

Методы формирования и анализа сверхширокополосных сигналов на базе оборудования Keysight Technologies

Часть 2

Александр Чумадин, Keysight Technologies

В статье представлен обзор испытательного оборудования компании Keysight Technologies для формирования и анализа сверхширокополосных сигналов. В первой части была рассмотрена генерация испытательных сигналов. В данной части приводится пример искусственного испытательного полигона. И в завершающей третьей части будет дана оценка сигналов РЛС и произведён их анализ.

Полномасштабное испытание системы часто является основной проблемой для оборудования РЛС, радиотехнической разведки (РТР) и радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Прежде всего, это вопрос стоимости испытательного оборудования. Например, для моделирования доплеровских сдвигов, мешающих эхо-сигналов и других элементов сигнала при испытании бортовой корабельной РЛС управления огнём, требуется корабль и несколько испытательных самолётов. Чтобы корректно выполнить испытания системы целеуказания, их стоимость может достигать десятков тысяч долларов США за один час работы.

Искусственный испытательный полигон

Как уже упоминалось, испытание РЛС представляет собой сложную задачу. Хотя полевые испытания обеспечивают реалистичные условия окружающей среды, для разработчиков это не лучший вариант. Сложность работы в полевых условиях является основной причиной, по которой большинство инженеров-испытателей РЛС предпочитают создавать искусственный испытательный полигон. Такой полигон представляет собой комплект испытательного оборудования, способного имитировать возвратные эхо-сигналы РЛС, необходимые для проверки её характеристик. Хотя полевое испытание может быть полезно, благодаря естественным факторам окружающей среды, таким как береговые линии, горы и облака, оно часто непрактично для имитации реалистичных сценариев военного назначения. Напри-

мер, организовать полномасштабную атаку, в которой будут задействованы несколько самолётов и кораблей, приближающихся к береговой РЛС раннего предупреждения, может быть слишком дорого. Кроме того, полевые испытания в значительной степени небезопасны (например, есть возможность столкновения), чего нельзя сказать о лабораторных испытаниях.

В большинстве крупномасштабных полевых испытаний невозможно исследовать огромное количество возможных сценариев. Затраты на многократные переустановки РЛС и целей в заданные положения на сотни километров не позволяют полностью выявить возможности приёмника РЛС, системы РЭБ или РТР. При испытании радиолокационных систем космических кораблей цена полевых испытаний оказывается просто невероятной.

Избежать этих проблем помогают генераторы сигналов и генераторы сигналов произвольной формы компании Keysight совместно с программой Signal Studio для создания импульсов. Они позволяют создать искусственный испытательный полигон в лабораторных условиях, что и предпочитают специалисты по системам РЛС и РЭБ.

Моделирование сканирующих антенн

Чтобы проиллюстрировать применение генератора сигналов для испытания системы РЭБ, можно рассмотреть проблему испытания корабельной системы раннего предупреждения. В этом случае система РЭБ принимает радиолокационные импульсы, достигающие корабля, и анализиру-

ет их с целью определения природы их источника и его углового пеленга. Исследование импульсных последовательностей и вариаций их амплитуды, вызванных диаграммой сканирования антенны, даёт важную информацию для системы РЭБ.

Секрет успешного испытания заключается в создании реалистичного набора импульсных последовательностей радиолокационных сигналов и возможности видеть, правильно ли система радиоэлектронного подавления предпринимает надлежащие действия. Это и создание активных преднамеренных радиопомех, и срыв сопровождения цели по дальности, и разбрасывание дипольных отражателей и тому подобные. В приведённом примере показано, как система РЭБ реагирует на различные радиолокационные сигналы. Скажем, на такие, как от РЛС прогулочного судна или крылатой ракеты.

Для выполнения этого испытания необходимы только программа Signal Studio для создания импульсов и генератор сигналов серии PSG компании Keysight. Используя соответствующие определения импульса РЛС и диаграммы сканирования антенны, с помощью генератора серии PSG можно воспроизвести различные условия для системы РЭБ, чтобы проверить, правильно ли действия она при этом предпринимает. В случае с прогулочным судном ничего не должно произойти, тогда как в случае с ракетой система РЭБ должна инициировать соответствующие меры противодействия.

Искусственный испытательный полигон, использующий измерительные приборы компании Keysight, не только обеспечивает реалистичные испытания бортового корабельного оборудования при небольших затратах, но также представляет собой превосходный тренажёр. Использовать его можно даже на внутреннем рейде. Искусственный испытательный полигон, созданный на базе генерато-

ров сигналов компании Keysight, корабельных РЛС и приёмников системы РЭБ, можно использовать для обучения корабельного персонала работе со всевозможными сценариями выполнения задания. Это можно сделать без уведомления вооружённых сил других государств, что обычно является основным условием проведения морских учений.

ИСПЫТАНИЕ КОГЕРЕНТНОГО МНОГОКАНАЛЬНОГО ПРИЁМНИКА

Генераторы сигналов компании Keysight и программа Signal Studio для создания импульсов 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 принимаемый сигнал должен имитировать волновой фронт импульсного сигнала, который содержит множество эхо-сигналов РЛС, приходящих от удалённых точек. Компания Keysight решила эту проблему с помощью генераторов сигналов, таких как E8257D и E8267D серии PSG и N5181B или N5182B серии MXG. Они могут быть синхронизированы по фазе, создавая когерентные колебания, но с возможностью регулировки статических фазовых соотношений между источниками. Это позволяет имитировать волновой фронт приходящего импульсного сигнала с точностью, необходимой для многоканальных систем с фазированной решёткой [1] (см. рис. 4).

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ СРЕДА 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 собой сложный процесс, который становится эффективнее, если разработчики имеют доступ к достаточно широкому набору моделей различных элементов и функций РЛС (генерация сигналов, излучение от нескольких источников, передача сигналов, антенны, переключатели передача/приём, мешающие эхо-сигналы, шумы, активные предна-

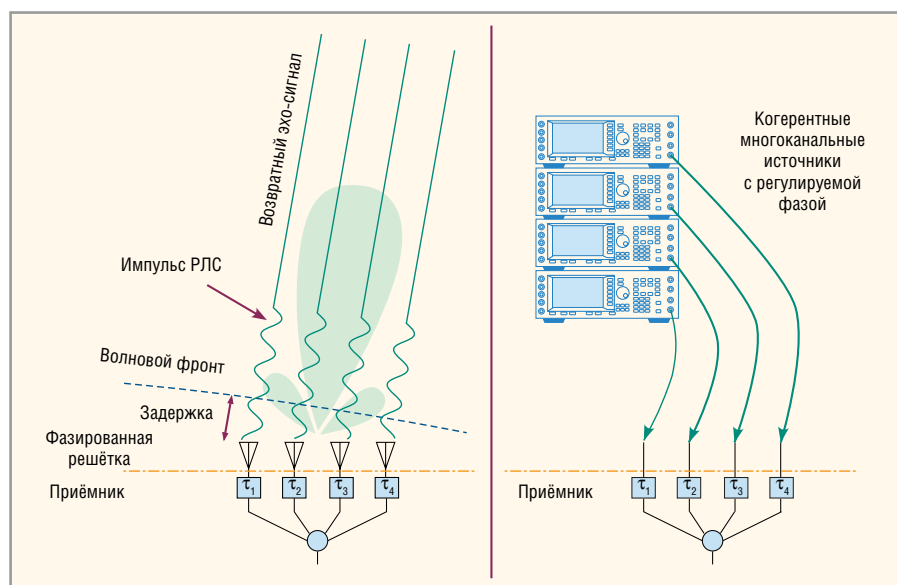


Рис. 4. Тестирование многоканального приёмника с помощью фазо-когерентных сигналов

меренные радиопомехи, приём, обработка сигналов и измерения).

Библиотека моделей РЛС W1905 работает в среде проектирования системного уровня SystemVue компании Keysight. SystemVue – это открытая среда моделирования, ориентированная на архитектуры физического уровня в полосах модуляции и ВЧ. 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 W1905 содержит более 50 высокопараметризованных блоков имитации [2] и более 40 примеров проектов высокого уровня, которые можно использовать для создания рабочих сценариев испытаний РЛС, которые включают блоки обработки РЛС, эффекты окружающей среды (такие как мешающие эхо-сигналы), сигналы целей и даже измерения характеристик аппаратных средств. Эта библиотека применима для следующих архитектур РЛС:

- импульсно-доплеровские;
- сверхширокополосные (UWB);
- РЛС на базе ЦАР (цифровые антенные решётки);
- РЛС с синтезированной апертурой (SAR);
- РЛС с частично-модулированной непрерывной несущей (FMCW).

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. Библиотека W1905 также используется для генерации прецизионных сигналов, необходимых для проверки алгоритмов и аппаратных средств, или для изучения работы РЛС в различных условиях. Ключевым аспектом испытания приёмника является оценка его характеристик, когда он работает на фоне мешающих отражений, в условиях многолучевого распространения, неопределённых эхо-сигналов, преднамеренных активных радиопомех и искажений в канале. SystemVue обеспечивает возможности моделирования с поддержкой этих прикладных задач (см. рис. 5).

При тестировании устройств, на этапе разработки, SystemVue можно использовать для создания высокорелятивистических испытательных сигналов нескольких источников излучения. Один из ключевых высокоэффективных методов, используемых для этого, реализован в функции SystemVue, получившей название SignalCombiner (объединитель сигналов). Эта функция позволяет создавать и комбинировать сигналы нескольких источников излучения в среде моделирования. Посредством повторной дискретизации несколько источников излучения комбинируются в один сигнал, который можно загрузить для воспроизведения в прецизионный генератор сигналов произвольной формы, такой как M8190A [3].

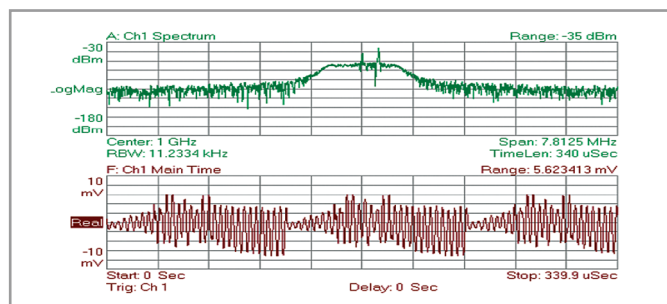


Рис. 5. Возвратные сигналы, содержащие мешающие эхо-сигналы и преднамеренные активные радиопомехи, созданные с помощью библиотеки W1905 SystemVue

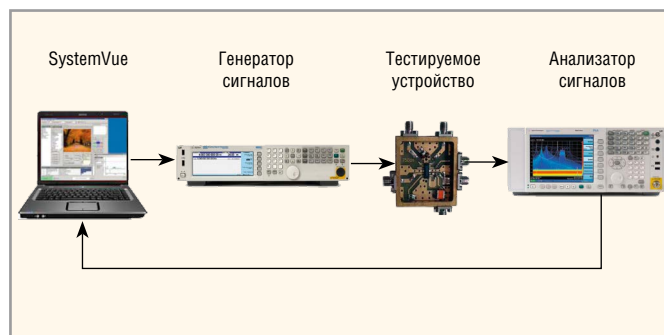


Рис. 6. Пример комбинации программных средств и измерительных приборов, для создания и генерации испытательных сигналов РЛС

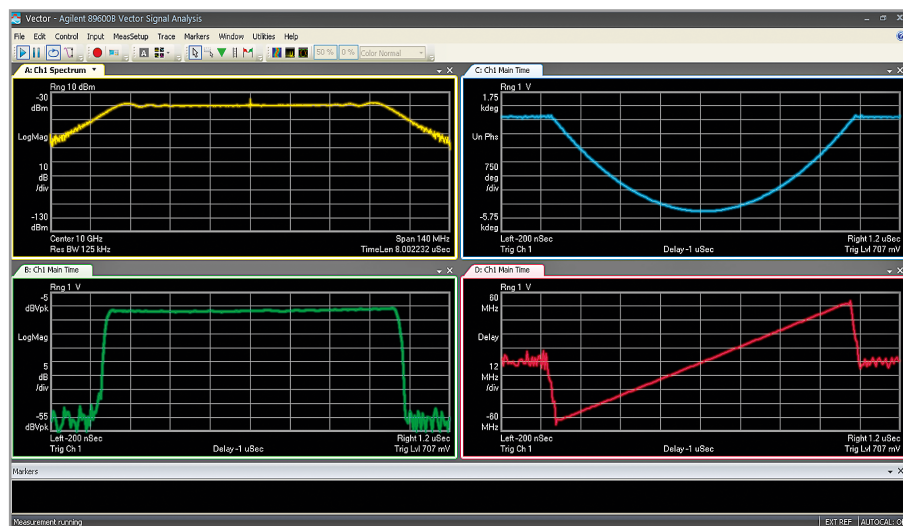


Рис. 7. Анализ сигнала с ЛЧМ в ПО VSA 89600

Процедура создания испытательно-го сигнала для РЛС показана на рисунке 6. В этой конфигурации модель интерфейса (Sink) в SystemVue осуществляет связь с векторным генератором сигналов, таким как генератор сигналов серии PSG или MXG компании Keysight. 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 ВЧ- или ПЧ-тестовых сигналов. Кроме того, сигналы, захваченные анализатором сигналов, могут быть переданы обратно в SystemVue для обработки и использования в имитационном моделировании.

При подключении соответствующих измерительных приборов, работающих по принципу стимул-отклик, этот тип платформы моделирования можно использовать для ручной имитации отсутствующих аппаратных блоков, и тем самым имитировать работающую радиолокационную систему. Это облегчает проверку правильности её работы на системном уровне на ранней стадии процесса разработки, даже

при работе с частично реализованными аппаратными средствами.

Когда становятся доступными реальные аппаратные средства, платформа моделирования легко перенастраивается на задачу формирования целевых сигналов РЛС для измерительных приборов, которые затем будут использоваться при испытаниях.

Для углублённого анализа среды SystemVue и библиотеку W1905 можно объединить с программным обеспечением 89600 VSA. Программное обеспечение 89600 VSA предлагает передовые инструментальные средства общего назначения для измерения характеристик сигналов во временной, частотной и модуляционной областях (см. рис. 7). Это программное обеспечение может работать как в ПК, так и внутри определённых типов анализаторов сигналов, логических анализаторов и осциллографов компании Keysight. Кроме того, объединение SystemVue/89600 обеспечивает взаимодействие с рядом измерительных приборов, которые можно использовать для проверки характеристик разработанных аппаратных средств. Примерами могут служить анализаторы сигналов N9030A серии PXA,

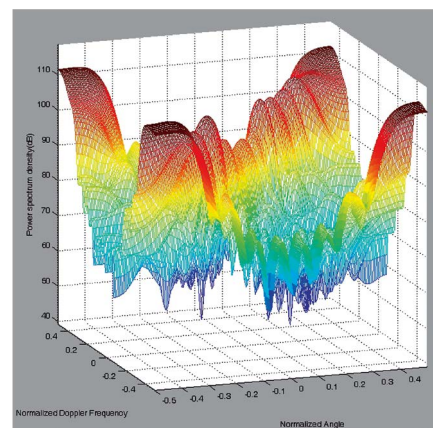


Рис. 8. Визуализация отражённых от цели доплеровских импульсных сигналов РЛС в сценарии с моделями мешающих эхо-сигналов в формате 3D с помощью MATLAB

логические анализаторы серии 16800 и осциллографы серии 90000X семейства Infiniium компании Keysight.

SystemVue также интегрируется с MATLAB для обеспечения возможностей анализа и визуализации сложных сигналов РЛС (см. рис. 8), которые включают полное математическое моделирование в среде SystemVue с использованием математических и вычислительных функций MATLAB.

Окончание следует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по применению Signal Source Solutions for Coherent and Phase-Stable Multi-Channel Systems (Источники сигналов для когерентных и фазостабильных многоканальных систем). Номер публикации 5990-5442EN/ 5990-5442RURU.
2. Описание библиотеки W1905A на сайте www.keysight.com/find/SystemVue.
3. Рекомендации по применению Creating Multi-Emitter Signal Scenarios with COTS Software and Instrumentation (Создание сценариев, включающих сигналы нескольких источников излучения, с помощью имеющихся в продаже программных средств и измерительных приборов). Номер публикации компании Keysight 5991-1288EN.

