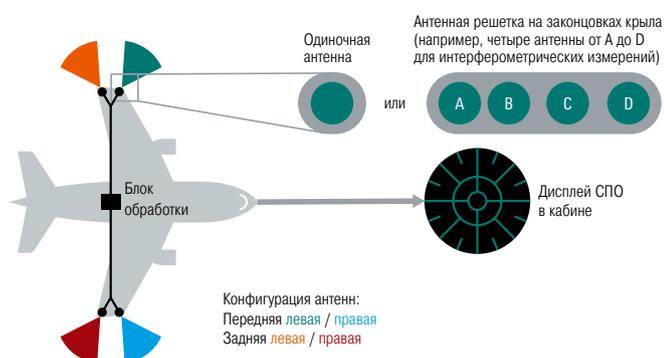


МНОГОКАНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ РАСШИРЕННЫХ ФУНКЦИЙ ЗАПУСКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О РАДИОЛОКАЦИОННОМ ОБЛУЧЕНИИ

Разность фаз является ключевым параметром при описании задач радиопеленгации (РП). Для анализа оборудования РП необходимо определить разность фаз перед измерением других параметров, например, пеленга. Программное обеспечение для многоканального анализа импульсных сигналов R&S®VSE-K6A в сочетании с осциллографом компании Rohde & Schwarz обеспечивает измерение разности фаз даже в сложных условиях, используя расширенные возможности запуска измерительного оборудования.

Система предупреждения о радиолокационном облучении



Измерительная задача

Система предупреждения о радиолокационном облучении (СПО, см. рисунок выше) обычно состоит из нескольких приемников, сигналы с которых используются для определения направления приходящего радиолокационного импульса. Как правило, с увеличением количества совместно используемых приемников угловая точность пеленга повышается.

Используемый метод радиопеленгации может зависеть от рассматриваемой задачи; типичными методами являются измерение временной разницы приема сигнала (TDOA) и применение корреляционного интерферометра. В любом случае для измерений в рамках НИОКР требуется фазово-когерентный приемник для измерения разности фаз между приемниками. На этапе разработки характеристики приемника измеряются в идеальных условиях, и при этом часто в более сложных сценариях.

Решение компании Rohde & Schwarz

Осциллографы R&S®RTO и R&S®RTP — это приборы, работающие во временной области, и их входные каналы предназначены для захвата когерентных по времени сигналов.

Возможный фазовый сдвиг (разница в задержке распространения сигналов), вызванный измерительной установкой, может быть скорректирован¹⁾. Для выделения событий и их более подробного анализа предусмотрены расширенные возможности запуска. В следующем разделе будет показана сложная измерительная задача и продемонстрированы возможности использования осциллографа в качестве мощного инструмента отладки.

Измерительная установка

В установку входит программное обеспечение R&S®Pulse Sequencer для моделирования сценария работы в диапазоне X (от 8 ГГц до 12 ГГц), а также двухканальный векторный генератор сигналов R&S®SMW200A для формирования необходимых сигналов. На комбинацию из осциллографа R&S®RTP и программного обеспечения векторного анализа сигналов R&S®VSE возложена задача анализа. Чтобы продемонстрировать разность фаз, моделируются только две антенны СПО. Они размещаются на расстоянии 11 м от правого и левого бортов самолета на законцовках его крыла. Кроме того, чтобы упростить моделирование, все объекты размещаются на одинаковой высоте, оставляя только две степени свободы (например, координаты в восточном и северном полушарии).

¹⁾ Более подробную информацию см. в рекомендациях по применению «Улучшение межканального выравнивания для точного многоканального фазово-когерентного сбора данных» (PD 3608.5164.98).

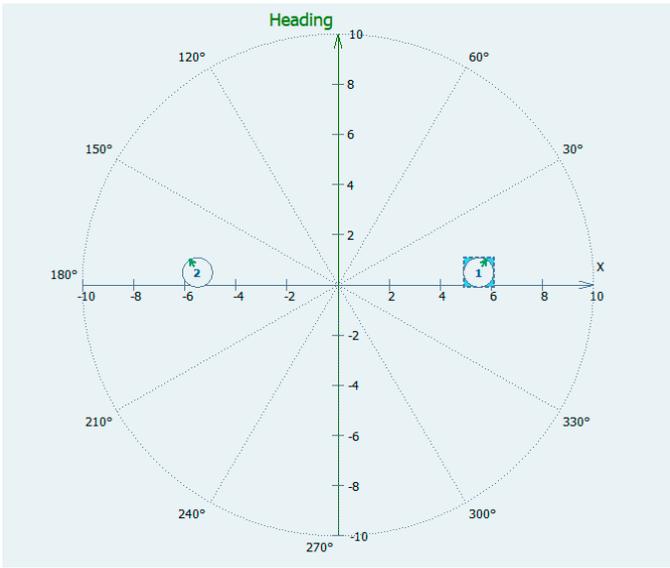


Рисунок 1 — Пространственная конфигурация СПО.
Приемники слегка наклонены в сторону правого и левого бортов.

Чаще всего ситуация не статична, поэтому СПО должна справляться с динамическими сценариями. Сценарий в данном примере включает в себя движущийся излучатель (генерирующий переменные амплитуды) и неподвижный излучатель. СПО остается неподвижной. На рисунках 1 и 2 показана пространственная конфигурация, создаваемая ПО R&S®Pulse Sequencer. Бортовая РЛС (патрульный самолет), работающая в диапазоне X, отслеживает СПО и двигается мимо нее в сторону.

Еще одна РЛС (наземная РЛС), работающая в диапазоне X с уровнем мощности на входе СПО, аналогичным уровню мощности бортовой РЛС. Вторая РЛС действует как источник помех при анализе СПО.

Периоды повторения и уровни импульсов наземной РЛС аналогичны таковым у бортовой РЛС. Когда сигнал от наземной РЛС слабее на приемнике левого борта и сильнее на приемнике правого борта, уровень мощности бортовой РЛС максимален на левом приемнике, он уменьшается по мере ее прохождения мимо СПО и возвращается к своему максимуму на приемнике правого борта.

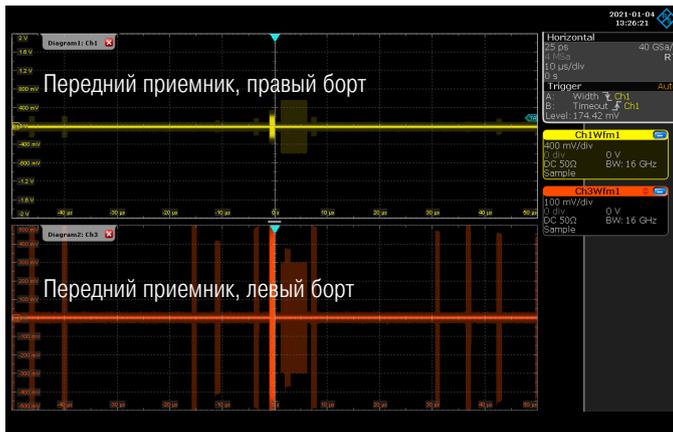


Рисунок 3 — При наличии только автоматического запуска стабильные условия запуска не достигаются. Однако при этом можно получить общее представление о сценарии, чтобы определить правильные условия запуска.

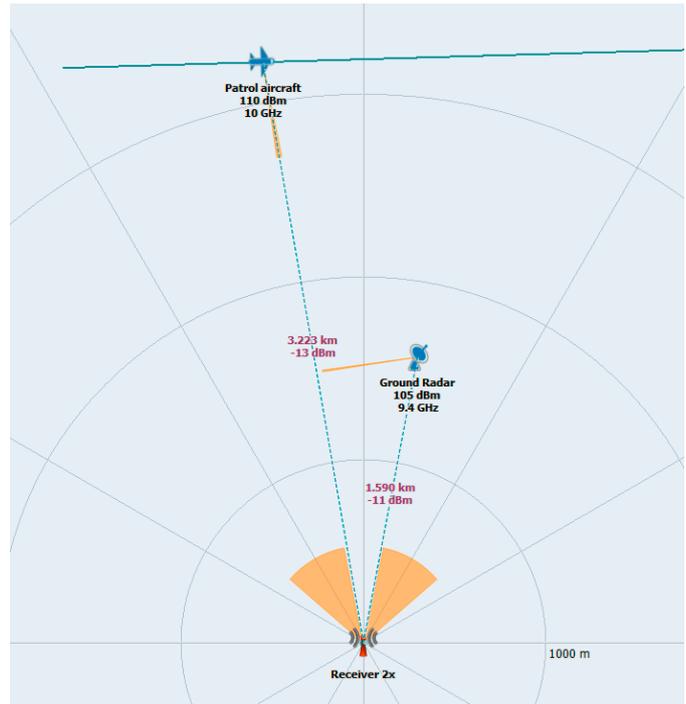


Рисунок 2 — Динамика смоделированного сценария.
Бортовой радар направлен на СПО, а наземная РЛС настроена на изотропное излучение.

Ключевым моментом является определение разности фаз в задаче РП. Первоначальный простой запуск по двум сигналам, полученным осциллографом R&S®RTP, дает довольно неоднозначную картину (см. рисунок 3).

На осциллографе отображается импульс длительностью 5 мкс для обоих приемников и прерывистый сигнал длительностью 1 мкс, случайным образом распределенный в окрестности сигнала 5 мкс. Фактически, это предварительно определенные значения для сценария, смоделированного с помощью программного обеспечения R&S®Pulse Sequencer.

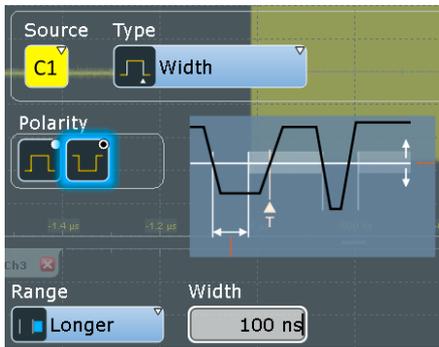
Тип	Длительность импульса	Период повторения	Модуляция
Патрульный самолет	1 мкс	100 мкс	Нет
Наземная РЛС	5 мкс	20 мкс	Код Баркера 13

Как было сказано ранее, импульсы от наземной РЛС являются частыми и не должны учитываться при анализе. Моделируемое движение самолета охватывает дистанцию 3 км со скоростью 400 м/с, что дает примерно 7,5 с для полета в одну сторону. На этом интервале времени можно ожидать получения примерно 75 000 импульсов от самолета. Захватывать 7,5 с за один цикл сбора данных нецелесообразно, поскольку для этого потребуется $2 \times 40 \text{ млрд отсчетов/с} \times 7,5 \text{ с} = 600 \text{ млрд отсчетов памяти}$. Здесь необходимо использовать правильное условие запуска для выделения импульсов длительностью 1 мкс во временной области.

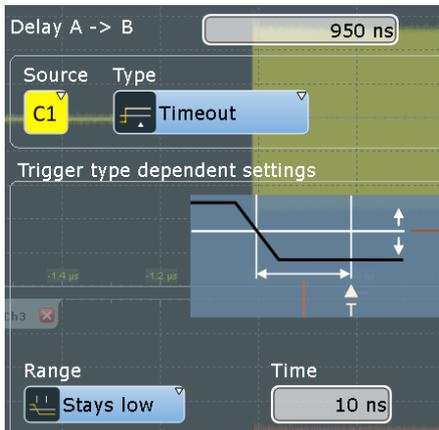
Условие запуска

Условия запуска подробно описаны в рекомендациях по применению «Запуск по радиолокационным импульсам с помощью осциллографа» (PD 3609.2000.98). Импульсы от патрульного самолета могут быть выделены с помощью описанных ниже настроек запуска:

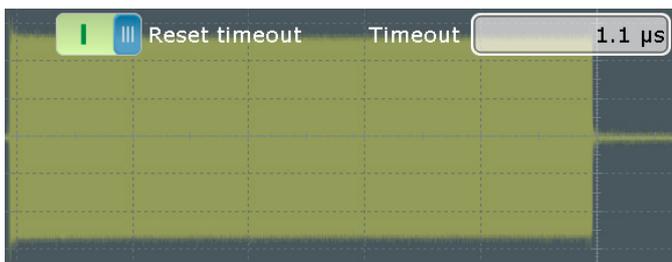
- ▶ Функция запуска A (запуск по длительности с временем выключения более 100 нс). Она обеспечивает стабильный запуск для каждого импульса (включая импульсы, не учитываемые при анализе)
- ▶ Функция запуска B (запуск по тайм-ауту). Запуск происходит, если уровень импульса остается ниже порогового значения в течение 10 нс. Функция запуска B оценивается после задержки, немного меньшей, чем предполагаемая длительность импульса, например после 95% (это условие будет продолжать захватывать все импульсы длиннее, чем эта задержка)
- ▶ Функция запуска R (тайм-аут сброса немного больше, чем предполагаемая длительность импульса, например, на 10%). Это условие отбрасывает импульсы длиннее указанного тайм-аута. В результате будут учтены только импульсы длительностью 1 мкс



Функция запуска A



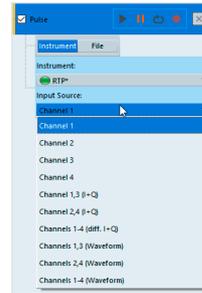
Функция запуска B



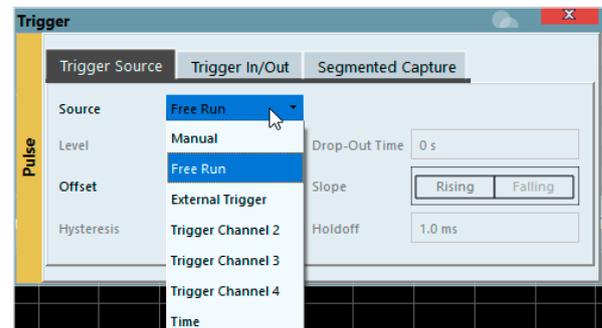
Настройки анализа

Анализ можно выполнить либо непосредственно на осциллографе R&S®RTP (см. рекомендации по применению «Анализ радиолокационных импульсов с помощью осциллографа» (PD 5215.4781.92) и руководство по применению «Автомобильный радар — анализ ЛЧМ-сигналов с помощью осциллографа R&S®RTP» (GFM318)), либо с помощью специального программного обеспечения для анализа. ПО векторного анализа сигналов R&S®VSE с опцией многоканального анализа импульсных сигналов R&S®VSE-K6A быстро определяет разность фаз, а также другие важные параметры РЛС, такие как длительность и спад импульса.

В качестве входных выбраны каналы 1 и 3, выбран также режим осциллограммы. В результате оба канала осциллографа R&S®RTP дискретизируются с частотой 40 млрд отсчетов/с.



После установки таких важных параметров, как центральная частота и время сбора данных, а также настройки алгоритма обнаружения, ПО R&S®VSE устанавливается в режим ручного запуска. Приведенные выше настройки запуска применяются к осциллографу R&S®RTP. Кроме того, может быть задано отрицательное смещение запуска, чтобы гарантировать правильную синхронизацию, поскольку функция запуска сдвигает захват импульсов влево от метки запуска. Теперь осциллограф готов к захвату сигнала.



Функция запуска R

К основным инструментам многоканального анализа относятся функции измерения свернутой и развернутой фазы импульса (см. нижнее правое окно на рисунке 4). Создается новая кривая, которая назначается каналу 3. Теперь разность фаз можно измерить, поместив маркеры на две кривые и связав их друг с другом. В приведенном примере дельта-маркер показывает разность фаз 279° . Разность фаз также можно определить по значениям в таблице результатов (верхнее правое окно).



Рисунок 4 — Главное окно анализа опции многоканального анализа импульсных сигналов R&S®VSE-K6A.

Разность фаз можно определить либо с помощью маркеров (нижнее правое окно), либо по значениям в таблице результатов (верхнее правое окно).

Заключение

Для измерения разности фаз требуются фазокогерентные приемники. Кроме того, особенно в сложных сценариях, ускорить анализ интересующего радиолокационного сигнала может подходящее условие запуска. Опция многоканального анализа импульсных сигналов R&S®VSE-K6A использует полный набор функций цифрового запуска, доступных в осциллографах R&S®RTO и R&S®RTP. Она обеспечивает автоматический анализ наиболее важных параметров РЛС в сочетании с автоматическим измерением разности фаз.