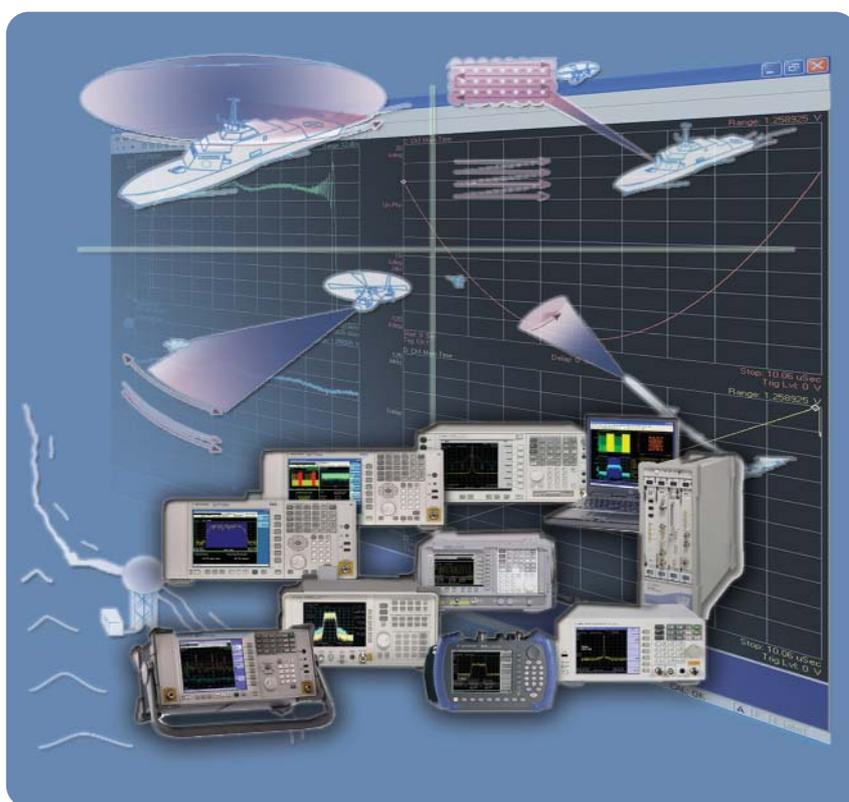


Компания Agilent Technologies

Испытание радиолокационных систем,
систем радиоэлектронного подавления и
систем радиотехнической разведки:
общие проблемы испытаний

Заметки по применению



Agilent Technologies

Применённые в 1940 г. для оснащения ВМФ США системы радиобнаружения и определения дальности (RADAR, как они вначале назывались), превратились в широкую сеть оборудования, необходимого для военных и гражданских целей. Сегодня существует много типов радаров (далее РЛС), разработанных для многочисленных применений. Сканирующие РЛС, индикаторы движущихся целей (МП), доплеровские погодные РЛС, РЛС наведения ракет, системы раннего предупреждения с фазированной антенной решёткой, РЛС подземного зондирования, спутниковые обзорные РЛС с синтезированной апертурой, авиационные высотомеры, автомобильные РЛС для предотвращения столкновения, бортовые самолётные РЛС и множество других РЛС специального назначения – все они определяют современную растущую индустрию.

По мере совершенствования радиолокационных систем, часто в военных целях, данные систем радиотехнической разведки (ELINT), которые могли быть получены из радиолокационных сигналов, оказались очень ценными в борьбе с потенциальными опасностями, часто присущими радиолокационным системам (корабельным, самолётным, ракетным). Это стало катализатором для тесно связанных с этим технологий, называемых радиоэлектронным подавлением (EW).

Область применения РЛС простирается от повсеместно используемых устройств открывания дверей в супермаркетах, которые представляют простой МП-детектор, до очень сложных корабельных РЛС с фазированной антенной решёткой для управления огнём. Независимо от сложности, РЛС, системы EW и ELINT имеют много общих проблем, связанных с их испытаниями.

В этих заметках по применению дан обзор самого последнего испытательного оборудования для таких систем. Из-за сложности этого предмета сначала будет дан краткий обзор основ радиолокации и проблем, связанных с системами EW и ELINT.

Основы радиолокации – компромиссы проектирования

Большинство РЛС используют радиоимпульсы для зондирования целей. Радиоимпульсы распространяются в направлении цели со скоростью света, иногда выражаемой в единицах “радарной мили”, которая составляет 12,36 мкс/миля. В РЛС первого типа РЧ сигнал отражается от цели и возвращается к приёмнику РЛС, где может быть измерена задержка между посланным импульсом и принятым эхо-сигналом. РЛС второго типа подобны первым, но они используют ретранслятор, расположенный на цели, который переизлучает принятый импульс, наполняя тем самым эхо-сигнал большей энергией, а часто и некоторыми дополнительными данными.

Импульсы РЛС обычно представляют пачки РЧ колебаний в форме импульсно-модулированной РЧ несущей. Важными характеристиками импульсов РЛС являются их длительность (PW), частота повторения (PRF) или период повторения (PRI), средняя мощность в импульсе и средняя мощность сигнала.

При разработке РЛС длительность импульса является ключевым параметром, определяющим её рабочие характеристики.

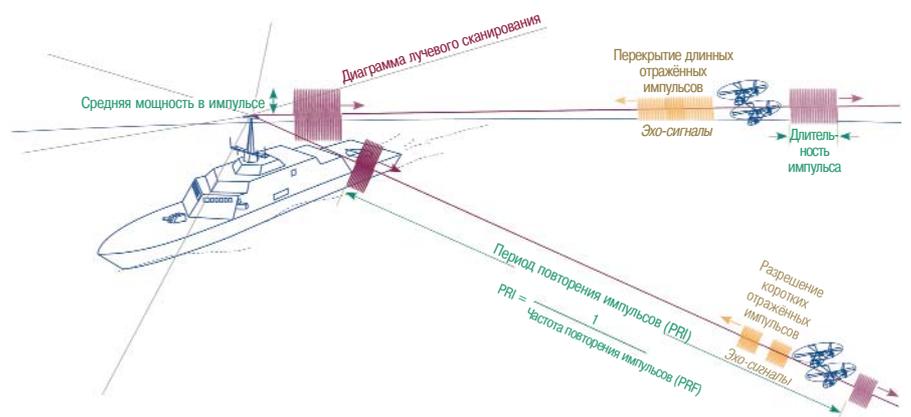


Рисунок 1 – Термины и соотношения, относящиеся к импульсу РЛС

Недостатком РЛС первого типа являются значительные потери мощности между переданным и принятым эхо-сигналом. Переданный сигнал должен отразиться от цели и возвратиться назад к приёмнику без какого-либо усиления. Один из путей преодоления этого недостатка состоит в передаче более длинных импульсов и концентрации большей общей энергии в принятом эхо-сигнале. Таким образом, более длинные импульсы обеспечивают большую дальность действия РЛС при данной антенне и усилителе мощности передаваемого сигнала.

Важной характеристикой РЛС является разрешающая способность, связанная с длительностью импульса. Способность различать малые объекты позволяет РЛС получать более детальную картину цели. РЛС, которая может разрешать детали размером менее 1 метра, даёт много больше информации о приближающихся целях. РЛС с разрешением в 100 метров может видеть одну цель большого размера, неотличимую от нескольких малых целей, составляющих компактное образование.

Если импульс РЛС имеет большую длительность, сигналы, отражённые от соседних целей и достигшие приёмника, могут перекрываться во времени. Для РЛС это представляется как одна большая цель вместо отдельных более мелких целей. Поэтому, чтобы получить высокую разрешающую способность РЛС, желательно использовать более короткие импульсы.

Можно видеть, что оптимальные дальность действия и разрешающая способность содержат противоречивые критерии. Наилучшая дальность действия подразумевает использование длинных импульсов, тогда как наилучшая разрешающая способность предполагает короткие импульсы.

Для решения проблемы оптимизации соотношения дальность/разрешение многие РЛС используют сжатие импульсов или модуляцию.

Внутриимпульсная линейная частотная модуляция (ЛЧМ) представляет по своей идее систему, обеспечивающую простоту модуляции и декомпрессии. Частотная модуляция (FM) внутри импульса, осуществляемая пилообразным линейно нарастающим напряжением, создаёт ЛЧМ импульс. ЛЧМ импульс затем излучается таким же образом, как излучался бы несжатый по длительности импульс.

Приёмник РЛС использует специальный фильтр с высокой линейностью групповой задержки, противоположной направлению частотной модуляции в импульсе. Такой фильтр замедляет изменение частоты в низкочастотном участке ЛЧМ и позволяет высокочастотной части ЛЧМ раньше появляться на выходе фильтра. В результате длинный импульс с большой полной мощностью оказывается сжатым в короткий импульс, легко распознаваемый среди других импульсов.

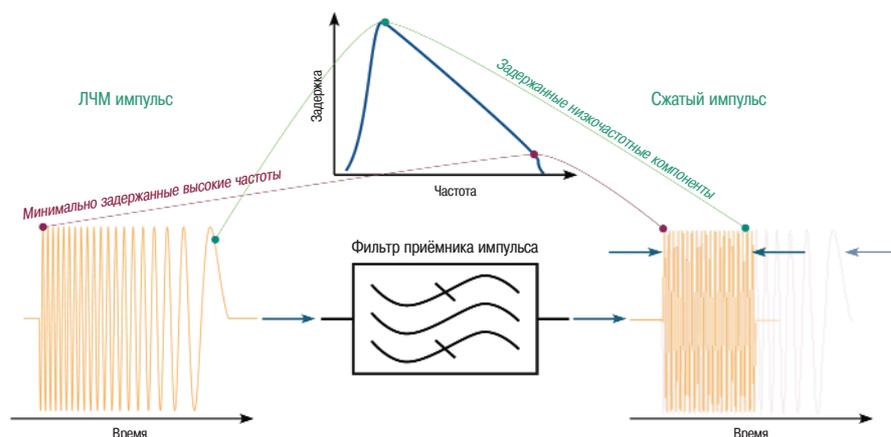


Рисунок 2 – Сжатие ЛЧМ импульса

Сжатие импульса или модуляция даёт и другие преимущества с точки зрения однозначного определения дальности. Чтобы увидеть эти преимущества, следует рассмотреть частоту повторения импульсов.

Частота повторения импульсов зависит от дальности действия РЛС. Посылка новых импульсов, прежде чем вернуться отражённые ранее посланные импульсы, может вызвать неопределённость отклика на эхо-сигнал. В общем случае проще всего послать импульс и ждать, пока не будут приняты все возможные отражённые сигналы, и только после этого посылать следующий импульс. Обеспечение однозначности измерения дальности определяет интервал между последовательными импульсами (период или частоту повторения импульсов).

Однако имеется много случаев, когда низкая частота повторения ухудшает общие характеристики РЛС. Например, может оказаться предпочтительным иметь более высокую частоту повторения для более быстрого обновления экранного изображения, когда РЛС следит за быстро летящим самолётом. В этом случае можно допустить неоднозначность возвратного сигнала в пользу более быстрого обновления экрана.

Один из способов исключения мешающих эхо-сигналов, поступающих не с интересующей дальности, состоит в использовании стробирования по времени или по дальности. При этом происходит запирание или отпирание приёмника РЛС, что позволяет игнорировать эхо-сигналы от объектов либо слишком близких, либо находящихся за пределами интересующей дальности. Примером может служить стробирование по времени, позволяющее игнорировать эхо-сигналы, отражённые от носа корабля, на котором установлена РЛС. Подобно этому РЛС ракеты может использовать временное стробирование для игнорирования эхо-сигналов, отражённых от объектов, находящихся на расстоянии, превышающем максимальный диапазон действия ракеты.

Как упоминалось выше, сжатие импульса может быть использовано для исключения неопределённости между последовательными импульсами. Добавление цифровой модуляции к каждому импульсу позволяет ввести уникальное кодирование соседних импульсов. Использование цифровой модуляции, такой как двухфазная манипуляция (bi-phase keying), позволяет кодировать импульсы так, что задержка на двойное прохождение каждого импульса в прямом и обратном направлениях легко и однозначно измеряется благодаря уникальному кодированию каждого импульса, используемому в качестве средства разделения импульсов.

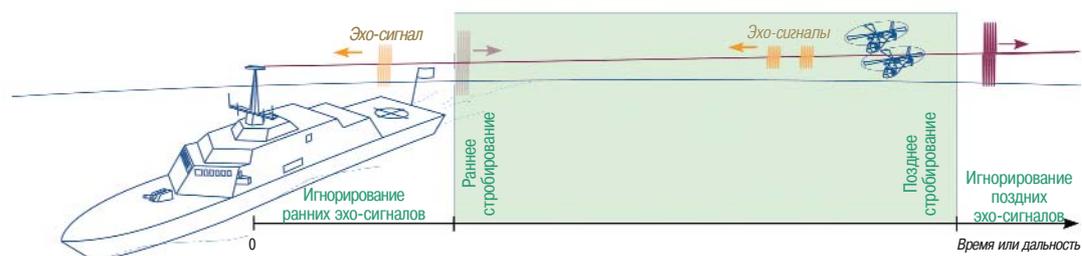


Рисунок 3 – Временное стробирование или стробирование по дальности

Другим важным свойством многих РЛС является их способность измерять доплеровские сдвиги частоты при отражении сигналов от движущихся целей. Измерение сдвига частоты РЧ несущей или сдвига фазы в зависимости от времени позволяет некоторым РЛС точно определять скорость движения цели. Индикаторы движущихся целей (МТИ) используют доплеровский сдвиг частоты возвратного эхо-сигнала для определения направления и скорости движения.

Основы систем ELINT/EW и что из этого следует

Разнообразные конструктивные особенности, которые влияют на выбранную импульсную последовательность РЛС, несут много информации о характере платформы, подключенной к РЛС. Так, низкая частота повторения и большая длительность импульсов могут указывать на то, что РЛС сканирует пространство в сотни миль, тогда как высокая частота повторения и короткие импульсы могут указывать на то, что зона сканирования РЛС самонаведения ракеты составляет одну или две мили. Система ELINT извлекает из этого самую различную информацию.

Подобно этому, диаграмма сканирования РЛС может также дать ценную информацию об опасностях в локальной среде. Например, наблюдение за амплитудой сигнала в зависимости от времени может выявить тип антенны, с помощью которой осуществляется обзор, и диаграмму сканирования. Эти сведения полезны для определения типа зондирующей РЛС и режима её использования.

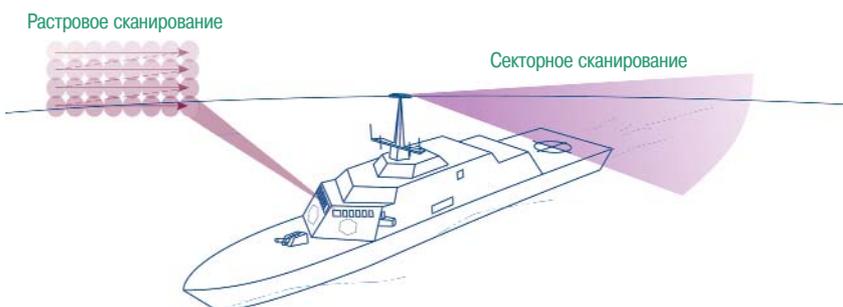


Рисунок 4 – Диаграммы антенного сканирования

Кроме простого накопления данных радиотехнической разведки об РЛС и связанной с ней платформе, эти сведения могут способствовать повышению качества и направлять развитие техники радиоэлектронного подавления. Например, комбинации эхо-сигналов могут быть синтезированы и переданы на приёмник РЛС раннего предупреждения для отображения технических ресурсов, которых физически не существует. Ракеты могут отслеживать ложные ответные сигналы РЛС, что может изменить пределы стробирования и заставить игнорировать предполагаемые цели. Информация о доплеровском сдвиге частоты также может быть использована для подавления оборудования целеуказания.

Проблемы испытания современных РЛС и систем радиоэлектронного подавления

Приведённый выше обзор некоторых вопросов конструктивного характера, связанных с оборудованием РЛС, ELINT и EW проливает свет на уровень сложности используемых схем. Испытания современных радиолокационных систем предъявляет уникальные требования к испытательному и измерительному оборудованию. Далее кратко обсуждаются некоторые общие проблемы, возникающие в процессе испытаний.

Для многих сигналов РЛС характерны широкие полосы частот. Для ЛЧМ или модулированных импульсов может потребоваться гигагерцевая полоса частот, требующая широкополосного испытательного оборудования.

Другим общим требованием к испытательному оборудованию для РЛС является низкий уровень фазового шума. Допплеровские РЛС часто измеряют скорость изменения фазы во времени, поскольку их радиолокационные импульсы не могут быть достаточно длинными, чтобы проинтегрировать циклы приращения частоты. При выполнении этих прецизионных измерений изменения фазы фазовый шум должен быть очень низким, что предъявляет жёсткие требования к характеристикам фазового шума измерительных приборов.

Другой проблемой для испытательных систем РЛС могут быть высокие требования к динамическому диапазону. Обычно эти требования возникают из-за больших потерь сигнала на пути распространения от передатчика до возвратного эхо-сигнала.

Как мы видели до сих пор, многие преимущества использования сжатия импульсов для лучшего разрешения и однозначного определения дальности часто вызывает необходимость синтеза сложных форм испытательных сигналов. В дальнейшем это может быть дополнено требованием для доплеровских сдвигов в РЛС, которые определяют скорость.

Ещё одной проблемой, стоящей перед разработчиками РЛС, является повсеместное использование РЛС, характеристики которых определяются программным обеспечением. Многие современные типы РЛС требуют тестовых сигналов и измерений не только в традиционной аналоговой форме на РЧ, но и в цифровых форматах. Это многоформатное испытание может представлять реальную проблему при необходимости получения хорошего соответствия между результатами измерений цифровых сигналов и аналоговыми измерениями.

Полномасштабное испытание системы часто является основным вопросом для оборудования РЛС, ELINT и EW. И прежде всего это обычно вопрос стоимости испытательного оборудования. Например, для моделирования доплеровских сдвигов, мешающих эхо-сигналов и других элементов сигнала при испытании бортовой корабельной РЛС управления огнём может потребоваться корабль и несколько испытательных самолётов. Чтобы корректно выполнить испытания системы целеуказания, их стоимость может достигать десятков тысяч долларов за один час работы.

И наконец, многие РЛС используют системы с фазированной антенной решёткой. Эти антенные системы используют перераспределение моментов времени прихода волнового фронта среди многих антенных портов для управления положением главного лепестка диаграммы направленности антенны. Это требует для тестовых сигналов и измерений, обеспечивающих много каналов, фазокогерентных и фазорегулируемых источников сигналов или анализаторов. Так называемая испытательная система для многоканальной антенной решётки (multi-channel array test system) ставит перед инженерами-испытателями РЛС вполне реальные проблемы.

Рассмотрев некоторые из основ радиолокационных систем и связанные с ними проблемы испытаний, теперь следует обратить внимание на уникальные свойства испытательного оборудования компании Agilent, которое значительно облегчает решение некоторых сложных испытательных задач. Сначала рассмотрим генерацию испытательных сигналов для РЛС.

Генерация тестовых сигналов

Во многих случаях при разработке и производстве РЛС требуются микроволновые генераторы сигналов. Они обычно используются для подмены стабилизированного гетеродина (STALO), испытания когерентного гетеродина (COHO) и для анализа импульсов РЛС и эхо-сигналов.

Одна ключевая проблема, связанная с испытанием РЛС, - это генерация возвратных эхо-сигналов, которые должны точно описывать реальные сигналы, принимаемые РЛС. Предположим на момент, что когда импульс РЛС послан, его возвратный эхо-сигнал придёт в известный момент времени. В лабораторных условиях или в условиях производства трудно имитировать отражение эхо-сигнала от цели, расположенной на расстоянии 50 миль (80 км), с помощью микроволновой схемы задержки. Вместо этого современные генераторы сигналов и генераторы сигналов произвольной формы для точного описания таких удалённых целей используют цифровую технику для синтеза эхо-сигналов с соответствующей задержкой и искажениями в канале распространения. Подобно этому, оборудование ELINT и EW требует источников испытательных сигналов, способных имитировать реальные сигналы и сигналы, представляющие опасность для работы системы.

Генераторы сигналов произвольной формы и источники сигналов компании Agilent

Появление микроволнового генератора сигналов произвольной формы (AWG) (по российскому стандарту ГСПФ) произвело коренной переворот в испытании таких систем, обеспечив простой способ имитации практически неограниченного разнообразия сигналов РЛС. Ситуация, когда РЛС излучает, а цели рассеивают сигнал в пределах некоторого искусственно созданного испытательного полигона, имитирующего сотни кубических миль пространства, контролируемого РЛС, может быть легко синтезирована с помощью AWG.

Истинное достоинство AWG заключается в его способности воспроизводить практически любые формы сигналов, запрограммированные в его памяти. Однако генераторы AWG имеют ряд ограничений, которые следует учитывать.



Рисунок 5 – Генераторы сигналов произвольной формы компании Agilent

Исторически основным ограничением для AWG была полоса частот. Однако самые последние модели генераторов в значительной степени разрешили эту проблему для большинства применений. При частоте дискретизации 1,25 и 4 ГГц генератор обеспечивает свободную от наложения частот полосу в 500 МГц и около 2 ГГц. Используя технику комбинирования и преобразования частоты, можно получить даже более широкие полосы частот, свободные от эффекта наложения. Системы от независимых поставщиков, использующих генераторы сигналов произвольной формы компании Agilent, генерируют РЧ сигналы с полосой до 6 ГГц и динамическим диапазоном 70 дБ.

Вероятно, более важным параметром при выборе генератора сигналов произвольной формы, является динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих (SFDR). При этом важно оценить, достаточно ли разрешение (число бит) цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), чтобы обеспечить требуемую точность воспроизведения сигнала. А также поддерживается ли свободный от побочных составляющих динамический диапазон при преобразовании частоты в микроволновый диапазон частот.

Теоретически возможное приращение SFDR составляет 6,02 дБ на каждый бит разрешения ЦАП. Однако, практически для ЦАП часто используется термин эффективное число бит (ENOB), или эквивалентное число бит, принимаемое в расчёт при оценке линейности. При этом теоретически доступное значение 6,02 дБ/бит будет несколько меньше.

Для широкополосных ЦАП характерно наличие спада плоской части АЧХ в пределах полосы пропускания, что ещё снижает динамический диапазон на высокочастотном конце полосы. Функция дискретизации имеет спад характеристики по закону $\sin x/x$, поэтому частотная характеристика AWG спадает с увеличением частоты; однако поскольку этот спад является свойством, присущим функции дискретизации, он не принимается во внимание при нормировании SFDR. Таким образом, если SFDR нормирован на уровне 65 дБ, это в общем случае относится к самой низкой частоте полосы. На более высоких частотах динамический диапазон обычно ниже на 5 – 7 дБ из-за влияния функции дискретизации и спада характеристики фильтра Найквиста.

Кроме влияния числа бит и функции дискретизации на потерю SFDR, повышающее преобразование на частоту микроволнового диапазона ставит другой круг проблем при создании полезных сигналов. Приёмники РЛС, систем EW и ELINT, использующие частотные синтезаторы, обычно очень чувствительны к уровню побочных составляющих, если он выше минус 75 дБ. Большие потери на пути распространения сигналов РЛС, обычно вдвое большие, чем для большинства сигналов связи из-за удвоенного расстояния туда и обратно, требуют мощных передатчиков и высокочувствительных приёмников в системе РЛС. По этой причине для многих РЛС очень важным является требование широкого динамического диапазона. Большинство РЛС работают в S или X диапазоне, требуя повышающего преобразования частоты полосы частот модуляции, которую обеспечивает ЦАП генератора сигналов произвольной формы.

Это повышающее преобразование может выполняться либо внутренними средствами источника сигнала, либо с помощью отдельного внешнего устройства. Может показаться более простым выполнить повышающее преобразование сигнала на нужную частоту с помощью гетеродина (LO), используя смеситель и пару фильтров. Но практически гармоники гетеродина и продукты преобразования часто комбинируются с полезным сигналом и создают внутрисполосные комбинационные составляющие, которые могут существенно ограничить динамический диапазон.

Поскольку самые лучшие современные генераторы сигналов произвольной формы имеют SFDR, превышающий 75 дБ, большинство профессиональных испытателей считают экономически нецелесообразным использовать внешний повышающий преобразователь для сигналов с полосой менее 2 ГГц, предпочитая вместо этого покупку микроволнового источника со встроенными аппаратными средствами генератора сигналов произвольной формы и повышающего преобразователя. Это особенно относится к случаю, когда для измерения важен низкий уровень фазового шума.

Многие РЛС измеряют фазовые сдвиги от импульса к импульсу для получения данных о доплеровском сдвиге частоты или о скорости цели. Чтобы избежать добавления значительного уровня фазового шума при повышающем преобразовании частоты, очень важно иметь источники с малым уровнем фазового шума. В этом состоит трудность подбора подходящего внешнего повышающего преобразователя.

Компания Agilent предлагает полный ряд источников сигнала и генераторов AWG с лучшим в отрасли значением SFDR. Особый интерес для РЛС и профессиональных систем EW представляет микроволновый генератор векторных сигналов Agilent E8267D, используемый совместно с генератором сигналов произвольной формы Agilent N8241A. Эти два прибора с высокими рабочими характеристиками выдают сигналы с полосой 2 ГГц и с максимальной частотой 44 ГГц при лучших в отрасли значениях SFDR и уровнях фазового шума.

Agilent N81180A также представляет интерес для РЛС и профессиональных систем EW, предлагая изменяемую частоту дискретизации до 4,2 ГГц или полосу РЧ сигнала 2 ГГц.

Другой важный предмет для обсуждения при выборе источника с возможностями генерации сигналов произвольной формы — конфигурация памяти. Генераторы сигналов произвольной формы воспроизводят аналоговые сигналы, цифровые эквиваленты которых содержатся в памяти прибора. Организация этой памяти вместе с вариантами задания последовательности и режимов воспроизведения могут как улучшить, так и ограничить практическую ценность генератора.

Самый простой подход к организации памяти сигналов состоит в использовании одного большого блока быстродействующей твёрдотельной памяти и воспроизведение формы сигнала из этой памяти. Это хорошо для однократного импульса или очень коротких РЧ событий, но при высокой скорости считывания данных, требуемой для частоты дискретизации 1,25 ГГц, и использовании 15-разрядного ЦАП, интересное испытание должно быть очень коротким. Чтобы обеспечить более длительное время воспроизведения, некоторые поставщики оборудования расширили этот подход с целью обеспечения возможности работы с массивами недорогих/независимых жестких дисков с избыточностью информации (RAID).

Метод с использованием одного большого блока памяти для воспроизведения сигнала хотя и прост по своей идее, но очень ограничен в применении, поскольку большинство РЧ сигналов периодические по своей природе. Даже при использовании терабайтной памяти время последовательного воспроизведения может быть ограничено несколькими секундами сигнала. Для повторяющихся сигналов, таких как импульсы РЛС, обычно необходимо более эффективно использовать возможности доступа к памяти.

Чтобы система была более приспособлена для генерации повторяющихся сигналов, быстрая память воспроизведения сигнала, работающая на ЦАП, может быть организована для циклического воспроизведения сегментов сигнала. Эти сегменты могут воспроизводиться циклами или в виде бесконечной последовательности. Это позволяет синтезировать повторяющиеся непрерывные аналоговые сигналы длительностью много больше нескольких секунд при использовании массива данных глубокой памяти RAID. Используя таблицу сценариев, можно создавать и более сложные сегменты. Некоторые источники сигналов компании Agilent обеспечивают также динамическое формирование последовательностей, позволяющее модифицировать воспроизводимые сегменты сигнала в реальном времени.

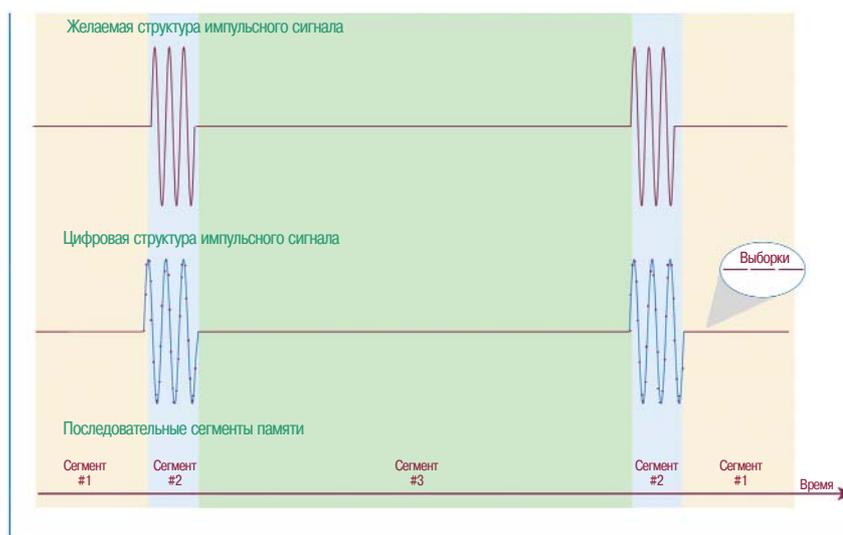


Рисунок 6 — Сегментирование сигнала, формирование последовательностей и сценариев

Когда подходящий для РЛС источник сигнала с нужными полосой частот, SFDR и мощными средствами формирования последовательностей выбран, следующей задачей является создание цифрового эквивалента требуемой формы сигнала для загрузки в генератор сигналов произвольной формы или микроволновый источник.

Основные свойства пакета Signal Studio for Pulse Building

Пакет Signal Studio for Pulse Building II поддерживает большой массив форм импульсов и диаграмм направленности антенн, импортированных или определённых с помощью программных средств.

Параметры импульса

- Период или частота повторения импульсов (PRI или PRF)
- Число повторений
- Частота несущей
- Фаза
- Изменения мощности от импульса к импульсу

Внутриимпульсная модуляция

- Внутриимпульсная линейная ЧМ
- Внутриимпульсная нелинейная ЧМ
- Ступенчатая ЧМ
- Ступенчатая АМ
- Двоичная фазовая манипуляция (BPSK)
- Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK)
- Коды Баркера

Диаграммы сканирования антенны

- Не определена
- Заказная
- Круговая
- Коническая
- Двухнаправленная секторная
- Однонаправленная секторная
- Двухнаправленная растровая
- Однонаправленная растровая

Диаграммы направленности излучения антенны

- Блэкмана
- Хэмминга
- Хэннинга
- Прямоугольная
- 3-элементная (3 Term)
- Косинус 1
- Косинус 2
- Косинус 3
- Косинус 4
- Косинус 5
- Программируемая

Простота формирования импульсов при использовании источников сигналов компании Agilent

Как упоминалось во введении, импульсы РЛС могут иметь широкие пределы длительностей, частот повторения и видов модуляции в зависимости от конкретного назначения РЛС. Дальнейшее усложнение задачи синтеза испытательных импульсов для РЛС связано с созданием системы диагностики. Нужно ли имитировать доплеровский сдвиг частоты или сдвиг фаз от импульса к импульсу для испытания систем измерения скорости? Ставится ли задача испытания системы ELINT, которая может идентифицировать источник импульса, основываясь на диаграмме сканирования антенны? Все эти вопросы значительно усложняют разнообразие структур импульсов, которые должны формироваться программными средствами цифрового синтеза сигналов.

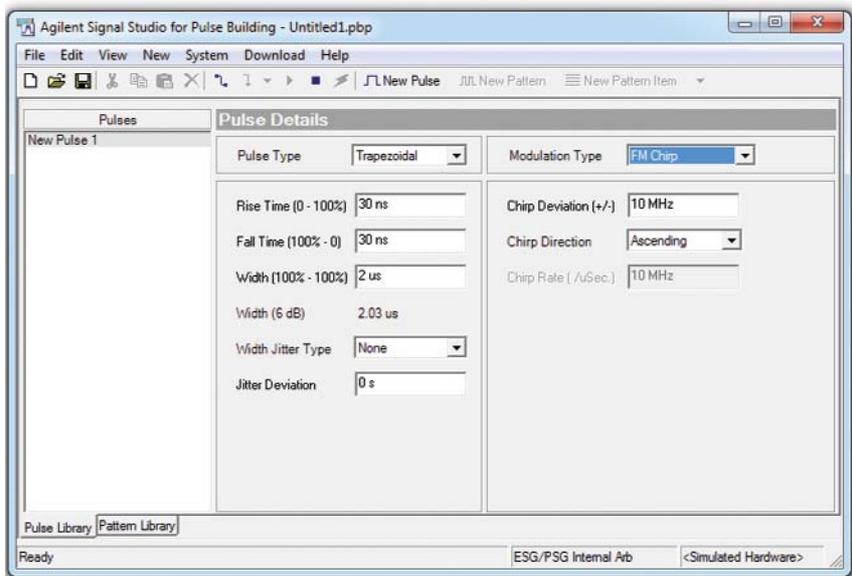


Рисунок 7 – Снимок экрана для определения параметров импульсов и импульсных последовательностей

Понимая сложность этих задач, компания Agilent разработала программный пакет Signal Studio for Pulse Building для создания импульсных последовательностей. Этот пакет позволяет легко вводить основные параметры импульсов как для простых импульсов с состояниями включено/выключено, так и для сложных специализированных сжатых импульсов. Параметры каждого импульса запоминаются в библиотеке и могут быть объединены в модели импульсных последовательностей для синтеза сложных наборов излучений РЛС.

Когда параметры импульса введены, следующий шаг состоит просто в загрузке данных формы сигнала в AWG или генератор сигналов. После этого испытательные стимулы будут готовы для воспроизведения.

Моделирование диаграммы сканирования антенны

Программный пакет Signal Studio for Pulse Building позволяет моделировать множество диаграмм сканирования антенн, которые могут быть применимы к сигналам. Это свойство особенно полезно для прикладных задач, связанных с ELINT и EW, когда подлежащие испытанию системы должны быть помещены в среду, насыщенную сигналами, имитирующими реальные помехи, которые могут быть вредны. Многие из этих систем ELINT и EW используют данные о диаграмме сканирования антенны для идентификации особо опасных принимаемых помех.

Диаграммы сканирования являются в некоторой степени уникальными, поскольку характер сканирования (перемещения луча антенны) определяется назначением РЛС. Например, корабельная РЛС может иметь круговую диаграмму сканирования, чтобы видеть объекты на поверхности океана во всех направлениях. Реактивный истребитель для своей погодной РЛС использует прямое секторное сканирование. Управляемая ракета дальнего действия может использовать фазированную антенную решётку для РЛС целеуказания, а ракета, запущенная с корабля, могла бы использовать РЛС с коническим сканированием.

Для испытания систем ELINT и EW, которые реагируют на сигналы, представляющие опасность для их работы, необходима возможность формирования такой структуры импульса, которая имитировала бы сканирующую РЛС.

Программный пакет Signal Studio for Pulse Building компании Agilent поддерживает разнообразные диаграммы сканирования, включая круговую, обычно используемую на кораблях, секторную, используемую на самолётах, коническую, часто используемую на ракетах, и растровое сканирование, обычно применяемое в системах целеуказания с фазированными решётками.

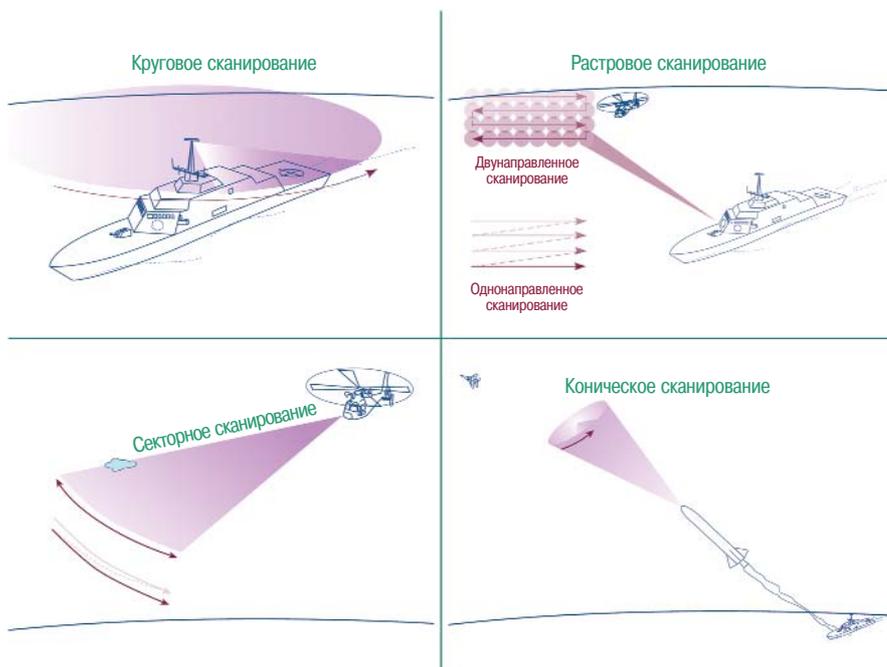


Рисунок 8 – Диаграммы антенного сканирования

Чтобы точно имитировать диаграмму сканирования, необходимо принимать в расчёт влияние боковых лепестков диаграммы направленности антенны. Поскольку все направленные антенны РЛС имеют конечные размеры, они создают боковые лепестки формы, которые расположены вне оси главного лепестка диаграммы направленности. Таким образом, когда РЛС сканирует зону обзора, боковые лепестки опережают главный лепесток, затем работает главный лепесток, и наконец снова боковые лепестки.

Имитация сигналов, представляющих комбинацию амплитудной модуляции, вызванной сканированием антенны и её боковыми лепестками, с модуляцией огибающей импульса и внутренней модуляцией, обусловленной сжатием импульса, может оказаться сложной задачей.

Пакет Signal Studio for Pulse Building компании Agilent упрощает решение этой задачи, позволяя пользователю задавать уровни боковых лепестков антенны, указывать углы положения цели, скорость сканирования, ширину луча и скорость спада боковых лепестков.

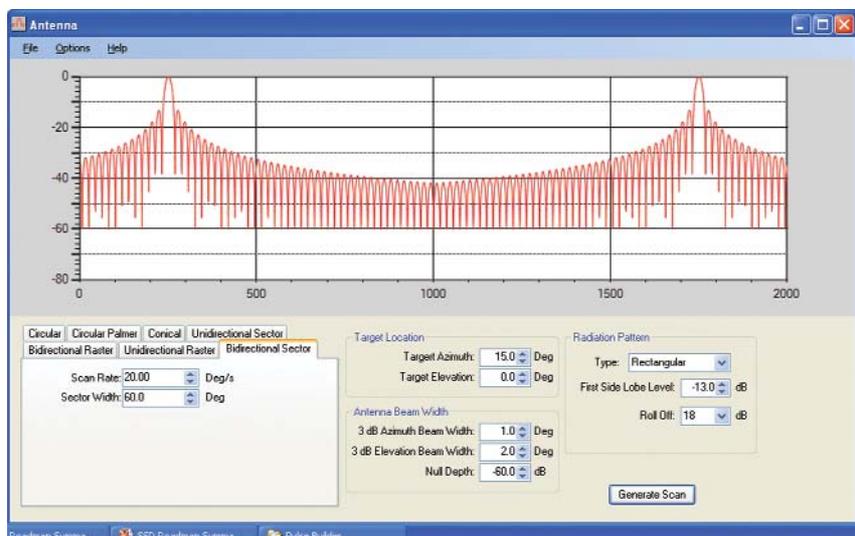


Рисунок 9 – Моделирование диаграммы сканирования антенны в программном пакете Signal Studio for Pulse Building

Пакет Signal Studio for Pulse Building позволяет пользователю задавать диаграмму направленности антенны, используя популярные окна пространственного преобразования. Окна Блэкмана, Хэмминга, Хэннинга, прямоугольное, 3-элементное, косинусное и даже программируемое доступны для описания пространственного распределения энергии.

Библиотеки импульсных последовательностей

Необходимость генерации импульсных последовательностей с богатым набором свойств для имитации сложных сред систем EW продолжает расти по мере усложнения оборудования, предназначенного для автоматического реагирования на множественные сигналы, представляющие опасность для работы системы. Многие организации создали каталоги излучений от различных радиолокационных источников. Это позволяет заранее запрограммировать системы EW и системы целеуказания, чтобы они соответствующим образом реагировали на каждую угрозу нарушения работоспособности.

Пакет Signal Studio for Pulse Building обеспечивает связь с популярными базами данных, включая электронные таблицы Microsoft®Excel, для облегчения импорта характеристик импульса. Эта удобная возможность облегчает генерацию реалистичных сценариев, соответствующих назначению системы EW, для испытания РЛС и систем радиоэлектронного подавления.

Предыскажение в модуляционной полосе

С точки зрения динамического диапазона, воспроизведение записей прикладных сценариев очень похоже на воспроизведение аналоговой записи музыки. Узкий динамический диапазон записи снижает её полезность как тестового сигнала для определения характеристик РЛС или оборудования систем EW.

Генераторы AWG и источники сигналов компании Agilent имеют самый лучший из доступных динамический диапазон SFDR, который является ключевым критерием выбора для многих приложений. Чтобы сделать эти приборы ещё более полезными, компания Agilent предоставляет возможность расширения их рабочих характеристик с помощью введения цифровых предискажений сигналов в модуляционной полосе импульса РЛС.

Нелинейные эффекты в ЦАП и появляющиеся в результате компоненты могут исказить импульс из-за интермодуляции частотных составляющих, образующих импульс. Интермодуляционные составляющие значительно уменьшают динамический диапазон тестового сигнала.

Использование цифровых предискажений сигнала, синтезированного с помощью пакета Pulse Building, позволяет подавить эти интермодуляционные продукты для получения непревзойдённого динамического диапазона или наоборот усилить их для проверки пределов рабочего режима.

С помощью внешнего анализатора сигналов Agilent, подобного N9030A, синтезированная структура импульса анализируется, и компоненты предискажений добавляются к источнику для компенсации нелинейности испытательной системы. Эта сложная испытательная система проста в использовании, автоматически определяет и вводит необходимые коррекции, что минимизирует продукты интермодуляционных искажений (IMD).

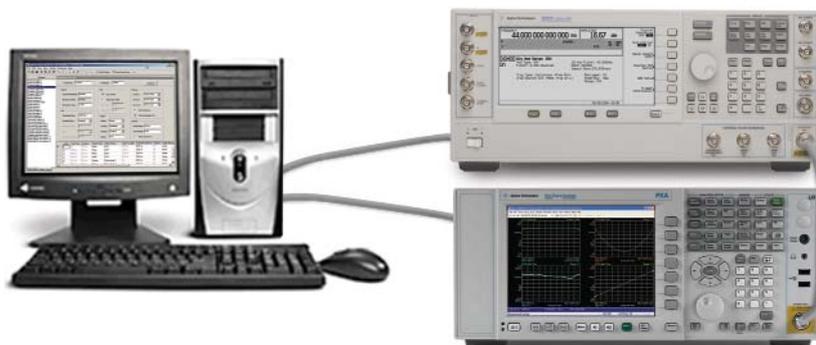


Рисунок 10 – Введение цифровых предискажений с помощью генератора сигналов серии PSG компании Agilent

Теперь можно видеть, как источники сигналов компании Agilent с помощью программного пакета Pulse Building могут создавать детальные структуры импульсов РЛС и как это оборудование даёт специалистам по РЛС или системам EW очевидное конкурентное преимущество при создании оборудования для решения ответственных задач. Некоторые преимущества можно рассмотреть на примере искусственного испытательного полигона.

Пример искусственного испытательного полигона

Как упоминалось ранее, испытание РЛС может представлять сложную задачу. Исторически специалисты по РЛС предпочли бы довериться полевному испытательному полигону, который обычно занимает большое пространство, где несколько кораблей или самолётов могли бы следовать по определённому курсу, чтобы оценить правильно ли РЛС отображает на экране их местоположение и скорость. Хотя полевые испытания часто обеспечивают реалистичную картину окружающей обстановки, обычно это худший вариант для разработчиков.

Сложность работы в полевых условиях является основной причиной, по которой большинство инженеров-испытателей РЛС предпочитают создавать искусственный испытательный полигон. Такой полигон представляет комплект испытательного оборудования, способного имитировать возвратные эхо-сигналы РЛС, необходимые для проверки её характеристик.

Хотя полевое испытание может быть полезно в части имитации условий окружающей среды, таких как береговые линии, горы и облака, это часто непрактично для имитации реалистичных сценариев военного назначения. Например, может быть непомерно дорого организовать полномасштабную атаку, в которой будут задействованы дюжина самолётов и кораблей, приближающихся к береговой РЛС раннего предупреждения. Кроме того, полевые испытания в значительной степени связаны с безопасностью (например, возможностью столкновения), чего нет при лабораторных испытаниях.

И наконец, во многих крупномасштабных полевых испытаниях часто не представляется возможным исследовать множественные сценарии. Затраты на многократные переустановки РЛС и целей в заданные положения при дальности более сотен миль не позволяют полностью выявить возможности приёмника РЛС, системы EW или ELINT. При испытании радиолокационных систем космических кораблей цена полевых испытаний оказывается совсем недоступной.

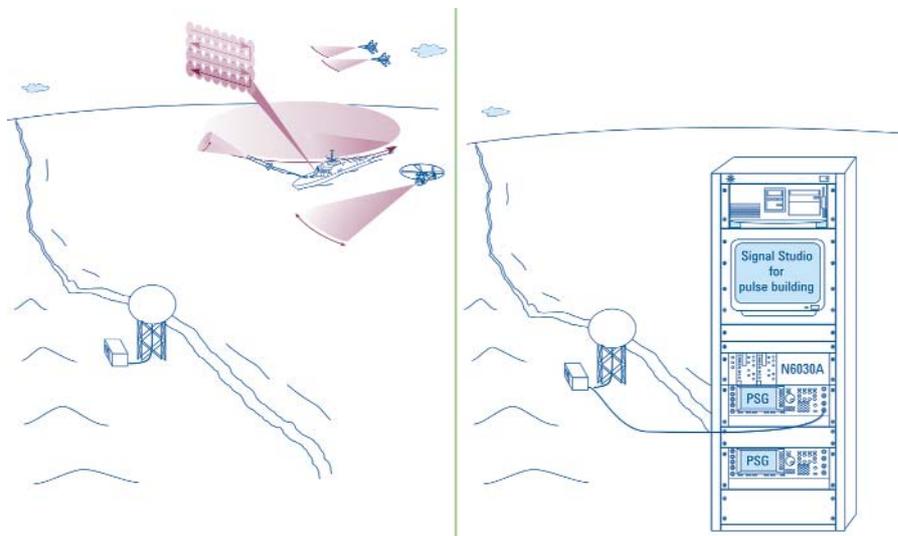


Рисунок 11 – Полевые испытания в сравнении с испытаниями на искусственном полигоне

Чтобы преодолеть эти проблемы, генераторы сигналов и генераторы сигналов произвольной формы компании Agilent совместно с программным пакетом Signal Studio for Pulse Building позволяют создать искусственный испытательный полигон в лабораторных условиях, который часто предпочитают специалисты по РЛС и системам EW.

Моделирование сканирующих антенн

Чтобы проиллюстрировать применение генератора сигналов для испытания системы EW, можно рассмотреть проблему испытания корабельной системы раннего предупреждения. В этом случае система EW принимает радиолокационные импульсы, достигающие корабля, и анализирует их для определения природы их источника и его углового пеленга. Исследование импульсных последовательностей и вариаций их амплитуды, вызванных сканированием антенны, даёт важную информацию для системы радиоэлектронного подавления EW.

Ключ к стратегии успешного испытания заключается в создании реалистичного набора импульсных последовательностей радиолокационных сигналов и возможности видеть, правильно ли система радиоэлектронного подавления предпринимает такие действия как создание активных радиопомех, выполнение стробирования по дальности, разбрасывание дипольных противорадиолокационных отражателей и тому подобные. В этом примере будет показано, как система EW реагирует на различные радиолокационные сигналы, такие как от РЛС прогулочного судна или от крылатой ракеты.

Для выполнения этого испытания необходимы только пакет Signal Studio for Pulse Building II и генератор сигналов серии PSG компании Agilent. Используя подходящие определения импульса РЛС и диаграмму направленности антенны, с помощью генератора серии PSG компании Agilent могут быть воспроизведены различные условия для системы EW, чтобы проверить, правильные ли действия она при этом предпринимает. В случае с прогулочным судном ничего не должно произойти, тогда как в случае с ракетой система EW должна инициировать соответствующие меры противодействия.

Искусственный испытательный полигон, использующий приборы компании Agilent, не только обеспечивает реалистичные испытания бортового корабельного оборудования, затрачивая для этого только часть стоимости, требуемой для проведения реальных боевых учений, но и даёт отличную тренировку по использованию моделирующих устройств. Например, корабль может находиться в порту для технического обслуживания или пополнения запасов. Искусственный испытательный полигон, построенный на базе источников сигналов компании Agilent, корабельных РЛС и приёмников системы EW, может быть использован для обучения корабельного персонала работе с разнообразными возможными сценариями выполнения задания. Это может быть сделано без уведомления недружественных сил, проводящих морские учения вдали от берега.

Испытание когерентного многоканального приёмника

Источники сигналов компании Agilent и пакет Signal Studio for Pulse Building могут быть сконфигурированы для работы с РЛС, использующими фазированную антенную решётку. Современные РЛС с фазированной антенной решёткой имеют много входов приёмника и реагируют на фазу электромагнитных волн, которые создаются эхо-сигналами и достигают приёмника. Это может усложнить испытание, поскольку требует многих источников для формирования принимаемого сигнала, который имитирует эхо-сигналы РЛС, приходящие от удалённых точек. Для точной имитации приходящего фронта волны может потребоваться много источников сигналов.

Компания Agilent решила эту проблему с помощью генераторов серий PSG и MXG, которые могут быть синхронизированы по фазе, создавая когерентные колебания, но с возможностью регулировки статических фазовых соотношений между источниками. Это позволяет воспроизводить волновой фронт приходящего импульсного сигнала с точностью, необходимой для многоканальных систем с фазированной антенной решёткой. Более подробные сведения о том, как это достигается, можно найти в заметках по применению *Agilent Coherent Multi-Channel Test* (номер публикации 5990-5442EN).

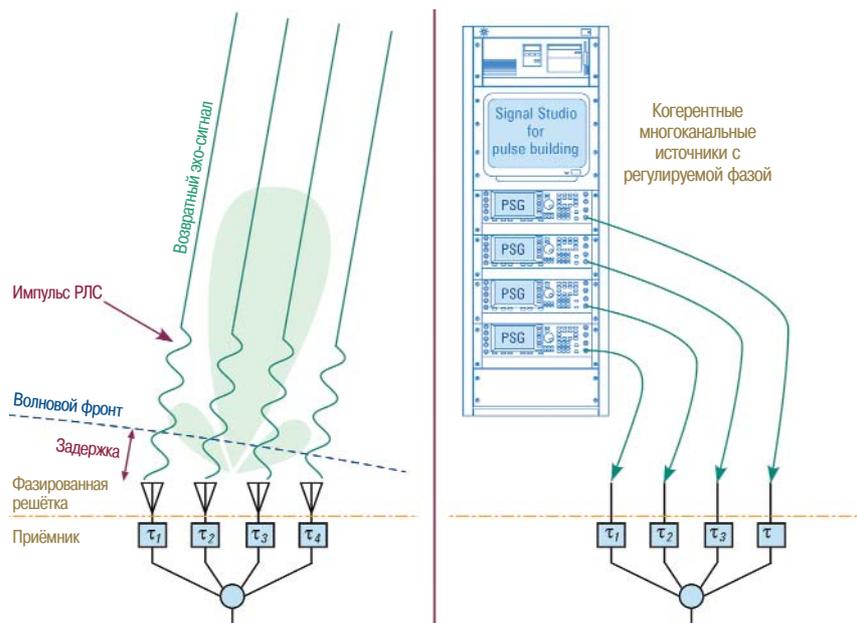


Рисунок 12 – Создание искусственного испытательного полигона для РЛС с фазированной антенной решёткой

Альтернативные среды для моделирования систем и создания сигналов

Алгоритмы обработки сигналов играют важную роль в современных радиолокационных системах, особенно в многорежимных системах с высокими рабочими характеристиками. Разработка алгоритмов представляет сложный процесс, который становится значительно более эффективным, если разработчики имеют доступ к достаточно широкому набору моделей различных элементов и функций РЛС, а именно: к моделям генерации и передачи сигналов, антенн, переключателей передача/приём, мешающих эхо-сигналов, шумов, активных преднамеренных радиопомех, систем приёма, обработки сигналов и измерений.

Библиотека W1905 компании Agilent работает в среде проектирования системного уровня SystemVue компании Agilent. SystemVue представляет открытую среду моделирования, ориентированную на архитектуры физического уровня в полосах модуляции и РЧ. Она заменяет цифровые, аналоговые и математические среды общего назначения и может интегрироваться с технологическими процессами разработки различных типов программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) и встроенных аппаратных схем.

Библиотека моделей РЛС W1905 содержит более 40 высокопараметризованных блоков моделирования (рисунок 13) и 16 образцовых схем высокого уровня. С помощью этих инструментальных средств разработчики могут моделировать различные типы радиолокационных систем, создавать алгоритмы обработки радиолокационных сигналов, оценивать рабочие характеристики систем и создавать конструкции с проверенными принципиальными техническими решениями.

SystemVue и модельная библиотека W1905 вместе образуют платформу системного уровня для разработки и верификации, что позволяет эффективно создавать сигналы и алгоритмы их обработки. Эта платформа обеспечивает дружественную для пользователя среду моделирования и отладки, которая поддерживает множество языков программирования (например, C++ и математический язык).

Name	Description
RADAR_AmbgtResolution	RADAR range and velocity ambiguity resolution
RADAR_ARRAY_FILTER	Array Optimum Filter
RADAR_BarkerCode	Barker Coded Waveform Generator
RADAR_CFar	Constant False Alarm Rate
RADAR_CICDecimate	RADAR CIC Decimation
RADAR_CICInterp	RADAR CIC Interpolation
RADAR_Clutter	RADAR clutter simulation
RADAR_Clutter_2D	Radar clutter simulation
RADAR_Clutter_H	Radar clutter simulation
RADAR_DBF_Clutter_2D	Digital Array Radar clutter ring simulation
RADAR_DBF_Target_2D	Radar target 2D simulation for digital beamforming, including RCS, Doppler
RADAR_DDC	RADAR Digital Down Converter
RADAR_Detector	RADAR Detector
RADAR_DUC	RADAR Digital Up Converter
RADAR_FrankCode	Frank Coded Waveform Generator
RADAR_LFM	Linear Frequency Modulation Waveform Generator
RADAR_MatchedSrc	generate the matched source signal for pulse compression
RADAR_MTD	Moving Target Detection
RADAR_MTI	Moving Target Indication
RADAR_MultiCH_Rx	Quadrature amplitude demodulator with internal oscillator
RADAR_MultiCH_Tx	RADAR ideal multichannel transmitter
RADAR_NLFM	Non-Linear Frequency Modulation Waveform Generator
RADAR_PC	Pulse Compression
RADAR_PD	Pulse Doppler
RADAR_Pd_Measurement	Detection Probability Estimation
RADAR_Pf_Measurement	False Alarm Rate Estimation
RADAR_PhaseShift	RF phase shifter continuously interpolated between time steps
RADAR_QuadSample	RADAR quadrature sampling
RADAR_RCS	Radar target RCS
RADAR_Rx	RADAR Receiver Front End
RADAR_Rx_4x4	RADAR Receiver Front End for 4x4 MIMO
RADAR_Rx_DBS_2D	2D Rectangular Array Digital Beam Synthesis
RADAR_STAP	2D Rectangular Array Space-Time Adaptive Processing
RADAR_SummerBusRF	RF signal summer
RADAR_Target	Radar target simulation, including RCS, Doppler effect, Delay and Attenuat
RADAR_Tx	RADAR Transmitter Front End
RADAR_Tx_4x4	RADAR Transmitter Front End for 4x4 MIMO
RADAR_Tx_DBS_2D	2D Rectangular Array Tx Digital Beam Synthesis
RADAR_Tx_DBS_Measur...	RF transmitter antenna pattern measurement
RADAR_Tx_Synthesis	RF transmitter antenna array synthesis
RADAR_ZCCode	Zadoff-Chu Coded Waveform Generator

Рисунок 13 – Список блоков библиотеки моделей РЛС W1905

Эта библиотека идеальна для генерации прецизионных сигналов, необходимых для проверки алгоритмов и аппаратных средств или для изучения работы РЛС в различных условиях. Например, ключевым аспектом испытания приёмника является оценка его характеристик, когда он работает на фоне от мешающих отражений, в условиях многолучевого распространения, неопределённых эхо-сигналов, преднамеренных активных радиопомех и искажений в канале. SystemVue обеспечивает возможности моделирования, поддерживающие эти прикладные задачи (рисунок 14).

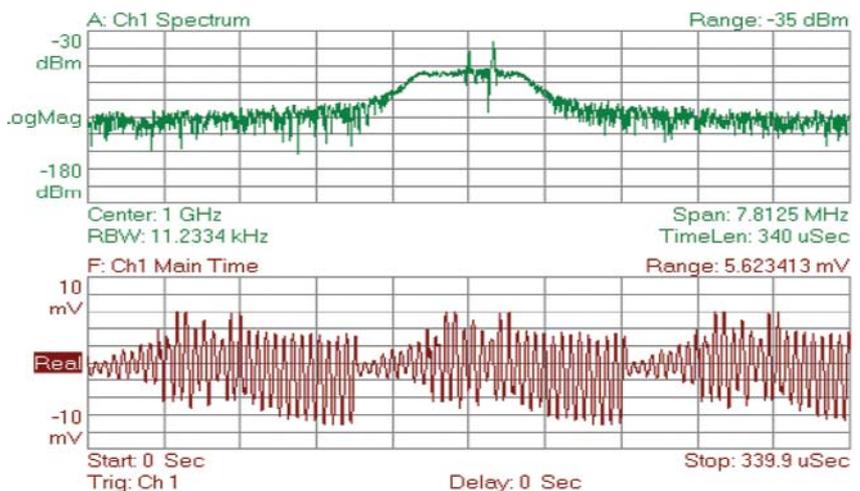


Рисунок 14 – SystemVue и W1905 были использованы для создания возвратных сигналов, содержащих мешающие эхо-сигналы и преднамеренные активные радиопомехи

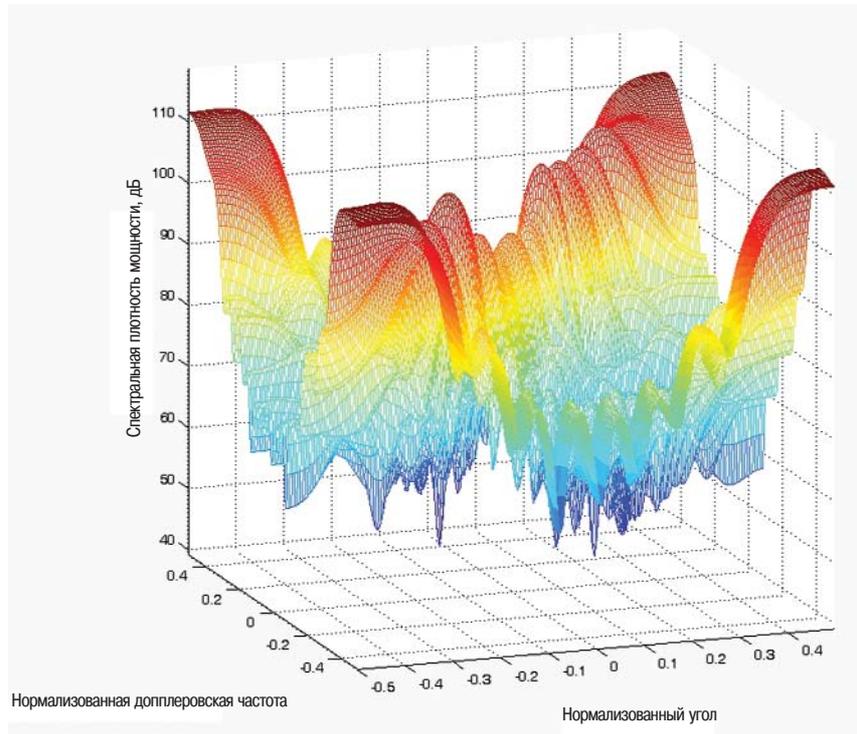


Рисунок 15 – SystemVue была использована для анализа отражённых доплеровских импульсных сигналов в сценарии с моделями мешающих эхо-сигналов. Интеграция MATLAB в SystemVue позволяет легко визуализировать результаты в формате 3D.

Процедура создания испытательного сигнала для РЛС иллюстрируется рисунком 16. В этой конфигурации модель интерфейса (Sink) в SystemVue осуществляет связь с векторным генератором сигналов, таким как генератор сигналов серии MXG, PSG или ESG компании Agilent. Любые формы радиолокационных сигналов, создаваемые SystemVue в режиме моделирования, могут автоматически в динамическом режиме загружаться в генератор сигналов, который воспроизводит их для использования в качестве РЧ или ПЧ тестовых сигналов в процессе испытания аппаратных средств (рисунок 16). Сигналы, захваченные анализатором сигналов, могут быть переданы обратно в SystemVue для дальнейшей обработки и использования в имитационном моделировании.



Рисунок 16 – Комбинация программных средств и измерительных приборов может быть использована для создания и генерации испытательных сигналов РЛС

При надлежащем оснащении измерительными приборами, реализующем принцип стимул-отклик, этот тип платформы моделирования может быть использован для ручной имитации отсутствующих аппаратных блоков и тем самым имитировать работающую радиолокационную систему. Это позволяет легче выполнять проверку правильности её работы на системном уровне на ранней стадии процесса разработки, даже при работе с частично реализованными аппаратными средствами. Когда реальные аппаратные средства становятся доступными, платформа моделирования легко перенастраивается на задачу формирования целевых сигналов РЛС для измерительных приборов, которые затем будут использоваться при испытаниях.

Платформа SystemVue обеспечивает средства сопряжения с широким кругом измерительного оборудования для проверки разработанных аппаратных средств. Это оборудование может включать, например, анализаторы сигналов, такие как N9030A PXA, логические анализаторы серии 16800 и осциллографы серии Infiniium 90000X компании Agilent. Платформа SystemVue поддерживает также генерацию широкополосных сигналов в модуляционной полосе с использованием генераторов сигналов произвольной формы, таких как N6030A, M9330A и 81180 компании Agilent. SystemVue и библиотеку W1905 можно также подключить к программному обеспечению анализа векторных сигналов (VSA) 89600B компании Agilent. Разработанное для среды разработки, программное обеспечение 89600B представляет базирующиеся на стандартах инструментальные средства общего назначения для измерения характеристик сигналов во временной, частотной и модуляционной областях. Это программное обеспечение может работать как в среде ПК, так и внутри определённых типов анализаторов сигналов, логических анализаторов и осциллографов компании Agilent.

В целом эти возможности помогают разработчикам экономить время и снижать затраты, оцениваемые надёжностью алгоритмов, создавать высокореалистичные тестовые сигналы и анализировать общие рабочие характеристики системы. Экономия получается за счёт возможности быстро моделировать радиолокационные системы и проверять правильность алгоритмов до реализации намеченного разрабатываемого оборудования. Снижение стоимости обусловлено возможностью использовать метод искусственного полигона на ранних стадиях разработки вместо того, чтобы полагаться на дорогие аппаратные имитаторы или дорогостоящие полевые испытания на поздней стадии разработки, когда это много труднее, дороже и требует много времени на внесение изменений.

Проверка правильности и анализ радиолокационных сигналов

Анализ радиолокационного импульса стал значительно более трудной задачей с тех пор, как производители избрали метод компрессии для улучшения разрешающей способности и повышения дальности при снижении неопределённости. Это предъявляет особые требования к аппаратуре анализа в части более широкой полосы частот и более сложных режимов анализа в нескольких областях представления сигнала.

Кроме возрастающей необходимости анализа модуляции сжатых импульсов, техника РЛС всё более и более движется к программно-определяемым архитектурам, где стабильность и гибкость цифровых реализаций быстро заменяет традиционную аналоговую обработку на ПЧ и в полосе частот модуляции. Это тоже порождает особые проблемы для испытаний, поскольку формат сигналов и доступ к ним кардинально меняется при переходе от полосы частот модуляции к РЧ.

Средства анализа компании Agilent

С целью решения этих сложных задач компания Agilent создала целый ряд приборов для анализа, которые обладают характеристиками и гибкостью, позволяющими просматривать практически все радиолокационные сигналы с большим разнообразием форматов.

Для удовлетворения различных требований в части цены и рабочих характеристик, компания Agilent предлагает четыре линейки настольных анализаторов сигналов и спектра плюс линейку портативных анализаторов. Анализатор с высокими рабочими характеристиками PXA имеет передовые в отрасли полосу частот модуляции (140 МГц) и SFDR (78 дБ); анализатор MXA имеет хорошие характеристики при меньшей цене; анализаторы EXA и SXA предлагают экономически выгодное решение. Линейка портативных анализаторов подходит для многих пуско-наладочных работ и технического обслуживания. Эти анализаторы представляет прекрасный выбор для всех прикладных задач от обеспечения новейших технологий до регламентных измерений при низкой стоимости.



Рисунок 17 – Семейство анализаторов сигналов компании Agilent

Поддерживая предложения компании Agilent при различных ценовых уровнях, программное обеспечение векторного анализа сигналов 89601B может быть добавлено к большинству из упомянутых выше анализаторов. Это решает вопросы измерения параметров сжатых импульсов в модуляционной области. 89601B VSA позволяет таким образом отображать данные, захваченные анализатором, в различных модуляционных областях.



Рисунок 18 – Просмотр ЛЧМ-импульса с помощью ПО 89601B VSA

Несколько примеров измерений иллюстрируют возможности анализаторов сигналов компании Agilent. Начнём с простых измерений радиолокационного сигнала, затем рассмотрим более трудные измерения их качественных характеристик и, наконец, проверим определяемые программными средствами уникальные возможности измерения характеристик РЛС, предлагаемые компанией Agilent.

Измерение параметров импульсов

Специалистам по РЛС, системам EW и ELINT приходится выполнять разнообразные регламентные измерения. Как было отмечено ранее, длительность импульса, частота или период повторения содержат важную информацию о разрешающей способности и дальности действия РЛС, а также потенциально важные сведения разведывательного характера. Автоматизация измерения этих параметров может значительно ускорить диагностику РЛС и позволяет извлечь обилие EW информации.

Использование анализатора сигналов или осциллографа и программного обеспечения для измерения параметров импульсов N9051A компании Agilent и возможность быстрых автоматизированных измерений, сокращают время проникновения в суть проблемы при выполнении регламентных измерений более чем 15 общепринятых параметров импульса. Одно приятное свойство программного обеспечения для измерения параметров импульсов N9051A заключается в том, что оно автоматически конфигурирует анализатор сигналов или осциллограф, оптимизируя его установки для обеспечения максимальной точности.

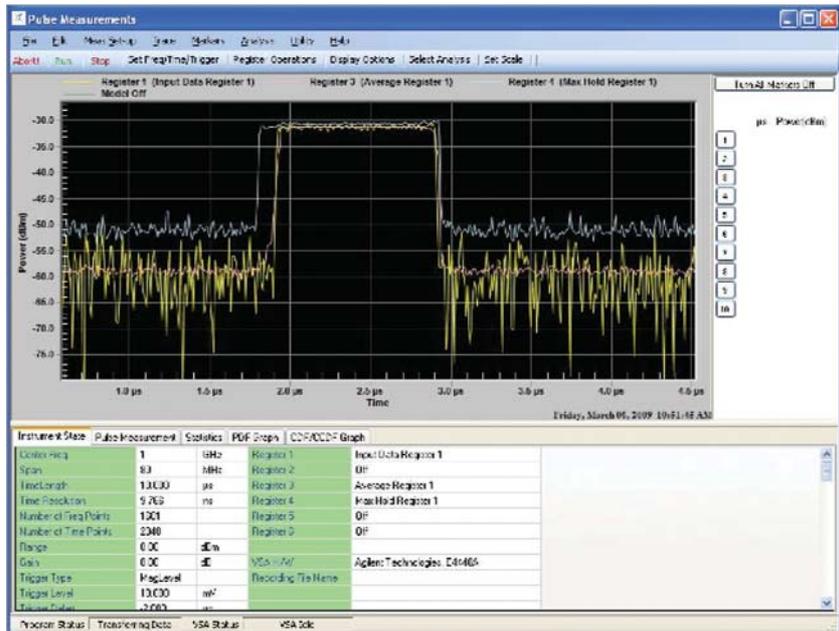


Рисунок 19 – Программное обеспечение для измерения параметров импульсов N9051A

Многоформатный анализ модуляции с помощью программного обеспечения векторного анализа сигналов (VSA) 89601B

Программно-определяемая архитектура РЛС ставит уникальные проблемы испытаний, поскольку формат сигнала меняется от формата, свойственного хорошо известным аналоговым коаксиальным микроволновым линиям передачи, до формата цифровых магистральных шин, часто глубоко скрытого внутри ПЛИС (FPGA). Такие конструкции со смешанными аналоговыми и цифровыми сигналами требуют передовых методов анализа модулированных импульсов, обеспечивающих непротиворечивые результаты измерений при самых разнообразных форматах модуляции.

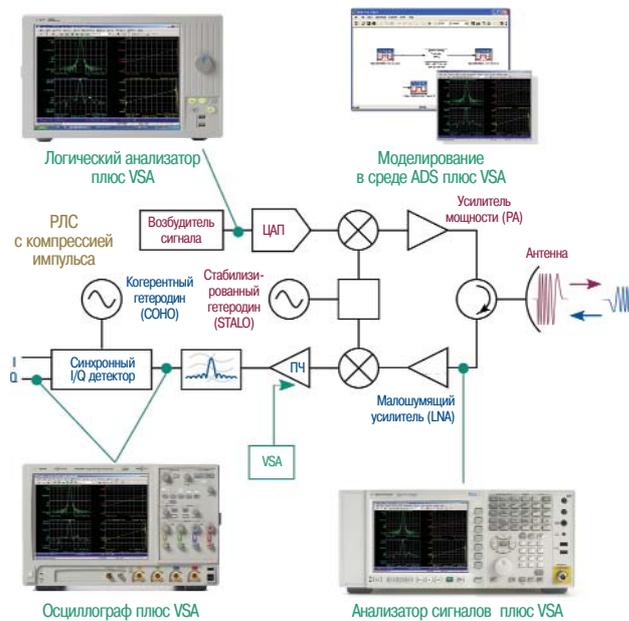


Рисунок 20 – Многоформатный анализ с помощью 89601B

Программное обеспечение векторного анализа сигналов (VSA) 89601B обладает уникальной возможностью устанавливать связь с различными измерительными приборами. Так, 89601B может использовать анализаторы сигналов, осциллографы Infiniium и логические анализаторы серии 16800 компании Agilent в качестве подсистемы доступа к программному обеспечению VSA. Кроме того, 89601B совместимо с программным обеспечением моделирования схем ADS компании Agilent. Это не только упрощает изучение процесса измерений, базирующихся на приборах, но и гарантирует непротиворечивость между измерениями, поскольку независимо от формата измеряемого сигнала (цифрового или аналогового) используются одни и те же алгоритмы.

Другим уникальным достоинством 89601B с логическим анализатором 16800 в качестве подсистемы первичной обработки является возможность использования ядра проектирования ПЛИС. Ядро проектирования ATC2 обеспечивает прямой доступ к поддерживаемым внутренним шинам данных (для ПЛИС компаний Xilinx и Altera), позволяя выполнять сложный векторный анализ сигналов при реализации проекта ПЛИС в реальном времени.

Кроме того, 89601B совместимо с анализаторами сигналов серии PXA, обеспечивая высококачественный интерфейс с традиционными коаксиальными микроволновыми линиями передачи, а также с осциллографами Infiniium с полосой анализа до 32 ГГц.

Измерения уровня боковых лепестков во временной области

Базовый анализ импульсов позволяет извлечь очень много информации об основных характеристиках РЛС. Однако, для более сложных сжатых импульсов требуются более сложные измерения, чтобы характеризовать разрешающую способность РЛС. Одно из них – измерение уровня боковых лепестков (SLL) во временной области, который является общепринятым показателем качества принятого ЛЧМ-сигнала (LFM). Уровень боковых лепестков измеряется после приёмного корреляционного фильтра и сравнивается с выходным сигналом математически идеального приёмника. Погрешности модуля, фазы, ЧМ и групповой задержки будут увеличивать уровень боковых лепестков сжатого импульса и уменьшать разрешающую способность РЛС.

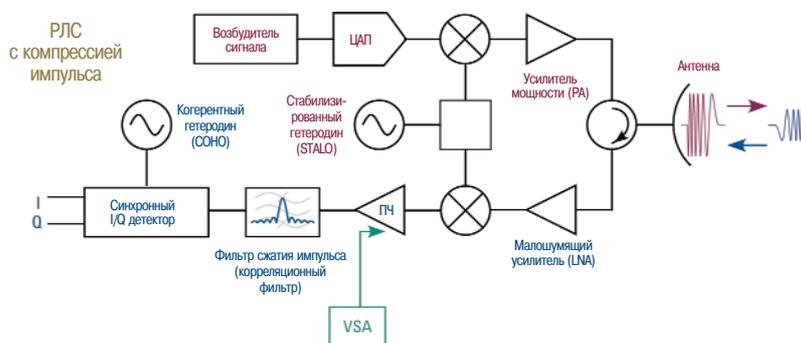


Рисунок 21 – РЛС со сжатием импульса и измерение уровня боковых лепестков во временной области

Показатель качества уровня боковых лепестков во временной области (SLL) обычно определяется путём облучения эталонной цели и количественно оценивается на выходе фильтра сжатия импульса приёмника РЛС.

Программное обеспечение 89601B может выполнять функцию фильтра сжатия, обеспечивая корреляцию или сравнение выходного сигнала передатчика с математически правильной формой сигнала. Математически идеальная форма сжатого импульса может быть создана с помощью MATLAB. Для создания эталонной формы необходимо знать важные параметры сигнала подлежащего измерению, такие как полоса ЧМ, длительность импульса и частота дискретизации VSA в процессе измерения. Используя эту информацию и программное обеспечение 89601B, можно получить результаты измерения уровня боковых лепестков во временной области, которые могут точно показать, насколько чист возвратный эхо-сигнал, и насколько осталась неповреждённой форма импульса.

Выводы

www.agilent.com
www.agilent.com/find/AD

Направления развития в области испытаний РЛС и систем EW

По мере того, как всё более широкие функции возлагаются на цифровые подсистемы современных РЛС, их сложность продолжает расти.

Создание радиолокационных сигналов

В части синтеза сигналов компания Agilent предлагает законченный ряд микроволновых источников и генераторов сигналов произвольной формы для разработки и испытаний. Генераторы сигналов компании Agilent поддерживаются программным пакетом Signal Studio for Pulse Building, который позволяет легко генерировать большое разнообразие сжатых и не сжатых импульсных форм. Signal Studio for Pulse Building II поддерживает также диаграммы сканирования антенн с возможностью модуляции амплитуды импульсов, соответствующей самым разнообразным диаграммам сканирования антенн.

Свойства этих источников идеальны не только для испытаний современных РЛС, но и прекрасно подходят для создания искусственных лабораторных испытательных полигонов, что может сэкономить большие средства по сравнению с полевыми испытаниями, поскольку стоимость полевых испытаний растёт.

Инструментальные средства анализа систем EW

Когда дело касается анализа радиолокационных сигналов, компания Agilent предлагает множество самых разнообразных изделий с функциональными возможностями, рассчитанными на нужды специалистов, имеющих дело с РЛС и системами EW и ELINT. Например, анализатор сигналов PXA компании Agilent имеет передовые в отрасли рабочие характеристики в части полосы анализа и динамического диапазона. Для регламентных измерений параметров РЛС программные средства анализа импульсов компании Agilent обеспечивают быстрый и полный сбор данных с помощью анализаторов сигналов из предлагаемого ряда от приборов с самыми высокими характеристиками до моделей эконом-класса.

Повсеместный сдвиг в направлении систем со сжатием импульсов и программно-определяемой архитектурой РЛС поддерживается программным обеспечением векторного анализа сигналов (VSA) 89601B компании Agilent. Это программное обеспечение обладает огромной гибкостью при измерении сжатых импульсов, поддержке различных видов модуляции от простой ЛЧМ до сложных фазомодулированных импульсов.

Программное обеспечение 89601B поддерживается также широким кругом приборов, идеально подходящих для РЛС и систем EW, начиная с логических анализаторов серии 16800 до осциллографов Infiniium и анализаторов сигналов PXA. Программное обеспечение 89601B легко устанавливает связь с системой автоматизированного проектирования ADS, обеспечивая моделирование и анализ проектов, которые ещё предстоит реализовать. Широкий диапазон форматов анализа радиолокационных сигналов является идеальным для современных конкурентоспособных программно-определяемых архитектур РЛС.

Для получения дополнительной информации по продуктам компании Agilent Technologies, предназначенным для измерений и испытаний, а также по их применению и обслуживанию, пожалуйста, обращайтесь в Российское представительство компании Agilent Technologies по адресу:

**Россия, 113054, Москва,
Космодамианская набережная, д. 52, стр. 1
Тел: (495) 797 3963, 797 3900
Факс: (495) 797 3902, 797 3901
E-mail: tmo_russia@agilent.com**
или посетите нашу страницу в сети Internet по адресу: www.agilent.ru

Технические характеристики и описания изделий, содержащиеся в данном документе, могут быть изменены без предварительного уведомления.

© Авторское право
Agilent Technologies, Inc. 2011
Отпечатано в России в сентябре 2011 года
Номер публикации 5990-7036RURU



Microsoft® является товарным знаком или зарегистрированным товарным знаком компании Microsoft Corporation в США и/или других странах

www.agilent.com/find/emailupdates

По этому адресу пользователь может получить новейшую информацию по выбираемым им изделиям и вопросам их применения.