

Измерения фазовых шумов импульсных сигналов с использованием анализаторов фазового шума R&S FSWP

Часть 2

Кирилл Румянцев (kirill.rumyantsev@rohde-schwarz.com),
Николай Лемешко (nlem83@mail.ru)

В статье рассматриваются вопросы измерения фазовых шумов сигналов с импульсной модуляцией, широко применяемых в радиолокации.

В первой части были проанализированы их спектральные особенности и теоретические ограничения, определяемые импульсным режимом работы устройств, рассмотрен метод цифровой фазовой демодуляции с кросс-корреляционной обработкой.

Во второй части рассматриваются функциональные особенности анализаторов R&S FSWP. Авторы расскажут, как проводили измерения фазового шума сигнала с импульсной модуляцией с учётом десенсбилизации, а также измерения для импульсно модулированной несущей на анализаторе R&S FSWP. Также будет представлен анализ амплитудной и фазовой стабильности сигналов с импульсной модуляцией.

Функциональные особенности анализаторов R&S FSWP

Анализатор R&S FSWP [3] – это полнофункциональный и комплексный анализатор фазового шума с кросс-корреляционной обработкой. FSWP позволяет проводить измерения фазового и амплитудно-модулированного шума как непрерывных, так и импульсных сигналов на частотах до 50 ГГц. Помимо измерений фазового шума анализатор FSWP, оснащённый опцией B1, позволяет проводить полноценный анализ сигналов и спектра с полосой частот цифрового анализа до 320 МГц.

Анализатор R&S FSWP позволяет выполнить большинство измерений, просто подключив сигнал к анализатору и нажав на кнопку выбора режима измерений. После завершения измерений можно ото-

бразить на экране кривые для фазового и амплитудного шумов, это также верно и для случая измерения фазового шума в импульсном режиме. В случае импульсной модуляции несущей анализатор автоматически измеряет частоту несущей, длительность импульса и частоту повторения импульсов, а затем конфигурирует анализатор для проведения измерений без вмешательства пользователя.

Как и другие системы с кросс-корреляцией, анализатор R&S FSWP разделяет входной сигнал и подаёт его на два независимых измерительных канала обработки, однако дальнейшая обработка выполняется по существенно отличающимся принципам.

На рисунке 11 показана упрощённая блок-схема анализатора R&S FSWP. На этой схеме можно чётко различить

два кросс-корреляционных канала с соответствующими гетеродинами и опорными генераторами, показанными слева. После разветвителя сигнал для каждого канала проходит через полосовой фильтр и подаётся на квадратурный смеситель. Аналоговый квадратурный смеситель с помощью сверхмаломощного опорного генератора переносит сигнал на низкую или нулевую промежуточную частоту, в зависимости от измеряемой отстройки частоты. Сигналы с выходов квадратурных смесителей каналов 1 и 2 подаются либо на маломощный усилитель, либо на усилитель-ограничитель и затем на соответствующий АЦП с частотой дискретизации 100 млн отсчётов/с. Сигналы с выходов всех четырёх АЦП затем подаются на ПЛИС и программное обеспечение на ПК для дальнейшей обработки. Комплексные низкочастотные сигналы с каждого канала (I и Q) оцифровываются, затем на ПЛИС выполняется их цифровая обработка в реальном времени.

На рисунке 12 показан принцип обработки сигнала на ПЛИС для одного канала. Сигналы I и Q после оцифровки и последующего выравнивания (эквализации) подаются на цифровой преобразователь с понижением частоты, который формирует поток I-Q-данных для дальнейшей обработки. Комбинация аналогового квадратурного смесителя и цифрового эквалайзера обеспечивает подавление паразитной амплитудной модуляции более чем на 40 дБ, в отличие от 15...30 дБ, характерных для стандартных аналоговых систем ФАПЧ, таким образом, снижая вероятность коллапса взаимного спектра [4]. Коллапс взаимного спектра может возникнуть, если амплитудный шум появляется на обоих входах анализатора кросс-корреляционного спектра и оказывается инвертированным по фазе из-за неидеальности смесителей, которые используются в качестве фазовых детекторов.

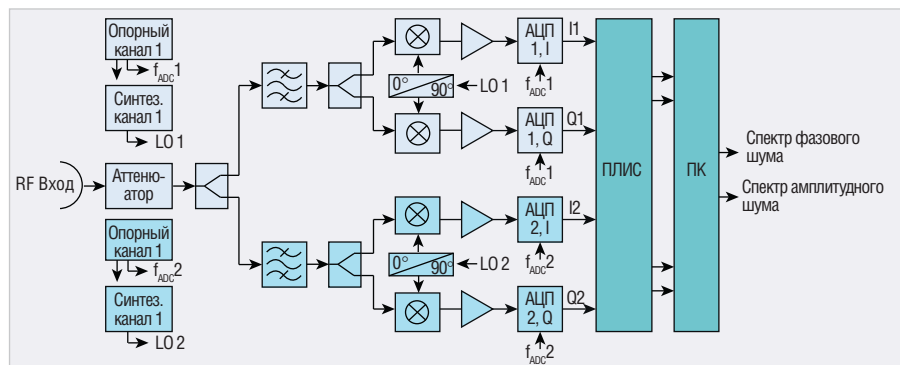


Рис. 11. Блок-схема радиотракта анализатора R&S FSWP

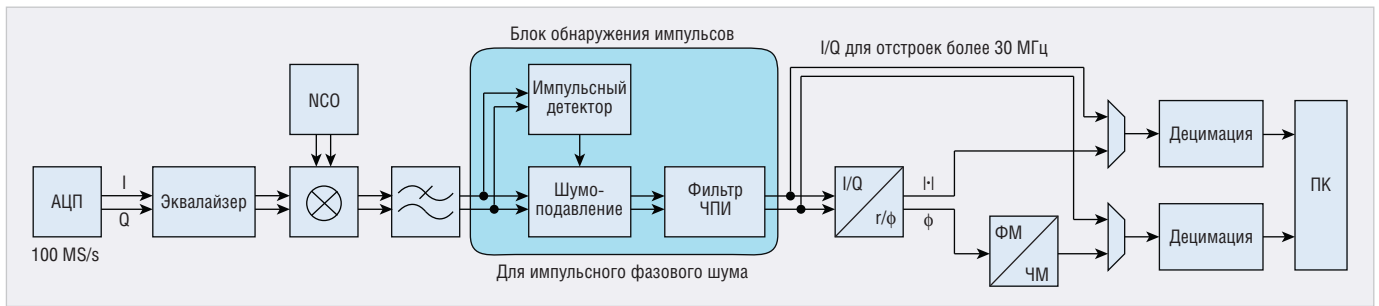


Рис. 12. Обработка сигнала на ПЛИС анализатора R&S FSWP

Цифровой преобразователь с понижением частоты позволяет получить точные I- и Q-сигналы, которые не искажены типичными помехами I-Q демодулятора, такими как I-Q дисбаланс или квадратурные ошибки. После цифрового преобразователя с понижением частоты сигнал проходит через фильтр низких частот (ФНЧ), чтобы устранить высокочастотные гармоники, возникшие после смесителя. После этого сигнал подаётся на импульсный детектор и цепь шумоподавления, которые используются в случае измерения параметров импульсной несущей. Этот процесс будет более подробно описан в следующих параграфах. Для непрерывных несущих сигнал подаётся на цифровой частотный демодулятор, который заменяет традиционный фазовый детектор систем с ФАПЧ опорного генератора.

Цифровой демодулятор передаёт информацию о низкочастотном дрейфе цифровому преобразователю с понижением частоты для коррекции дрейфа сигнала испытуемого устройства (ИУ) и формирует кратковременные флуктуации частоты, обрабатываемые ПК посредством быстрого преобразования Фурье (БПФ) в спектральную плотность флуктуаций частот $S_f(f)$, которую можно легко преобразовать в спектральную плотность флуктуаций фазы $S_\phi(f)$ и фазовый однополосный шум. Кроме того, параллельно с ЧМ-демодулятором работает цифровой АМ-демодулятор, что позволяет проводить одновременные измерения амплитудного и фазового шума.

Стоит отдельно отметить, что упомянутая выше возможность одновременного измерения амплитудного и фазового шума ИУ без применения отдельных или внешних амплитудных детекторов является очень важной и уникальной особенностью конструкции прибора R&S FSWP, дающей возможность измерения таких шумовых параметров без дополнительной перекоммутации.

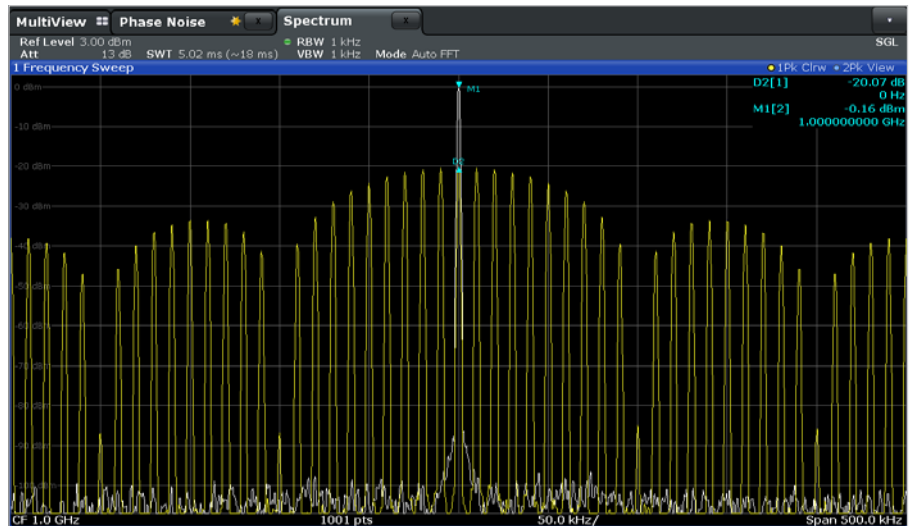


Рис. 13. Спектр непрерывной несущей (белая кривая) и спектр той же самой несущей с импульсной модуляцией (жёлтая кривая)

Измерение фазового шума сигнала с импульсной модуляцией с учётом десенсibilизации

Существует ряд проблем, усложняющих измерения фазового шума для импульсно-модулированной несущей: отсутствие уникальной информации о фазовом шуме для отстроек частоты, превышающих $F/2$, необходимость использования фильтра низких частот с частотой среза $F/2$. Имеются также проблемы, связанные с импульсной модуляцией опорного источника, необходимой для минимизации перегрузки малошумящего усилителя. Дополнительной сложностью является десенсibilизация (просадка амплитуды импульса). Все эти факторы оказывают негативное влияние на точность измерения фазового шума.

На рисунке 13 показан спектр непрерывной несущей (синяя кривая) и спектр той же самой несущей с импульсной модуляцией (жёлтая кривая). Следует обратить внимание, что центральная линия спектра импульсного сигнала на 20,07 дБ меньше, чем у непрерывного сигнала. Десенсibilизация импульса возникает из-за того, что импульс-

ная модуляция несущей распределяет энергию несущей по широкой полосе частот. Разницу в мощностях несущей модулированной и непрерывной сигналов часто называют коэффициентом десенсibilизации импульса, который составляет $20\lg(\tau F)$. Для спектра импульсного сигнала, изображённого на рисунке 13, длительность импульса составляет 10 мкс, период повторения импульса – 100 мкс, таким образом, десенсibilизация равна 20 дБ.

При измерениях фазового шума импульсная модуляция в данном примере снижает мощность несущей на 20 дБ, приближая её к уровню собственных шумов анализатора. Теоретически нижний порог измерения фазового шума ограничен тепловым шумом. Тепловой шум при комнатной температуре равен -174 дБмВт/Гц. Так как фазовый шум и шум амплитудной модуляции вносят равный вклад в тепловой шум, вклад фазового шума в тепловой шум составляет -177 дБмВт/Гц, т.е. он на 3 дБ меньше, чем полная мощность теплового шума. Если мощность сигнала несущей мала, например -20 дБмВт, предел, до которого можно измерить фазовый шум, – это разница между мощностью сигнала несущей и

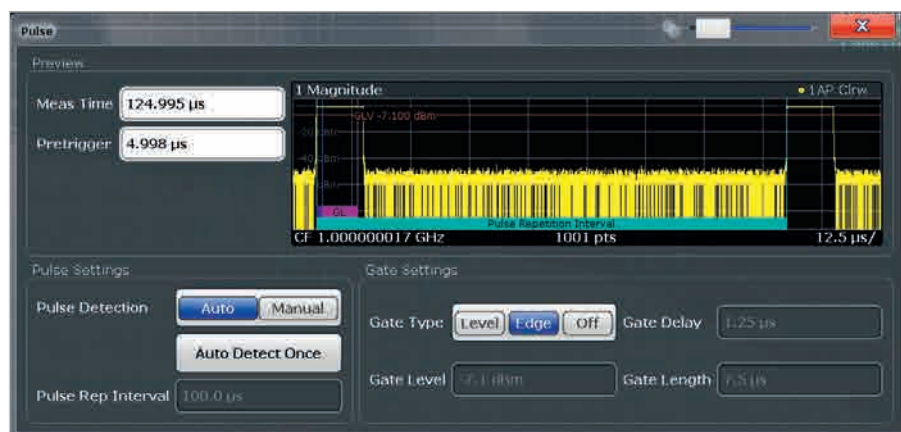


Рис. 14. Меню конфигурации Pulse config анализатора R&S FSWP

вкладом фазового шума в тепловой шум, т.е. для рассматриваемого примера это –157 дБн/Гц. Повышение мощности сигнала позволяет измерить фазовый шум до более низкого уровня. Таким образом, десенсibilизация импульса снижает чувствительность измерения фазового шума.

Измерения для импульсно-модулированной несущей на анализаторе R&S FSWP

Приведённое описание десенсibilизации импульса необходимо для пояснения важного различия между анализатором R&S FSWP и классическими системами измерения фазового шума. После цифровой обработки, пояснённой блок-схемой на рисунке 12, отсчёты импульсного сигнала поступают в программное обеспечение анализатора R&S FSWP, в котором используются специальные алгоритмы обнаружения импульса для установки маркеров начала и конца каждого импульса.

Маркеры импульсов используются блоком обнаружения импульсов, показанным на рисунке 12, для автоматического определения длительности и периода повторения импульсного модулирующего сигнала. Длительность импульса используется для установки параметров стробирования по импульсу, таким образом, анализатор R&S FSWP обрабатывает информацию о фазовом шуме только во время появления импульса. Так как для измерения фазового шума вблизи несущей необходимо очень высокое разрешение по частоте, анализатор должен использовать длительное время записи (во много раз больше, чем период повторения импульсов) для обработки сигнала. Используя стробирование по фронту, он выполняет точное стробирование во времени и вычисляет коэффициент заполнения

на основе длительности строба и периода сигнала. Так как блок шумоподавления полностью обнуляет сигнал между импульсами, компенсируется половина потерь из-за десенсibilизации импульса. Кроме того, зная коэффициент заполнения импульсного сигнала, схема цифровой обработки сигналов анализатора R&S FSWP может использовать усиление для компенсации оставшейся части потерь из-за десенсibilизации импульса. Для получения оптимальной производительности измерений фазового шума импульсной несущей необходимо использовать запуск по фронту (Edge), как это показано на рисунке 14. На этом рисунке показан экран конфигурации измерения импульсных сигналов на анализаторе R&S FSWP.

В данном меню (см. рис. 14) можно включить автоматическое или ручное обнаружение импульсов. По умолчанию используется автоматический режим. В этом режиме анализатор автоматически обнаруживает импульсы и центрирует временной строб в пределах 75% центральной части импульса. Временное стробирование можно отключить с помощью переключателей Gate Type или переключить в режим запуска по уровню (Level), в котором можно задать требуемый уровень стробирования. Наконец, в режиме ручного обнаружения импульсов можно задать задержку и длительность строба для измерения на конкретном участке импульса. На графике в верхней части меню задержка строба отображается синим маркером (линией) в нижней левой части импульса и помечена как GD. Область GL отображает время, в течение которого срабатывает строб, и анализатор R&S FSWP проводит измерения фазового шума.

Для измерения фазового шума обычно необходимо использовать сотни импульсов. Отсюда можно сделать

вывод, что предпочтительнее использовать сигналы с постоянной частотой повторения импульсов. Опытные пользователи могут, при желании, вручную изменить задержку и длительность строба для измерения фазового шума в конкретной области импульса. Но если строб выйдет за пределы импульса, к результатам измерения будет добавлен дополнительный шум, что ограничит технические характеристики анализатора.

Ещё один важный аспект – это требуемая для измерения фазового шума минимальная длительность импульса. Как следует из схемы (см. рис. 11), после квадратурного смесителя расположены четыре аналогово-цифровых преобразователя с частотой дискретизации 100 млн отсчётов/с. Для измерения фазового шума с помощью анализатора FSWP необходимо по крайней мере десять отсчётов на импульс; таким образом, минимальная длительность импульса составляет 100 нс.

Большинство систем измерения фазового шума на основе ФАПЧ обладают достаточно серьёзными ограничениями на минимальный коэффициент заполнения из-за десенсibilизации импульса. Анализатор R&S FSWP не настолько чувствителен к минимальному коэффициенту заполнения и остаётся способным выполнять точные измерения с коэффициентом заполнения менее 1%.

На рисунке 12 синим прямоугольником выделен блок обработки сигналов, предназначенный для измерения импульсных несущих. На основе маркеров начала и конца импульсов, полученных в программном обеспечении, детектор импульсов формирует стробы для блока шумоподавления. Блок шумоподавления обнуляет сигнал за пределами длительности импульса, что позволяет полностью устранить весь широкополосный шум между импульсами, тем самым расширив динамический диапазон измерений.

Далее следует блок IQ/LP. Это цифровой ФНЧ, вычисляемый на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС), для подавления частотных составляющих, лежащих за пределами F/2, которые не содержат уникальной информации о фазовом шуме. Такой подход обеспечивает преимущество анализатора R&S FSWP по сравнению с большинством систем измерения фазового шума, в которых пользователь должен сам определить значение

Ф и выбрать подходящий фильтр. Обычно подходящий фильтр не реализован в измерительной системе, поэтому приходится использовать внешний фильтр.

Анализатор FSWP позволяет значительно упростить этот процесс, благодаря автоматическому формированию подходящего фильтра цифровыми методами, что освобождает пользователя от необходимости проделывать всю эту работу самостоятельно. Кроме того, на результаты измерения не влияют внешние фильтры и фазовые детекторы, которые являются дополнительным источником помеховых сигналов и шумов. Ещё одним важным преимуществом анализатора R&S FSWP является основанное на цифровой обработке сигналов обнаружение импульсов и их обработка, которая позволяет стробировать импульсы и проводить измерения в центральной части импульса, без необходимости иметь дело с переходными процессами, а также компенсировать потери от десенсibilизации импульса, о чём уже говорилось.

Можно привести пример измерения фазового шума импульсной несущей с помощью анализатора FSWP. Как и раньше, будет использоваться импульс длительностью 10 мкс, который уже упоминался в этой статье.

На рисунке 15 показаны результаты одновременного измерения фазового и амплитудного шумов на анализаторе R&S FSWP. Результаты полного измерения фазового шума импульсного сигнала получены менее чем за 1 минуту после простой установки параметров.

Анализ амплитудной и фазовой стабильности сигналов с импульсной модуляцией

Чем выше амплитудная и фазовая стабильность в рамках радиолокационного импульса, тем больше информации может извлечь РЛС при анализе принятого сигнала. При этом проведение измерений стабильности с требуемым уровнем чувствительности всегда было сложным и дорогостоящим процессом. Расширение R&S FSWP-K6P опции анализа импульсных сигналов FSWP-K6 [5], предназначенное для аппаратно-программной платформы анализатора R&S FSWP, делает эти измерения простыми, а интерпретацию и анализ данных более понятными и наглядными.

В рабочем режиме РЛС принимает отражённые сигналы не только от целей, которые должны быть обнаружены, но и от прочих окружающих объ-



Рис. 15. Результаты измерения фазового и амплитудного шумов импульсной несущей с помощью анализатора R&S FSWP

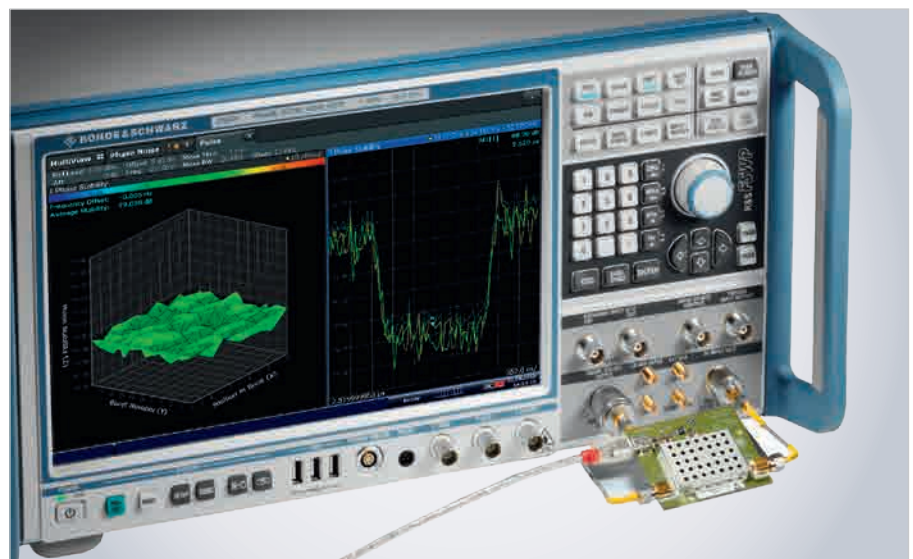


Рис. 16. Внешний вид установки для измерения амплитудной и фазовой стабильности импульсов и оценки уровня шума, вносимого услителем мощности (с порта генератора прибора R&S FSWP подаётся импульсный сигнал, который анализируется на выходе усилителя, подключённого к входному порту)

ектов: деревьев, зданий и даже волн на водной поверхности. Эти случайные отражённые сигналы играют роль пассивных помех, не представляют интереса для операторов РЛС и ухудшают рабочие характеристики системы. Однако обработка сигналов в современных лоаторах может обнаруживать и подавлять нежелательные отражения, сравнивая, например, фазы и амплитуды последовательных отражённых сигналов и отображая только движущиеся цели. Чем выше фазовая и амплитудная стабильность передаваемых импульсов, тем точнее будут результаты обработки сигнала. При наличии высокостабильного рабочего сигнала можно предполагать, что любые изменения фазы и амплитуды связаны с целью, а не с нестабильно-

стью в передающей системе. Поэтому знание фазовой и амплитудной стабильности передаваемых импульсов имеет важнейшее значение при оценке чувствительности РЛС. Точное измерение параметров импульсов необходимо для того, чтобы до максимума повысить общую чувствительность системы и обеспечить обнаружение целей с небольшим значением эффективной площади рассеяния (ЭПР), таких, например, как малоразмерные беспилотные летательные аппараты.

В сравнении с предшествовавшими реализациями систем оценки стабильности импульсных сигналов, современное решение, основанное на применении анализатора фазовых шумов FSWP, выглядит существенно проще (см. рис. 16). Опция FSWP-K6P специально предна-

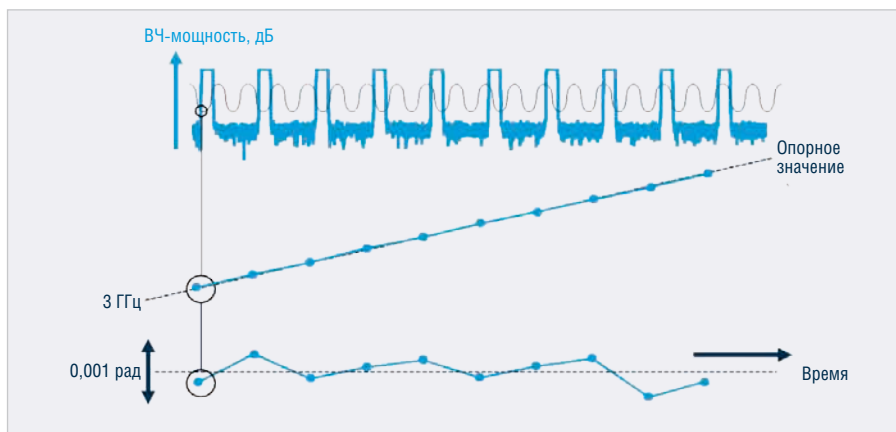


Рис. 17. Пример анализа отклонения фазы от импульса к импульсу относительно опорного значения

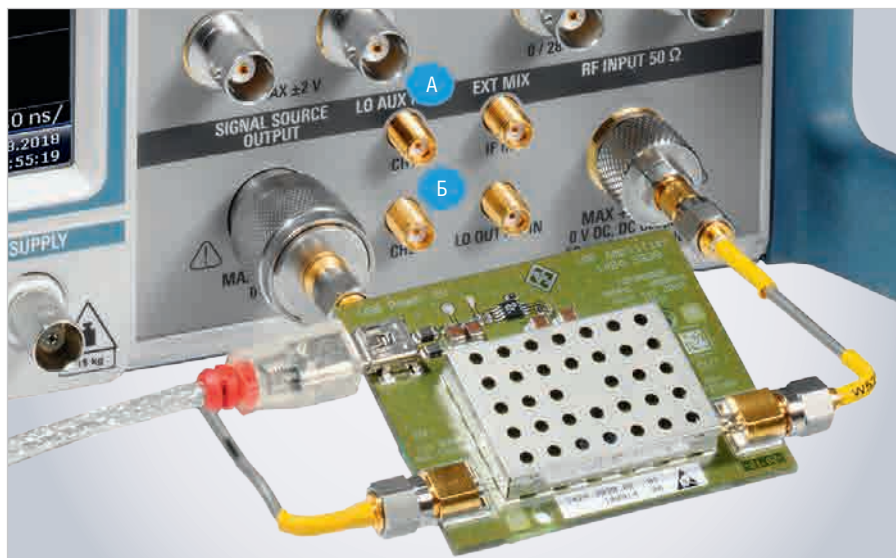


Рис. 18. Вид передней панели прибора R&S FSWP, оснащённого входами для внешнего гетеродина (входы типа SMA обозначены символами А и Б)

значена для определения характеристик стабильности импульсов. Данное программное расширение использует преимущества аппаратного обеспечения анализатора R&S FSWP, которое имеет более низкий уровень собственного шума и измеряет стабильность фазы и амплитуды с более высокой чувствительностью, чем обычный анализатор спектра. Встроенный в анализатор источник сигналов (опция R&S FSWP-B64) может генерировать тестовые сигналы – периодические импульсы и импульсные последовательности с параметрами, определяемыми пользователем. Сигнал поступает на вход ИУ, например усилителя, и измеряется на выходе, подключённом к приёмному тракту прибора. Поскольку фазовый шум в импульсах, подаваемых со встроенного генератора, и шум гетеродина в R&S FSWP идентичны, т.к. сигнал генерируется в обоих случаях одним источником, и коррелированы, данный фазовый шум может быть эффективно подавлен так, как это было описано выше, и оста-

нется только изменение фазы, вызванное ИУ. Такое измерение «вносимого» шума обеспечивает чувствительность более 80 дБ при анализе импульсной фазовой и амплитудной стабильности последовательности импульсов.

Мерой фазовой стабильности или фазовой стабильностью в общем случае считается отклонение фазы импульса от опорной фазы относительно 1 рад. Опорная фаза рассчитывается как среднее значение фазы в импульсе или усреднённое значение по всем импульсам последовательности. Фазой импульса может считаться любой отсчёт в импульсе, если производится анализ изменения фазы внутри импульса, или усреднённое значение фазы по всему импульсу, если сравнение идёт с другими импульсами последовательности.

Данный параметр задаётся пользователем при измерении в настройках трассы. Схематичная иллюстрация определения фазовой стабильности приведена на рисунке 17.

Значение фазовой стабильности в дБ рассчитывается по формуле:

$$\text{Фазовая стабильность} = 10 \lg \left(\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (\theta_{i+1} - \theta_i)^2 \right),$$

где θ_i – фаза в точке измерения i -го импульса из N заданных импульсов.

Среднее отклонение фазы между импульсами порядка 0,1 мрад соответствует значению –80 дБ. Аналогично характеризуется и амплитудная стабильность.

Возвращаясь к возможностям измерительной установки, стоит отметить, что R&S FSWP позволяет использовать в качестве рабочего сигнала и гетеродина как внутренний, так и внешний источники. Внешний источник удобно использовать в тех случаях, когда встроенный генератор не подходит для конкретной задачи, например, когда требуется использование специальной формы сигнала или более высокого уровня мощности на входе усилителя. Тогда пользователь может подключить к R&S FSWP свой собственный генератор, используя входы для внешнего гетеродина на передней панели (см. рис. 18).

На передней панели прибора имеются два входа. Они предназначены для подачи сигнала на оба тракта кросс-корреляционной обработки. Здесь важно подчеркнуть, что при измерении вносимых фазовых шумов сигнал тракта ИУ и тракта гетеродина исходит от одного источника, и кросс-корреляционная обработка обеспечивает дополнительное подавление внутренних шумов прибора, не связанных с сигналом гетеродина. Это шумы внутренних усилителей и аналого-цифровых преобразователей.

Вместе с тем поскольку в задаче измерения импульсной стабильности фактически происходит сравнение фазы импульса до ИУ и после него, то кросс-корреляционная обработка не применима. Поэтому используется только один вход – А. Высокая же чувствительность установки обеспечивается квадратурным преобразованием, как было упомянуто выше.

В реальных задачах тестирования РЛС редко используются периодические импульсы. В основном работа ведётся с импульсными последовательностями (см. рис. 19) и сложными импульсами. Исходя из этого, возможность создания последовательностей импульсов (пачек) также должна присутствовать в измерительной установке. Встроенный в анализатор R&S FSWP

источник сигнала позволяет создавать пачки импульсов в различной последовательности и с различным заполнением. При этом здесь также может быть востребована возможность использования пользовательского (внешнего) источника сигнала.

Во время практических испытаний, помимо выбора типа тестового сигнала, пользователь может использовать различные тракты прибора R&S FSWP. По умолчанию опция FSWP-K6 использует тракт встроенного анализатора спектра (опция R&S FSWP-B1). В данном случае пользователю будет доступна ширина рабочей полосы захвата до 320 МГц (при наличии опции FSWP-B320). Однако для получения максимальной чувствительности установки целесообразно использовать аппаратное оснащение именно измерителя фазовых шумов, где реализован режим с самыми низкими шумами при оцифровке сигнала. Тогда появляется возможность выбора типа измерений – источника (абсолютные) или измерения вносимого шума (относительные). Переключение между двумя трактами осуществляется из меню настройки сбора данных (см. рис. 20).

В конечном итоге результаты измерения могут быть представлены для каждого из захваченных (записанных в память) импульсов индивидуально. Диаграмма стабильности импульса отображает отклонение амплитуды и/или фазы от среднего значения для каждого отсчёта внутри импульса. Также в меню настройки трассы пользователь может выбрать иной режим отображения стабильности, соответствующий его индивидуальной задаче. Это может быть отображение отклонения от среднего по всей последовательности (пачке), между двумя соседними импульсами относительно среднего по последовательности или трёхмерная картина отклонений каждого импульса пачки в привязке к полному количеству таких пачек (см. рис. 21). Такое многообразие статистической обработки позволит пользователю взглянуть на картину стабильности под различными углами.

На рисунке 21 приведён пример результатов измерения стабильности импульсного сигнала, где в качестве исследуемого устройства используется пассивный аттенуатор. Слева – трёхмерное отображение отклонения фазы от среднего значения для каждого импульса для всех записанных в память последовательностей (ось X – позиция

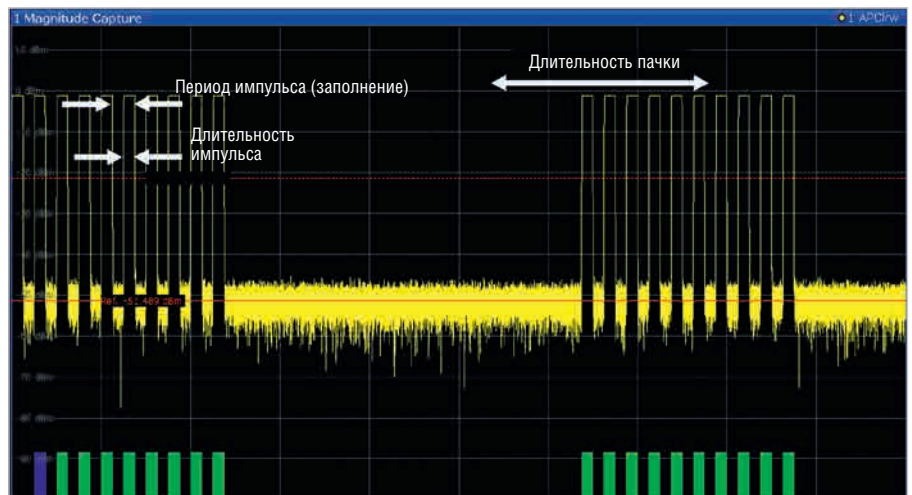


Рис. 19. Пример анализируемого сигнала, представленного последовательностью из 10 импульсов, с длительной паузой перед следующей аналогичной последовательностью (используется встроенный источник сигнала)

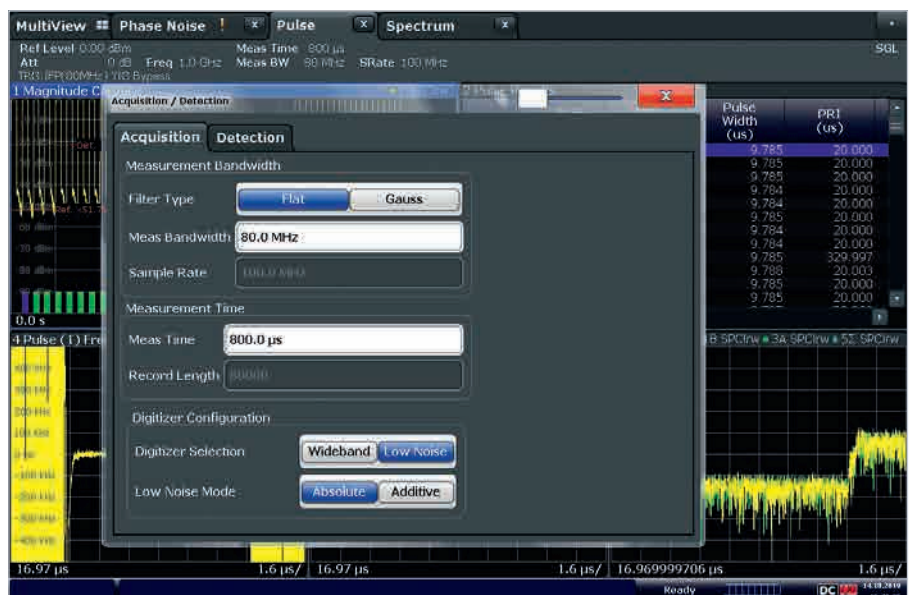


Рис. 20. Меню выбора режима измерения и тракта (Wideband – широкополосный тракт; Low noise – тракт с низким уровнем шума; Absolute – измерения источника (абсолютные); Additive – измерения вносимого шума (относительные))

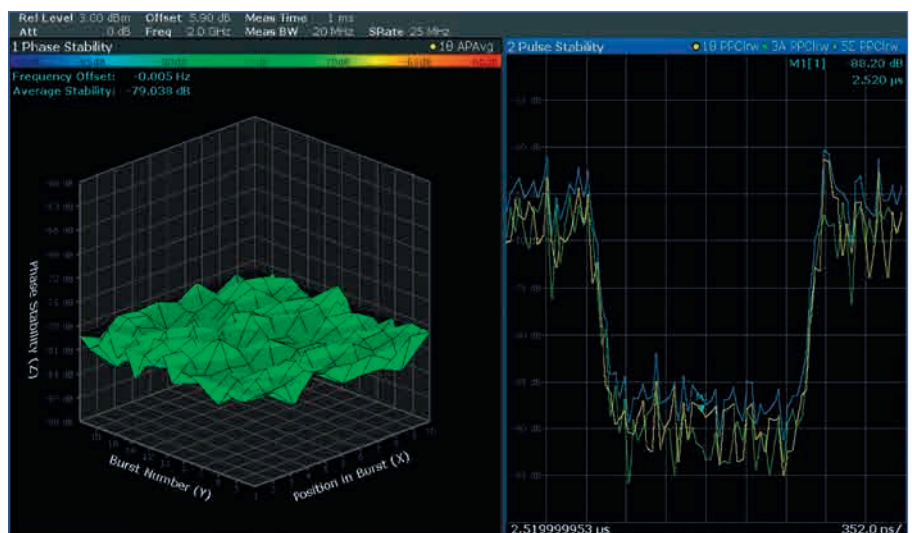


Рис. 21. Измерение стабильности от импульса к импульсу при работе в режиме импульсной последовательности

импульса в последовательности, ось Y – номер последовательности, ось Z – номинал отклонения фазы относительно 1 рад в дБ). Наблюдаемые отклонения характерны для нестабильностей, вызванных температурными эффектами. Справа – наблюдение фазовых отклонений внутри импульса, рассчитанных от импульса к импульсу относительно среднего по всей выборке (синяя кривая). Аналогичным образом показаны амплитудные отклонения (жёлтая кривая). Суммарные отклонения – амплитуда плюс фаза (голубая кривая). Различия в номиналах абсолютных значений графиков слева и справа связаны с различиями в статистической обработке и расчёте средних значений.

Заключение

В современных задачах разработки РЛС и систем связи требуется глубокий уровень понимания всех этапов работы устройства наряду с возможностью

прецизионной оценки параметров как всего модуля в целом, так и отдельных его элементов. Именно при выполнении столь сложных задач на помощь инженерам приходит R&S FSWP. Разработчики R&S за счёт перехода к полностью цифровой обработке сигналов максимально упростили процедуру предварительной настройки и управления прибором, предоставляя при этом возможность проводить такие нетривиальные измерения, как анализ фазовых шумов в импульсном режиме или анализ амплитудной и фазовой стабильности импульсных сигналов.

В дополнение к описанному выше следует отметить, что анализаторы R&S FSWP работают примерно в 100 раз быстрее предыдущего поколения анализаторов фазового шума, построенных на методике фазового детектора.

Литература

1. Kay Gbeen. Pulsed phase noise measurements. 2016. URL: <https://>

scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ef94___/1EF94_1e_Pulsed_Phase_Noise_Meas.pdf.

2. Ширман Я. Д., Багдасарян С. Т., Маляренко А. С. и др. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория. Под ред. Ширмана Я. Д. Радиотехника. М. 2007. С. 512.
3. Руководство по эксплуатации анализатора фазовых шумов R&S FSWP (англ.). URL: https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/pdm/cl_manuals/user_manual/1177_5633_01/FSWP_UserManual_en_11.pdf.
4. Nelson C. W., Hati A., Howe D. A. A collapse of the cross-spectral function in phase noise metrology. Rev. Sci. Instrum. Vol. 85. 2014.
5. Руководство по эксплуатации опции FSWP-K6 (англ.). URL: https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/pdm/cl_manuals/user_manual/1177_5662_01/FSWP_K6_PulseMeasurements_UserManual_en_05.pdf.



НОВОСТИ МИРА

За срыв проекта ФАС лишила «Ангстрем» гражданского госзаказа до 2022 года

Как выяснили в CNews, зеленоградскому микроэлектронному предприятию «Ангстрем» не удалось оспорить решение ФАС, в соответствии с которым оно оказалось в Реестре недобросовестных поставщиков. Это не позволит компании, чьим бенефициаром принято считать экс-министра связи Леонида Реймана, в ближайшие полтора года участвовать в тендерах госорганов (по 44-ФЗ).

В «чёрном списке» «Ангстрем» оказался ещё в январе 2020 г. после того, как Минпромторг признал его уклонившимся от заключения контракта по итогам тематического тендера министерства на выполнение микроэлектронной опытно-конструкторской работы. В соответствующем протоколе министерства говорится, что в срок, предусмотренный законом о контрактной системе (упомянутый 44-ФЗ), «Ангстрем» не направил заказчику проект контракта, «подписанный лицом, имеющим право действовать от имени такого победителя».

Не согласившись с включением в Реестр, «Ангстрем» в начале февраля 2020 г. обратился с иском к ФАС в Арбитражный суд Москвы. Из опубликованной в картотеке

судебных дел резолютивной части решения служителей Фемиды следует, что в удовлетворении иска компании было отказано. Содержание использованных в суде аргументов предприятия в публичном доступе пока не представлено.

На обжалование вынесенного решения у «Ангстрема» есть месяц. Напомним, Реестр недобросовестных поставщиков представляет собой два регулярно обновляемых списка подрядчиков, тем или иным образом серьёзно проштатившихся на госзакупках: отдельный список для компаний, провинившихся перед госорганами (министерствами, ведомствами и пр.), и отдельный – для организаций, проштатившихся перед компаниями с госучастием (такими как Сбербанк, «Ростелеком», «Почта России» и пр.).

«Ангстрем» оказался в первом из этих списков – на стандартный срок в два года, то есть до января 2022 г. Теоретически для компании это могло бы означать полный крах, так как в соответствии с последним из её публичных годовых отчётов в 2018 г. доля продукции с военной приёмкой в объёме продаж «Ангстрема» на внутренний рынок составила 96,6%. То есть компания преимущественно живёт за счёт заказов Минобороны или его структур.

С одной стороны, не вполне понятно, обязано ли министерство в рамках госзаказа ориентироваться на Реестр,

а с другой – за «Ангстремом» остаётся право контрактоваться с компаниями с госучастием (по 223-ФЗ) и тем более с коммерческими структурами, поэтому новые военные заказы он теоретически может получать через посредников.

Тематикой проблемного тендера Минпромторга было заявлено выполнение опытно-конструкторской работы «Разработка и освоение производства радиационно-стойкого симметричного N-канального полевого транзистора с напряжением пробоя сток-исток не менее 20 В и током утечки затвора не более 1 нА» (шифр «Сила-17-Т»).

Тендер был запущен в конце ноября 2019 г. в формате конкурса с начальной ценой контракта в 114,6 млн руб. «Ангстрем» стал победителем без снижения цены лота, хотя его ближайший конкурент – воронежский завод полупроводниковых приборов «Сборка» – попросил за свои работы всего 90 млн руб.

Не сумев подписать контракт с «Ангстремом», Минпромторг в конце марта 2020 г. перезапустил тендер с начальной ценой контракта в 122,1 млн руб. В середине июня победителем была признана «Сборка» с ценовым предложением в 91,6 млн руб. Исполнение подписанного с предприятием контракта рассчитано на срок до 28 февраля 2023 г.

«Время электроники»
со ссылкой на CNews

НОВОСТИ МИРА

Соединитель HARTING T1 Industrial для технологии SPE был удостоен награды GERMAN INNOVATION AWARD 2020

Соединитель HARTING T1 Industrial для однопарного Ethernet (SPE) был удостоен престижной награды German Innovation Award 2020, которую компания HARTING получает уже второй год подряд.

В 2019 году награда German Innovation Award была присуждена компании HARTING за соединитель ix Industrial для построения компактных решений с технологией Ethernet.

Для коллектива специалистов, которые проделали колоссальную работу на пути создания соединителя для однопарного Ethernet как стандартного компонента в соответствии с IEC 63171-6, эта награда является весомым признанием их усилий, а также серьезной мотивацией для будущих проектов. При создании нового решения для однопарного Ethernet цель состояла не только в разработке продукта, особое внима-

ние было уделено эффективной интеграции комплексной концепции и международной стандартизации продукта, а также его широкому коммерческому внедрению.



«Предлагая промышленные соединители T1 Industrial для подключения на производственной площадке, мы делаем значительный шаг вперед с точки зрения доступности технологии SPE конечным пользователям. Эта награда стала существенным стимулом для продолжения развития наших решений, расширения портфолио продуктов и дальнейшей

разработки новых индивидуальных и перспективных решений IIoT для наших заказчиков», – отмечает Ральф Кляйн (Ralf Klein), исполнительный директор HARTING Electronics.

Компания HARTING Technology Group понимала широкие возможности SPE уже на раннем этапе и разработала оптимальную инфраструктуру для всех пользователей, внедряющих технологии I4.0 и IIoT. Компания HARTING принимала активное участие при создании унифицированного промышленного стандарта SPE, занимала лидирующее положение в процессе разработки стандартов, стандартизации соединительного компонента согласно IEC 63171-6, а также в процессе добавления ссылок на этот стандарт в международные стандарты для кабельных соединений ISO/IEC 11801 и TIA TR 42.7.

На протяжении 75 лет инновации играют ключевую роль в деятельности Technology Group, этот факт ещё раз подтверждает престижная награда German Innovation Award.

www.HARTING.com

smiths interconnect

ВАША БЕЗОПАСНОСТЬ — НАША ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

SpaceNXT™ Aurora серия

Hypertac® — гиперболическая форма контакта

KA серия

Разъемы для космической, авиационной, медицинской техники и железнодорожного транспорта

- Высокоскоростные разъемы
- QuadraX/Twinax
- Разъемы на печатную плату
- Кабельные сборки
- Высококачественные разъемы
- Оптические соединители
- Соединители с подпружиненными контактами

PROCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

(495) 232-2522 ▪ INFO@PROCHIP.RU ▪ WWW.PROCHIP.RU