

Решение проблем проектирования и тестирования РЛС и средств РЭБ с помощью моделирования в САПР Agilent SystemVue

Динчин Лу, Agilent Technologies

Модельно-ориентированная платформа на базе измерительных приборов Agilent и САПР Agilent SystemVue может использоваться для моделирования и имитации реальных условий работы систем РЭБ и РЛС. А интегрированные приборы позволяют использовать её в качестве испытательной системы для тестирования и проверки аппаратных компонентов. В данной статье речь пойдёт именно об этих решениях.

ВВЕДЕНИЕ

С момента первого появления в 1940-х годах радиолокационные системы прошли большой путь и охватывают сегодня широкий диапазон приложений – от открывателей дверей в супермаркетах до очень сложных бортовых систем наведения с фазированными антенными решётками. Для работы в сложных условиях радиоэлектронной борьбы (РЭБ), включающих создание искусственных помех и ложных целей, современным системам необходим высокий уровень характеристик. В результате системы РЭБ должны быть правильно спроектированы, чтобы эффективно противостоять радиолокационным системам.

Кроме того, современные системы РЭБ и РЛС должны обладать способностью оценивать среду, в которой они работают, обнаруживать и инициировать источники радиоизлучения, такие как постановщики РЧ-помех или расположенные рядом антенны, и соответствующим образом подстраивать свои параметры для компенсации этих помех. К тому же основные параметры средств РЭБ всегда регулируются в соответствии с окружающей обстановкой. В связи с этим современные разработчики нуждаются в решении для эффективного проектирования, проверки и тестирования систем РЭБ и РЛС.

ПРОБЛЕМЫ

Системам РЭБ и РЛС приходится работать в постоянно усложняющейся радиочастотной обстановке, где присутствуют сигналы радиолокационных систем, военных и гражданских средств связи, использующих несколько передатчиков, а также помехи и шумы. Например, в круп-

ном городе могут работать бесчисленные широкополосные ВЧ- и СВЧ-излучатели – потенциальные источники помех, такие как передатчики коммуникационной инфраструктуры, беспроводные информационные сети и радары гражданского назначения.

Все эти сложности создают множество проблем при разработке систем РЭБ и РЛС, особенно в сочетании с появлением протоколов нового поколения, новыми требованиями к обработке сигналов и потребностью анализа разных испытательных сценариев. Например, как сократить время и затраты на разработку новых систем, одновременно снижая стоимость тестирования и проверки? Как обеспечить совместимость с ВЧ-устройствами устаревших объектов интеллектуальной собственности (IP)? И как проверить характеристики сложных систем РЭБ и РЛС на ранних этапах разработки, не ожидая окончательной интеграции и тестирования? Решение этих проблем играет очень важную роль для достижения успеха в проектировании любой системы РЭБ и РЛС.

Представление модельно-ориентированной платформы

Один из способов быстрого и эффективного решения этих проблем заключается в применении модельно-ориентированной платформы. Эта платформа опирается на моделирование систем РЭБ и РЛС и использует архитектуру, обеспечивающую перекрёстное взаимодействие симуляторов обработки сигнала, моделирования ВЧ-компонентов и визуализации рабочей среды. Кроме того, она может работать с серийно выпускаемыми измерительными приборами, соединяя реаль-

ный мир с моделью для достижения более высокой гибкости и учёта реальных условий работы приложения. Применение модельно-ориентированной платформы для разработки, проверки и тестирования систем РЭБ и РЛС позволяет создавать реалистичные условия для испытания высококачественных изделий, сокращая цикл их разработки и сберегая время и деньги за счёт минимизации объёма полевых испытаний.

Ключевым компонентом модельно-ориентированной платформы является программное обеспечение для проектирования электронных систем (САПР системного уровня) Agilent SystemVue, которое моделирует системы РЭБ и РЛС на протяжении всего процесса разработки (см. рис. 1). Используя модели эффективной поверхности рассеяния (ЭПР), определённые пользователем диаграммы направленности антенн и антенных решёток, отражения и помехи, разработчики могут создавать рабочие модели своих устройств и использовать их для создания сценариев тестирования. Кроме того, для конструирования специализированных систем можно использовать существующие модели алгоритмов цифровой обработки сигналов (DSP). Интерфейс пользователя Agilent SystemVue позволяет легко создавать фрагменты схем и специальные модели на основе кода C++, MATLAB и HDL. В результате разные компоненты, созданные разными людьми, можно интегрировать и тестировать на системном уровне, выполняя оценку характеристик и непрерывную проверку в течение всего процесса разработки.

Показанная на рисунке 1 платформа моделирования может использоваться также и для тестирования оборудования (см. рис. 2). В процессе тестирования оборудования данные моделирования загружаются в векторные генераторы сигналов или в широкополосные генераторы сигналов произвольной формы для тестирования приёмников РЛС и РЭБ. Интеграция анализаторов сигналов или широкополосных осциллографов с ПО векторного анализа позволя-

ет автоматизировать тестирование, что очень помогает в разработке передатчиков, приёмников, усилителей и других подсистем. Измеренные сигналы можно передать обратно в САПР Agilent SystemVue для последующей обработки и анализа с помощью функций приёма с целью выполнения расширенных измерений, таких как вероятность ложных тревог, вероятность обнаружения и визуальное представление информации. Такая комбинация программных и аппаратных средств позволяет автоматизировать тестирование компонентов системы (например, ВЧ-приёмников, детекторов, сигнальных процессоров и генераторов сигналов) и проводить испытания в реалистичных условиях, включая искусственные помехи/ложные цели, ЭПР и отражения.

В качестве примера рассмотрим схему тестирования ВЧ-приёмника системы РЭБ, показанную на рисунке 2. Сигнал РЛС с помехой из САПР Agilent SystemVue загружается в генератор сигналов произвольной формы и используется для тестирования ВЧ-приёмника системы РЭБ. Для этого сигнал с выхода генератора сигналов произвольной формы подаётся на вход ВЧ-приёмника. Затем выходной сигнал приёмника поступает на осциллограф. После этого сигнал, захваченный программным обеспечением векторного анализа сигналов Agilent 89600 VSA, передаётся обратно в SystemVue для дальнейшей обработки и измерений. Показанная на рисунке 2 схема может применяться для тестирования различных системных компонентов, таких как ВЧ-приёмники, детекторы, сигнальные процессоры и генераторы сигналов.

Эту испытательную платформу можно использовать даже для проверки того, насколько эффективно искусственные помехи и ложные цели, созданные системой РЭБ, могут воздействовать на приёмник РЛС. Для этого канал загрузки сигнала переключается на вход приёмника РЛС, и захватывается сигнал на выходе ВЧ-приёмника РЛС. После этого можно выполнить тестирование ВЧ-приёмника.

Решения для систем РЭБ

Хотя и РЛС, и системы РЭБ создают сложные проблемы в ходе проектирования, наиболее проблематичными являются системы РЭБ. Технологии РЭБ включают активное радиоэлектронное подавление, электронное противодействие и контрпротиводействие – и всем

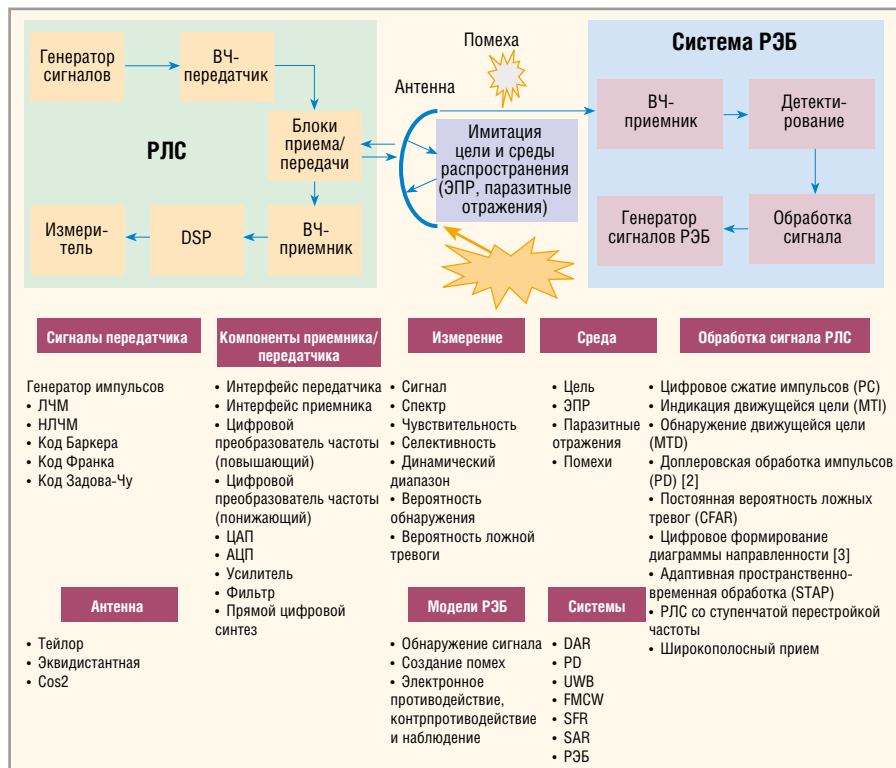


Рис. 1. Пример модельно-ориентированной платформы моделирования и тестирования РЛС и РЭБ компании Agilent на базе программы SystemVue (показанная версия платформы моделирует и имитирует системы РЭБ и РЛС на всех этапах разработки)

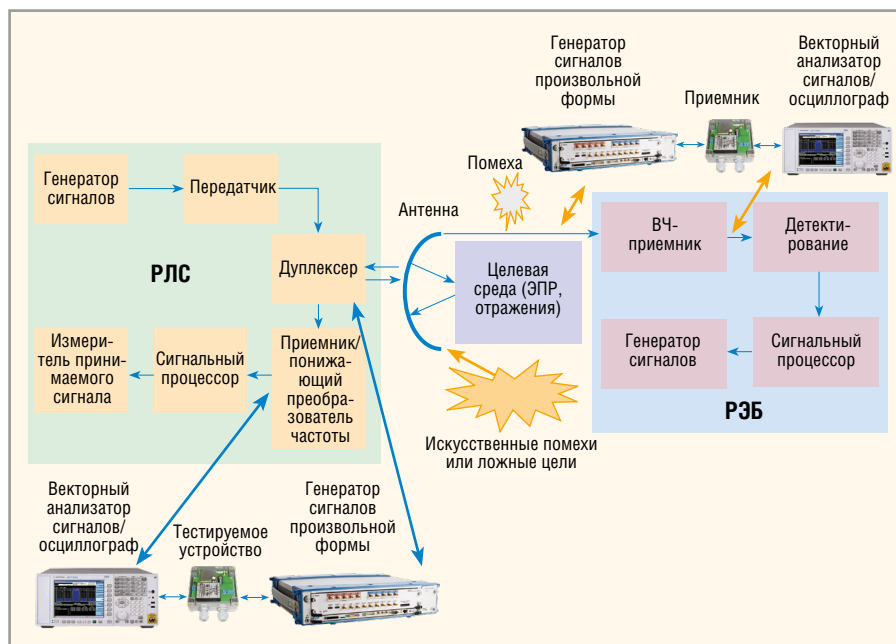


Рис. 2. Платформа для испытаний РЭБ и РЛС компании Agilent на базе SystemVue для тестирования и проверки оборудования (на схеме показана загрузка в генератор сигналов произвольной формы созданного в SystemVue, передаваемого сигнала РЛС с помехой для тестирования ВЧ-приёмника)

им присущ свой собственный набор проблем, которые можно эффективно решать с помощью модельно-ориентированной платформы.

Проблемы проектирования средств активного радиоэлектронного подавления

Основной задачей активного радиоэлектронного подавления является воз-

действие на РЛС противника с помощью постановщиков помех (например, активные и пассивные с маскированием, когерентные постановщики помех с маркировкой или ложными целями). Для эффективного воздействия на РЛС нужно тщательно разрабатывать постановщики помех и системы создания ложных целей с учётом общих условий РЭБ. Обычные средства разработки

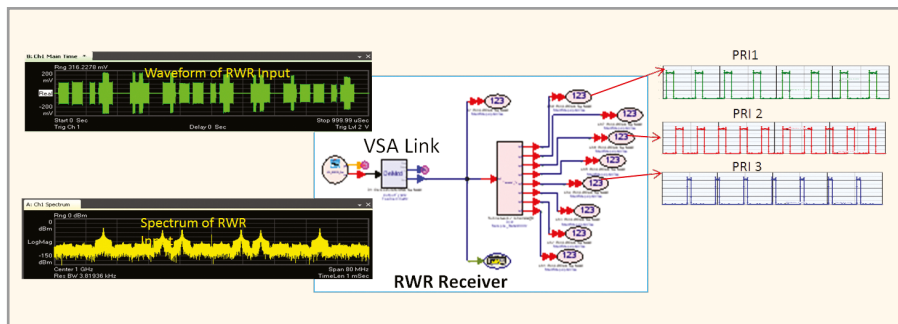


Рис. 3. Пример испытательной платформы (применяется метод распознавания частотных диапазонов; приёмник предупреждения использует обработку с частотным разделением сигналов и имеет восемь входов, каждый из которых можно настроить на свой частотный диапазон)



Рис. 4. Сигнал нескольких излучателей (сигналы РЛС и коммуникационные сигналы созданы в платформе для испытаний РЭБ и РЛС на базе САПР Agilent SystemVue)

не позволяют проектировать эти системы с учётом общих условий РЭБ. Кроме того, в системах РЭБ разработчики часто используют технологию «цифровой радиочастотной памяти» (DRFM). Соответственно, при тестировании систем РЭБ разработчики должны генерировать помехи, и там, где это применимо, проектировать и проверять алгоритмы DRFM.

Решение. Искусственные помехи легко генерируются с помощью шаблонов, имеющихся в САПР Agilent SystemVue. Кроме того, это ПО предлагает функции, необходимые для проектирования и проверки систем активного радиоэлектронного подавления на базе DRFM в реалистичных условиях. Имеющиеся расширенные измерительные функции позволяют разработчикам проверять, насколько эффективно системы постановки помех или создания ложных целей могут воздействовать на РЛС противника.

Проблемы проектирования средств электронного противодействия и контрпротиводействия

Одна из функций средств электронного противодействия и контрпротиводействия – определение направления прихода сигнала от РЛС противника в сложной радиочастотной обстановке. Для этого используются специальные алгоритмы.

Решение. Для определения направления прихода сигнала можно исполь-

зовать имеющиеся алгоритмы САПР, такие как MUSIC и ESPRIT. Кроме того, САПР Agilent SystemVue предлагает сложные модели целей и среды распространения для разработки собственных алгоритмов определения направления прихода сигнала.

Проблемы проектирования вспомогательных средств РЭБ

Вспомогательные средства РЭБ включают приёмник предупреждения о радиолокационном облучении в сценарии «один на один» для обнаружения радиоизлучения РЛС. Для тестирования такого приёмника в системе РЭБ разработчики должны сначала создать соответствующий испытательный сигнал, учитывая при этом множество факторов (например, частотный диапазон, методы пеленгации, чередование и разрешение импульсов и идентификацию излучателя). Кроме того, по завершении разработки алгоритма приёма его нужно проверить в реалистичных условиях.

Решение. САПР Agilent SystemVue позволяет эффективно создавать сложные сигналы от нескольких излучателей с помощью дружественного интерфейса пользователя. Кроме того, SystemVue позволяет моделировать тестовые сигналы для приёмника предупреждения. На рисунке 3 показан пример испытательной платформы для тестирования приёмника предупреждения о радиолокационном облучении.

Изменяя входной сигнал и параметры сброса, можно генерировать разные испытательные сигналы для приёмника. Можно даже изменить входной сигнал так, чтобы реализовать собственный алгоритм РЭБ, который можно затем протестировать на платформе. На рисунке 4 сигнал излучателя создаётся в SystemVue, загружается в генератор сигналов произвольной формы Agilent M8190A и затем модулируется векторным генератором сигналов Agilent PSG E8267D.

В примере на рисунке 3 принимаемый сигнал нескольких излучателей (обозначен зелёным цветом) поступает на вход приёмника. Спектр показан жёлтым цветом. Целью является выделение из поступающего сигнала отдельных компонентов. Основная задача приёмника предупреждения о радиолокационном облучении заключается в обработке принимаемых сигналов для анализа компонентов в частотной и временной областях. Внутри приёмника выполняется разделение каналов. Выход каждого канала представляет собой восстановленный полезный сигнал, показывающий, что приёмник успешно распознал LFM1, LFM2 и LFM3 – компоненты исходного сигнала от РЛС или системы связи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные системы РЭБ и РЛС работают в постоянно усложняющейся радиочастотной обстановке в присутствии помех, что чрезвычайно затрудняет их разработку, проверку и тестирование. Модельно-ориентированная платформа на базе измерительных приборов Agilent и САПР Agilent SystemVue существенно облегчают жизнь разработчикам. Её можно использовать для моделирования и имитации реальных условий работы систем РЭБ и РЛС, а интегрированные приборы позволяют использовать её в качестве испытательной системы для тестирования и проверки аппаратных компонентов РЭБ и РЛС. Эта платформа позволяет сократить цикл разработки и сэкономить время и деньги за счёт минимизации объёма полевых испытаний и создания реалистичных испытательных условий, необходимых для выпуска высококачественных изделий. Такие возможности и преимущества САПР Agilent SystemVue являются ключевым условием успешной разработки современных систем РЭБ и РЛС.

