

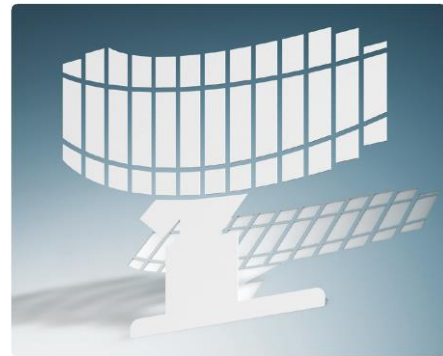
Новый анализатор фазовых шумов R&S FSWP

Измерение фазового шума источников сигналов высшего класса, применяемых в области радиолокации

Обзор приборов и их функциональных возможностей

Изделия:

- R&S®FSWP8
- R&S®FSWP26
- R&S®FSWP50



Введение

Качество источника сигнала – определяющий показатель производительности в передовых радиолокационных приложениях. Чем ниже уровень фазового шума, тем выше пространственное разрешение и тем точнее результаты измерения скорости движущихся объектов. Для измерения фазового шума источников сигналов, работающих в импульсном режиме, а также для улучшения технических характеристик разработчикам необходимо задействовать весьма сложные системы, состоящие из целого ряда компонентов, таких как фазовые детекторы, БПФ-анализаторы и высококлассные источники опорного сигнала. Для обеспечения надлежащей точности измерений такие источники должны обладать значительно более высоким уровнем качества, чем испытываемые устройства (ИУ). Если это недостижимо, разработчики могут также задействовать метод взаимной корреляции с использованием двух параллельных приемных трактов, двух различных источников опорного сигнала и двух фазовых детекторов. Подавление собственного шума источников и компонентов измерительной установки может быть реализовано путем усреднения шума двух измерительных трактов. Все это значительно усложняет измерительную установку, но позволяет добиться существенных улучшений в части чувствительности.

Приведенное ниже уравнение 1 характеризует ожидаемые улучшения.

$$\Delta L = 5 \cdot \log(n) \quad [1]$$

ΔL – улучшение в части чувствительности к фазовому шуму благодаря использованию метода взаимной корреляции (в дБ)

n – количество корреляций / усреднений

Увеличение количества корреляций в 10 раз, например, позволяет снизить уровень фазового шума в измерительной установке на 5 дБ.

Вместе с тем, фазовый шум является ключевым параметром не только для радиолокационных применений, поэтому, зачастую, для решения задач, требующих особой точности измерения, приходится задействовать технически сложные системы, упомянутые выше. Технологии высокоточного измерения фазовых шумов также применяются при измерении параметров высокочувствительных генераторов, таких как термостатированные кварцевые генераторы (ОСХО), генераторы с диэлектрическим резонатором (DRO) и синтезаторы, используемые в научных целях и применениях связанных с передачей данных.

Анализатор фазовых шумов и тестер ГУН-генераторов R&S FSWP (рис. 1) позволяет выполнять все требуемые измерения нажатием одной кнопки, что избавляет от необходимости использования сложных измерительных установок. Благодаря этому

разработчики могут сконцентрироваться на задачах улучшения своих систем, не отвлекаясь на решение вопросов, связанных с контрольно-измерительным оборудованием. Внутренние источники опорного сигнала высшего класса и методы взаимной корреляции в сочетании с дополнительными опциями измерения, такими как измерение фазового шума импульсных источников и определение характеристик вносимого¹ фазового шума (также в импульсном режиме) компонентов по нажатию одной лишь кнопки, делают измерительный прибор незаменимым инструментом для решения задач в области радиолокации.



Рисунок 1 – Анализатор фазовых шумов и тестер ГУН-генераторов R&S FSWP. На экране показан результат измерения фазового шума высокочастотного термостатированного кварцевого генератора (ОСХО), для которого уровень шума при отстройке частоты 1 МГц составляет -190 дБн/Гц.

Прибор R&S FSWP поддерживает также работу в режиме анализатора спектра и сигналов. Этот инструмент является незаменимым, например, для проверки уровня и частоты измеряемого сигнала на соответствие ожидаемым значениям. Анализатор R&S®FSWP является комплексным решением, поэтому технические специалисты могут с легкостью переключаться между различными измерительными каналами (рис.2).



¹ Также называемый аддитивным фазовым шумом.

Рисунок 2 – Многооконный режим отображения результатов измерений в импульсном режиме. На едином экране показан результат измерения фазового шума, амплитудного шума, анализа спектра в нулевой полосе обзора с режимом спектрограмма, и анализа спектра при установленной полосе обзора.

Измерение фазового и амплитудного шума с высокой чувствительностью

Использование прибора R&S®FSWP избавляет от необходимости применения внешних источников опорного сигнала или других сложных установок для измерения фазового шума стабильных генераторов радиолокационных систем. Его внутренний гетеродин превосходит большинство доступных на рынке генераторов или источников сигнала в части характеристик фазового шума. На рисунке 3 показано типовое значение фазового шума для внутреннего гетеродина. Для достижения еще более высокого уровня чувствительности используется метод кросс-корреляционной обработки с участием второго внутреннего гетеродина, что позволяет добиться до 25 дБ лучшей чувствительности 25 дБ (опция R&S®FSWP-B60). Серая область под измеренной кривой показывает достижимый уровень чувствительности для конкретного измерения при выбранном количестве корреляций (см. рис.1,2). Процесс вычисления корреляции может быть прерван автоматически, если последующие корреляции не приведут к улучшению чувствительности. Благодаря внутренним маломушумящим источникам анализатора для измерения характеристик высокочастотного генератора зачастую достаточно всего нескольких корреляций. Пользователи могут получить достоверные результаты в 100 раз быстрее, чем при использовании сопоставимых систем, что является явным преимуществом, позволяющим сократить время разработки и производства.

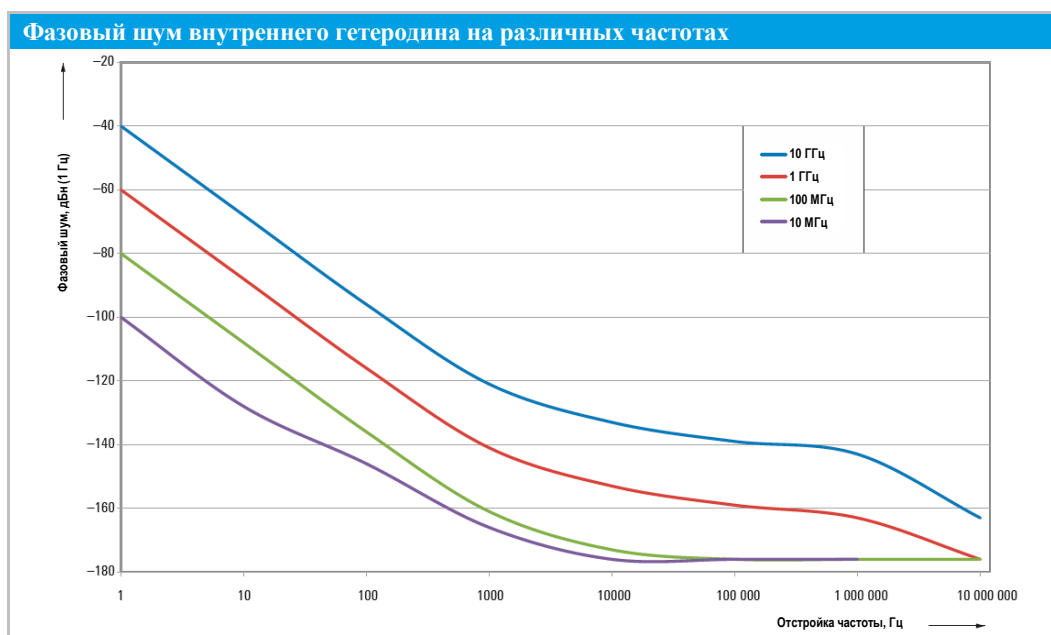


Рисунок 3 – Фазовый шум внутреннего гетеродина прибора R&S FSWP на различных частотах.

В дополнение к измерению фазового шума анализатор R&S®FSWP поддерживает возможность измерения амплитудного шума – характеристики, значимость которой постоянно растет, особенно в части методов цифровой модуляции. Пользователи могут задействовать высокоэффективный метод взаимной корреляции для проведения измерений с чувствительностью на 20 дБ больше, чем при использовании диодных детекторов (самый распространенный в настоящее время метод). Фазовый и

амплитудный шум могут быть также одновременно отображены на диаграмме или в двух окнах (см. рис. 2).

Измерение фазового шума импульсных источников одним нажатием кнопки

Сигналы радиолокационных систем в авиационной и оборонной промышленности почти всегда имеют импульсную форму. Раньше в состав испытательных установок для измерений фазового шума источников этих сигналов входили чрезвычайно дорогие и сложные системы, поскольку требовалось синхронизировать импульсные источники с ИУ. Кроме того, инженеры испытывали необходимость в получении точной информации о характеристиках импульсов, что, при условии получения стабильных результатов измерения, требовало существенного количества времени. Теперь все это в прошлом. Анализатор R&S®FSWP, оснащенный опцией R&S®FSWP-K4, позволяет выполнять эти измерения простым нажатием кнопки. Прибор обеспечивает запись сигнала, автоматически рассчитывает все требуемые параметры, такие как частота следования и длительность импульсов (см. рис. 4), демодулирует сигнал и отображает графики фазового и амплитудного шумов. Определение максимального диапазона отстройки частоты и калибровка измерения выполняются автоматически. Все это избавляет пользователей от необходимости задания точных значений данных параметров. При этом пользователи могут определить настройки стробирования, например, для подавления импульсных помех или увеличения чувствительности. Для измерения характеристик высококачественных источников также можно воспользоваться методом взаимной кросс-корреляции, что позволяет компенсировать падение чувствительности, которое приводит к сужению динамического диапазона, поскольку наличие длительных межимпульсных интервалов является причиной значительного снижения средней мощности импульсных сигналов.

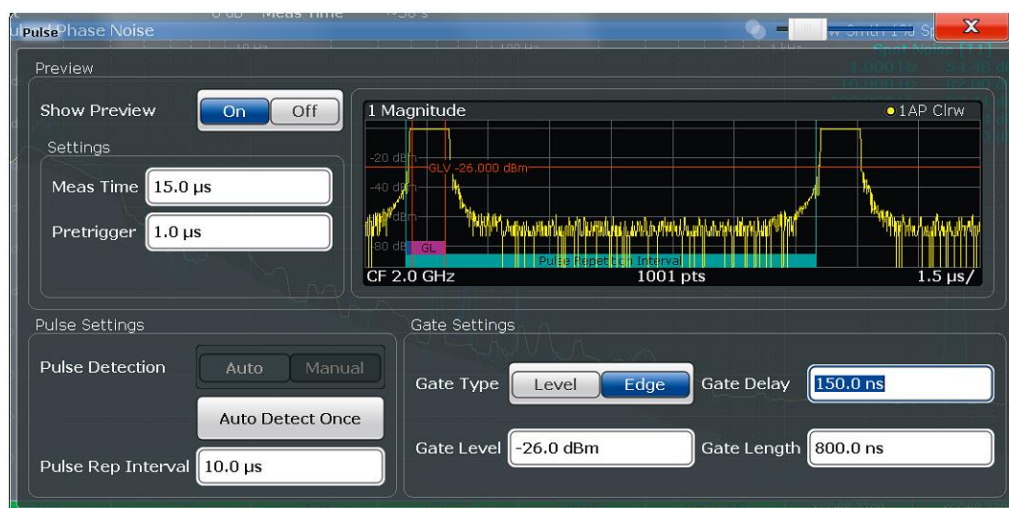


Рисунок 4 – Режим отображения параметров измеряемого импульсного сигнала. Прибор автоматически измеряет параметры импульса, при этом пользователи имеют возможность задавать настройки стробирования.

Благодаря возможности использования в качестве анализатора спектра и сигналов применение прибора R&S FSWP не ограничивается только измерением фазового шума в импульсном режиме. Опция R&S FSWP-K6 позволяет также автоматически измерять все параметры, необходимые для определения характеристик импульсных источников,

такие как длительность, частота повторения, время нарастания и спада импульса и так далее, а также проследивать динамику изменения значений этих параметров.

Внутренний источник для измерения вносимого фазового шума, в том числе и для импульсных сигналов

При определении характеристик и оптимизации радиолокационных систем следует учитывать остаточный фазовый шум таких компонентов, как усилители. Для этого прибор R&S®FSWP оснащен внутренним источником сигналов (опция R&S®FSWP-B64). Двухпортовые компоненты (четырёхполюсники) могут оказывать отрицательное влияние на фазовый шум сигнала и вносить шум (аддитивный фазовый шум), даже если они сами по себе не генерируют сигнал. При разработке передовых радиолокационных решений, очень важно знать, какой уровень фазового шума добавляют отдельные компоненты системы, в частности, усилители, к фазовому шуму гетеродина в сигнальном тракте. Без соблюдения этого условия разработка передатчиков с исключительно низким уровнем шума становится невозможной.

С помощью анализатора R&S FSWP это, некогда сложное измерение, требующее использования высококачественных источников и дополнительных внешних фазовращателей, может быть выполнено простым нажатием кнопки. Пользователям необходимо лишь соединить внутренний источник сигнала с входом ИУ и подключить выход ИУ к прибору R&S®FSWP. В этом режиме работы анализатор R&S®FSWP использует метод кросс-корреляции, позволяющий подавлять вносимый фазовый шум внутреннего преобразователя частоты.

Опция R&S®FSWP-K4 позволяет использовать прибор R&S®FSWP для измерения вносимого фазового шума импульсных сигналов. При определении характеристик и оптимизации компонентов радиолокационных передатчиков измерение должно проводиться в реальных условиях, т.е. с использованием импульсных сигналов, поскольку импульсные и непрерывные сигналы оказывают различное влияние на характеристики компонентов.

Заключение

Новый анализатор фазовых шумов и тестер ГУН R&S FSWP является не просто представителем нового поколения анализаторов сигналов высшего класса. Данный инструмент позволяет реализовать комплексные измерения фазовых шумов в рабочих режимах приема-передающих модулей РЛС, отдельных компонентов и любых других источников сигналов не прибегая к постоянному изменению измерительной установки, использованию дополнительных приборов других типов или построению сложной многокомпонентной измерительной системы, требующей непростой настройки и калибровки. Прибор FSWP это готовое заводское решение, настройка и управление которым под силу, как опытным специалистам, так и начинающим инженерам.

Основные технические характеристики R&S®FSWP

I Частота

Частотный диапазон измерения фазового и амплитудного шумов

R&S®FSWP8 от 1 МГц до 8 ГГц

R&S®FSWP26 от 1 МГц до 26,5 ГГц

R&S®FSWP50 от 1 МГц до 50 ГГц

I Базовые измеряемые параметры

- Однополосный (SSB) фазовый шум,
- Побочное излучение,
- СКЗ девиации фазы,
- Паразитная ЧМ,
- Временной джиттер

Диапазон частот отстройки	входной сигнал ≤ 1 ГГц	от 10 мГц до 30% от несущей частоты
	входной сигнал > 1 ГГц	от 10 мГц до 300 МГц

Типовые измеренные значения фазового шума на несущей частоте 1 ГГц, с кросс-корреляцией

Частота на ВЧ-входе	Отстройка от несущей								
	1 Гц	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц	≥ 30 МГц
1 ГГц	-62	-94	-122	-146	-172	-179	-179	-179	-179