фазовый шум и проводить подавление амплитудной составляющей шумов. В основе метода работы лежит принцип кросс-корреляционной обработки сигнала, поступающего на вход

анализатора, позволяющей более точно измерить уровень фазового шума и оценить его влияние на качество сигнала. Данная методика находит широкое применение в радиосвязи, радиолокации, оптической связи и других областях, где важна стабильность фазы измеряемого сигнала.

С увеличением количества кросс-корреляционных итераций растёт чувствительность анализатора, а соответственно и нижний предел уровня фазовых шумов, который способен измерить PSA26. Для применения анализатора в задачах, связанных с радиолокацией, прибор имеет алгоритм распознавания и обработки импульсно-модулированных СВЧ сигналов, что позволяет проводить измерения фазового шума, в том числе и в импульсном режиме.

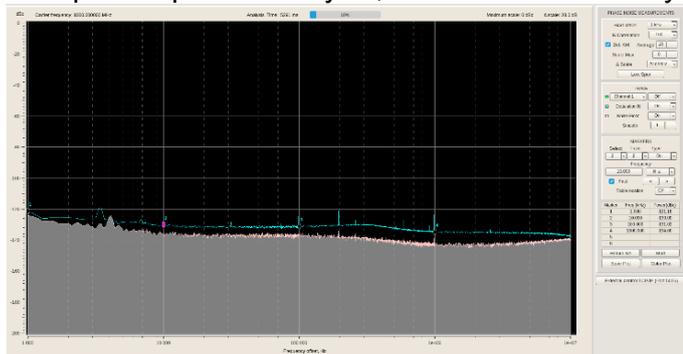


Рис. 6. Результаты измерения фазового шума генератора сигналов на частоте 1 ГГц

Измеренная **кривая** - результат измерения при кросс-корреляционной обработке. Серая область (под кривой) - уровень собственных фазовых шумов прибора (1000 корреляций, частота несущей 1 ГГц, диапазон отстройек от 1 кГц до 10 МГц)

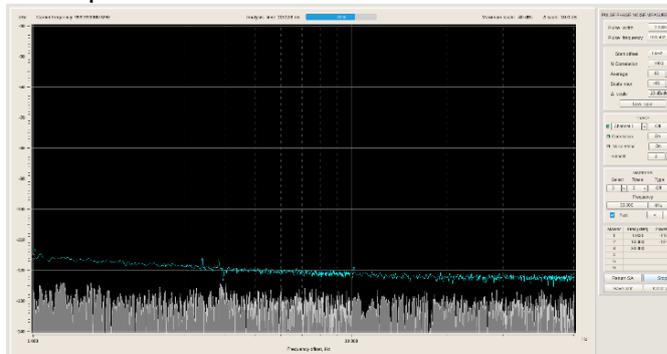


Рис. 7. Результаты измерения фазового шума серийно производимого генератора сигналов на частоте 1 ГГц в режиме импульсной модуляции

Частота несущей 1 ГГц, длительность импульса 2 мкс, период следования импульсов 10 мкс, максимальная величина отстройки $\frac{1}{2}$ от частоты следования импульсов (50 кГц)

Основные технические характеристики анализатора фазового шума

Измерение фазового шума

Диапазон отстроек	от 10 Гц до 10 МГц				
Точность определения ФШ	± 3 дБ (от 10 Гц до 1 кГц отстройки) ± 2 дБ (от 1 кГц до 10 МГц отстройки)				
Количество кросс-корреляций	от 1 до 100 000 в зависимости от отстройки				
Улучшение чувствительности измерения ФШ в зависимости от количества кросс-корреляций:					
корреляций	10	100	1000	10 000	100 000
улучшение на	5 дБ	10 дБ	15 дБ	20 дБ	25 дБ

* Чувствительность к измерению фазовых шумов, дБн/Гц, режим внутреннего LO, тракт (1 + 2), кросс-корреляций = 1, Low-Spur Mode – выкл, предусилитель – выкл:

Частота несущей	Отстройка от несущей						
	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц
10 МГц	-99	-140	-151	-152	-152	-152	-152
100 МГц	-75	-117	-131	-139	-140	-141	-142
1 ГГц	-60	-100	-115	-126	-129	-140	-143
3 ГГц	-49	-90	-106	-118	-120	-130	-142
9 ГГц	-37	-80	-96	-108	-110	-125	-145
18 ГГц	-30	-73	-90	-102	-104	-119	-142
26 ГГц	-30	-70	-89	-99	-101	-113	-138

* При увеличении количества кросс-корреляций чувствительность увеличивается пропорционально $5 \cdot \log(N)$, где N – количество кросс-корреляций

Встроенный источник сигнала/следающий генератор до 26ГГц

Наличие встроенного генератора синусоидального сигнала в диапазоне от 0,1 МГц до 8, 13 или 26 ГГц(в зависимости от модели) является уникальной особенностью RSH Tech@PSA. Данный аппаратный модуль встраивается в прибор для обеспечения функций измерения АЧХ и скалярного КСВ. Однако, возможность независимого управления частотой и уровнем сигнала будет крайне востребована, как для задач предварительной настройки и тестирования исследуемых устройств так и для использования в качестве тестового рабочего сигнала.

Технические характеристики следающего генератора

Частотный диапазон	0.1 МГц до 26ГГц	
Разрешение	1 Гц	
Выходной уровень	–60 дБм до –20 дБм (0.1 МГц до 0.3 МГц)	
	–60 дБм до –10 дБм (0.3 МГц до 24ГГц)	
	–60 дБм до –20 дБм (24 ГГц до 26ГГц)	
Разрешение по уровню	1 дБ	
Уровень фазовых шумов, дБн/Гц	отстройка	частота ВЧ - 1 ГГц
	1 кГц	–113
	10 кГц	–116
	100 кГц	–115
	1 МГц	–129
КСВН на минимальном вых. уровне)	≤ 1.3 (0.1 МГц до 10ГГц)	
	≤ 1.6 (10 ГГц до 15ГГц)	
	≤ 2.0 (15 ГГц до 26ГГц)	
Скорость перестройки	1 мс на точку; Исключение: 60 мс (5.8 ГГц до 5.8 ГГц+ 1 Гц)	
Максимальный уровень обратной мощности	+20 дБм	
Максимальное DC напряжение на входе	0 В, ESD ограничительный диод до ±5.3 В	
Импеданс / тип соединителя	50 Ω / SSMA(вилка)	

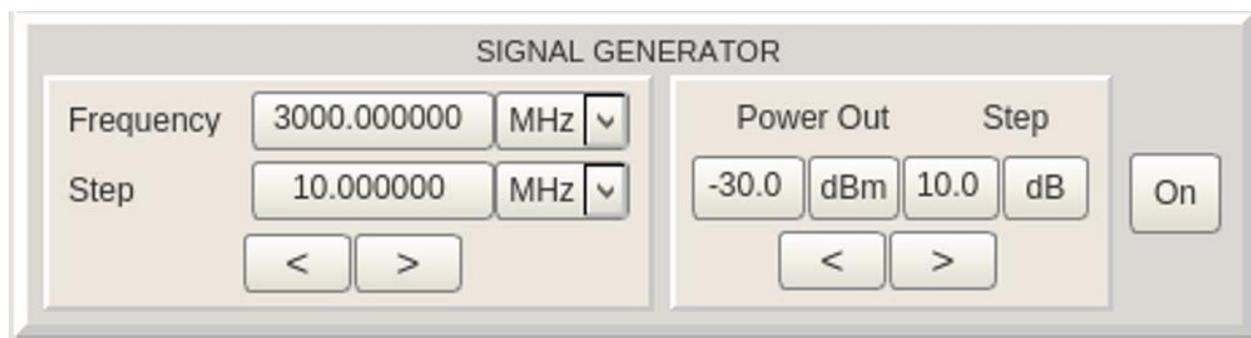
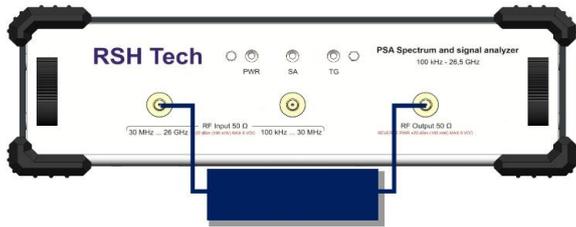
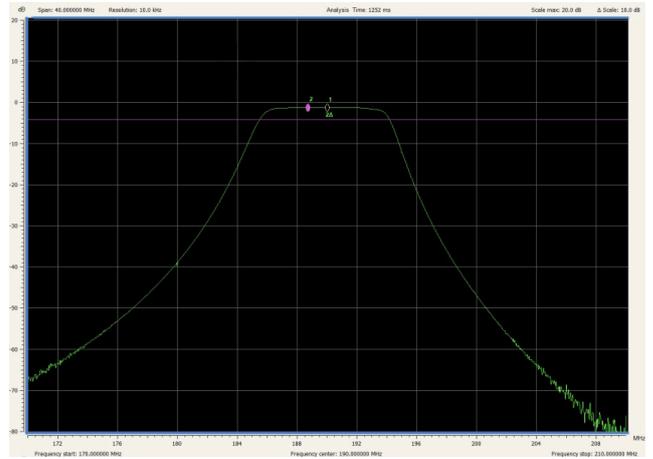


Рис.8. Внешний вид интерфейса управления встроенным генератором

Измерение амплитудно-частотных характеристик (АЧХ)



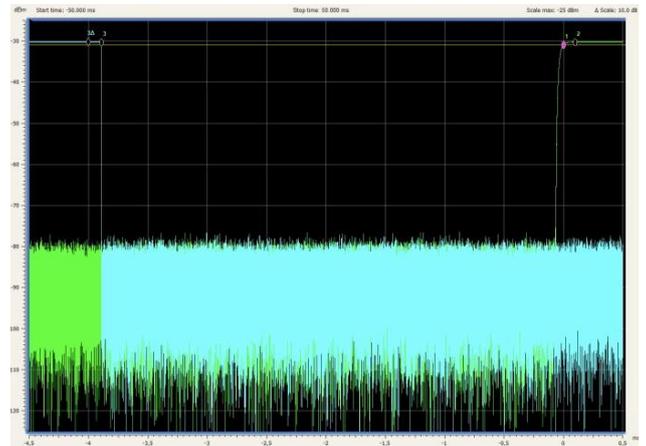
Благодаря наличию встроенного следящего генератора, **RSH Tech@PSA** способен проводить скалярный анализ цепей исследуемых устройств, что существенно увеличивает потенциал его использования. Например, на производстве радиоэлектронных изделий, где необходимо выполнять большое количество тестов при значительном ограничении времени на одну процедуру или бюджета на организацию большого количества рабочих мест. Измерение АЧХ изделий возможно во всем рабочем диапазоне частот прибора так как встроенный генератор работает вплоть до 26ГГц.



Анализ переходных процессов

Процесс комплексного тестирования синтезаторов частот и источников сигналов крайне важен для разработчиков систем, работающих с перестройкой рабочей частоты. Такие задачи требуют измерений частоты и фазы сигнала в зависимости от времени в широкой полосе частот. Это ещё одна замечательная возможность, которая доступна пользователю при работе с **RSH Tech@PSA**.

Анализ переходных процессов используется для наблюдения динамического поведения исследуемого устройства во времени, например, чтобы увидеть как ведёт себя устройство при выходе на «рабочий режим», оценить возможные флуктуации частоты или амплитуды в данный период времени.



Информация для заказа RSH Tech®PSA

Название	Описание
PSA08	Анализатор спектра и измеритель фазовых шумов, 100 кГц – 8 ГГц, адаптер питания 220В AC – 9-20В DC, интерфейсный кабель USB 3,0.
PSA13	Анализатор спектра и измеритель фазовых шумов, 100кГц – 13 ГГц, адаптер питания 220В AC – 9-20В DC, интерфейсный кабель USB 3,0.
PSA26	Анализатор спектра и измеритель фазовых шумов, 100кГц – 26 ГГц, адаптер питания 220В AC – 9-20В DC, интерфейсный кабель USB 3,0.
PSA-HTG	Источник сигнала/Следящий генератор, 0.1 МГц–8/13/ 26ГГц (в зависимости от модели PSA)
PSA-PPNA	Опция измерения фазового шума в импульсе
PSA-RTA	Опция анализа спектра в реально масштабе времени, 20МГц, POI-3мкс
PSA-FRA	Опция измерения АЧХ, 30 МГц– 26ГГ (требуется опция PSA-HTG26)
PSA-TA	Опция анализа переходных процессов

Рекомендованные аксессуары

Название	Описание
PSA-RMU19	Набор для монтажа PSA в стойку 19", размер 2HU
PSA-ONC	Ударопрочный пластиковый кейс для транспортировки с внутренним ложементом для PSA, ПК 17" и принадлежностей.