

# Решение проблем измерения характеристик мобильных радаров

Лу Дингквинг, Keysight Technologies, Inc.

**В статье описан альтернативный усовершенствованный метод междоменного моделирования в единой интегральной среде, позволяющий регистрировать комплексные эффекты, оказывающие влияние на характеристики современных радиолокационных систем.**

Современные РЛС отличаются исключительной сложностью, к тому же им приходится работать с непростыми объектами, использующими новейшие технологии из многих областей современной техники. Точное определение движущихся целей в средах с неоднородными характеристиками связано с известными трудностями, особенно, с учётом отрицательного влияния помех на точность измерений. Применение специальных методов моделирования позволяет ускорить разработку за счёт сокращения программы полевых испытаний. Такие измерительные решения снижают риски, уменьшают затраты, повышают производительность системы, упрощают её настройку и эксплуатацию.

## Повышение точности и снижение стоимости

Помехи, возникающие в ходе измерения параметров мобильных радаров, создают серьёзные проблемы как для разработчиков, так и для операторов. В сущности, любая помеха в радиолокационной системе засоряет приёмник нежелательными и отвлекающими шумами или ложной информацией. Такая перегрузка нежелательными данными не позволяет точно измерять и анализировать полезные данные. Чтобы корректно решить эти проблемы, возникающие в ходе измерения характеристик мобильных РЛС, нужно создать соответствующую модель рабочего сценария.

## Моделирование сценария в интегральной среде

Применение моделирования позволяет исключить помехи и гарантирует точность измерения. Метод «Моделирования сценария в интегральной среде» (SFS) реализуется достаточно просто и существенно сокращает сложность испытаний. Применение метода SFS

позволяет решить проблемы, возникающие в ходе измерения параметров мобильных РЛС. Затраты снижаются, а точность и эффективность существенно повышаются. Этот метод позволяет моделировать, измерять и точно анализировать любой сценарий, за счёт чего достигаются превосходные параметры в физической реализации сценария.

Преимущества моделирования сценария в интегральной среде:

- возможность моделирования любой системы;
- моностатические наземные системы, сложные мультистатические системы и системы с фазированными антенными решётками;
- поддержка движущихся радиолокационных передатчиков, приёмников и целей;
- исключение затрат на полевые испытания, повышение эффективности, сокращение времени испытаний.

## Проблемы проектирования

Проектирование сложных РЛС связано с определёнными трудностями, если учесть сложность рабочей среды и тот факт, что в этих системах всё меньше задач адресуется традиционным радиочастотным схемам, и всё больше функций переносится в схемы обработки модулирующего сигнала. Моделирование множества особенностей рабочей среды, с учётом взаимодействия между цифровым сигнальным процессором (DSP) тракта модулирующего сигнала, ВЧ-трактом и антенной, может порождать реальные трудности, если использовать для этого традиционные методы системного проектирования. При этом нужно чтобы новые системы, обладающие эксплуатационными преимуществами, внедрялись достаточно быстро. Это даёт не только тактические преимущества, но и обеспечивает экономический успех компаниям, способным

быстро внедрять свои системы с максимальной производительностью и максимально широкими возможностями.

Разработчикам РЛС нужна платформа для тестирования алгоритмов обработки сигналов в приёмниках РЛС, способная функционировать в сложных рабочих средах. Моделирование отвечает всем этим требованиям и позволяет проводить испытания в лабораторных условиях. Полевые испытания обременительны для разработчиков. Моделирование даёт не только наиболее точные результаты, но и предлагает недорогой и удобный способ получения данных.

## Моделирование сценария в интегральной среде

Чтобы лучше понять преимущества этого метода моделирования, рассмотрим вкратце принцип его работы. Для точного моделирования всех сценариев при наличии нескольких разных РЛС, не согласованных между собой, нужно применять универсальные средства моделирования. Стандартные симуляторы опираются на базовые предположения, используемые при тестировании РЛС. То есть, независимо от типа РЛС, сигналы всегда передаются некоторой РЛС и принимаются той же РЛС или другими РЛС. При использовании метода SFS применяются такие же стандартные предположения.

## Проектирование с применением SFS

Настраивая интегральную среду моделирования, нужно учитывать три аспекта: аспект траектории, аспект антенны и аспект сигнала (см. рис. 1).

Три аспекта:

- Аспект траектории. Отслеживает все приёмники и передатчики с учётом их положения, скорости и ускорения. Для расчёта траекторий используется модель платформы РЛС и модель траектории цели.
- Аспект антенны. Отслеживает параметры вращения (тангаж, рыскание, крен) и направление луча. Для расчёта результирующего усиления антенны рассчитывается азимутальный угол и угол возвышения цели в координатной системе антенны.

- Аспект сигнала. Учитывает параметры традиционных трактов обработки модулирующего сигнала (модели MATLAB, HDL, ВЧ). Задержка, ослабление и усиление сигнала антенной и схемами приёма/передачи.

Сигналы, принимаемые радиолокационной системой, включают сигналы передатчиков и отражения от целей или местных объектов. Каждое отражение зависит от расстояния между передатчиком и целью и между целью и приёмником, что в конечном итоге определяет величину затухания и доплеровского эффекта. Помимо перечисленных параметров, коэффициент усиления антенны передатчика определяется взаимным положением передатчика и цели, а также направлением главного лепестка диаграммы направленности антенны по отношению к несущей. Это справедливо и для коэффициента усиления антенны приёмника. С помощью этой базовой интегральной среды можно моделировать любое число радиолокационных систем.

### Измерения

После настройки параметров всех аспектов модели можно приступить к выполнению различного типа измерений – от базовых измерений спектра или отношения сигнал/шум до вероятности обнаружения и ложной тревоги. На рисунке 2 показано несколько типов графиков, которые можно построить для детального визуального представления модели.

Теперь, когда базовая система настроена и функциональность этого метода моделирования ясна, рассмотрим конкретный пример, демонстрирующий возможности данного сценария в решении проблем, связанных с измерениями параметров мобильных РЛС.

### РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С ПОМЕХАМИ: МОДЕЛЬ

Преимущества метода моделирования сценария в интегральной среде лучше всего проявляются при применении его возможностей к конкретной модели. Чтобы лучше понять достоинства этого метода, рассмотрим конкретный пример, наглядно демонстрирующий преимущества этой модели.

#### Бортовая РЛС в режиме поиска в нижней полусфере

Рассмотрим бортовую РЛС в режиме поиска в нижней полусфере в присутствии множественных отражений от



Рис. 1. Схема моделирования сценария в интегральной среде с помощью САПР Keysight SystemVue

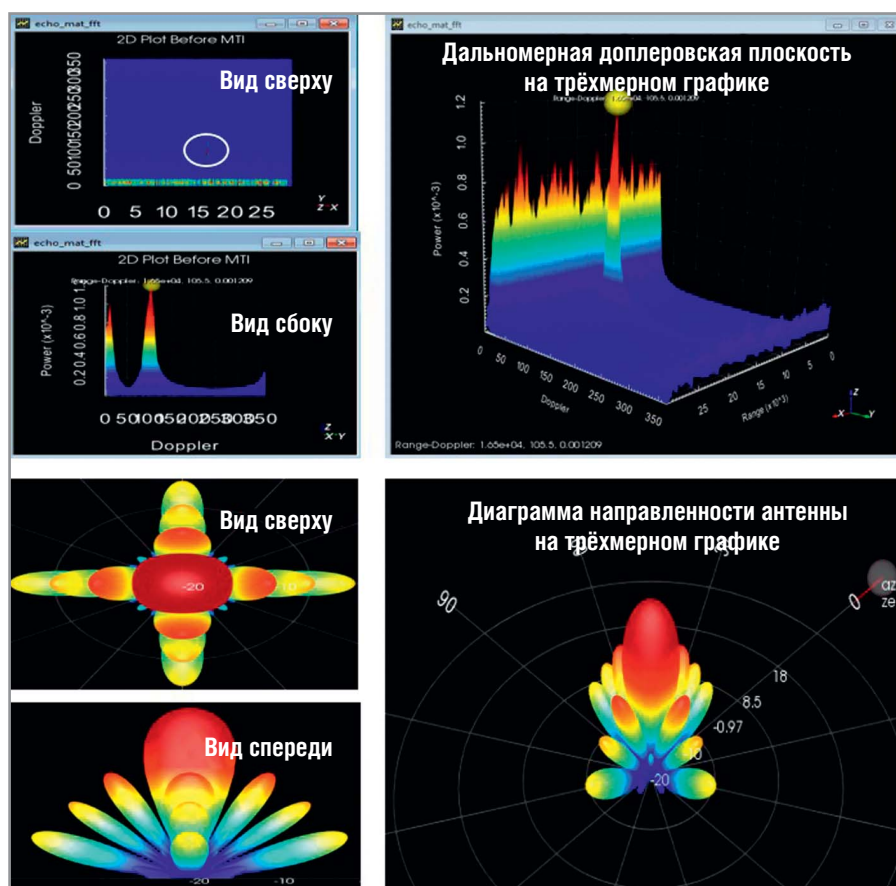


Рис. 2. Симулятор SystemVue: графики представления моделей

поверхности. При этом оператор хочет смоделировать движущуюся платформу, которая отслеживает движущуюся цель. Чтобы полностью и точно смоделировать ситуацию в этом сценарии, надо учесть несколько факторов, включая отражение от объектов на поверхности, ЭПР цели и разные типы заградительных помех, которые может использовать противник. При выполнении измерений приходится иметь дело с множественными помехами. Одной из основных проблем измерения характеристик подвижных РЛС являются отражения от мест-

ных объектов. Отражения порождаются объектами, расположенными на поверхности земли и моря, которые часто мешают работе бортовых РЛС в режиме поиска в нижней полусфере. Чтобы соответствующим образом учесть отражения от поверхностных объектов и все остальные формы помех, нужно точно выполнить несколько измерений и получить точные результаты.

#### Измерения

- Расчёт вероятности обнаружения по сигналам и спектру;

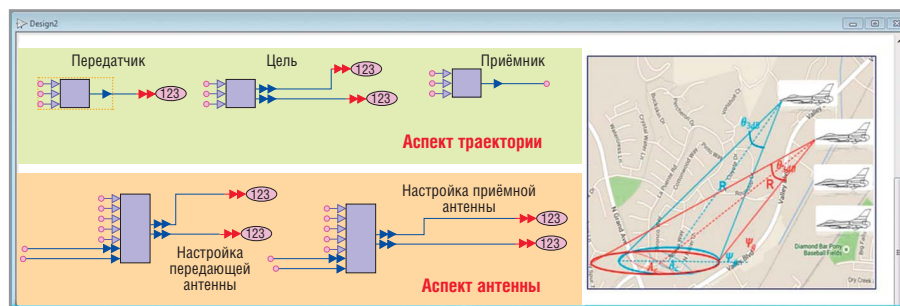


Рис. 3. Настройка аспектов траектории и антенны в САПР SystemVue

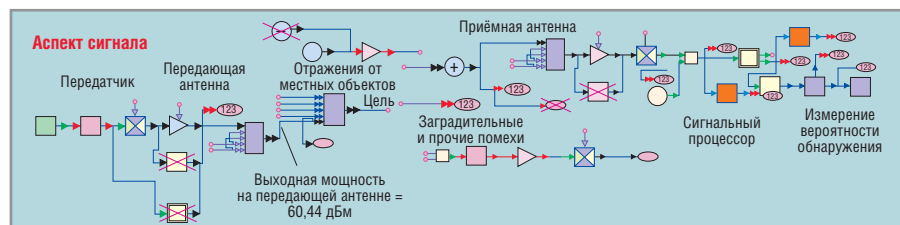


Рис. 4. Настройка аспекта сигнала в САПР SystemVue

- построение трёхмерной диаграммы дальномерной доплеровской плоскости;
- оценка расстояния и эффектов Доплера.

#### Схема моделирования

Первым этапом настройки модели является определение трёх описанных аспектов. При настройке платформы будем предполагать, что самолёт летит с определённой скоростью VT и имеет начальное положение LLA с широтой R, долготой R и высотой R. Используя модель платформы РЛС, мы можем описать платформы передатчика и приёмника в аспекте траектории, как показано на рисунке 3. То же самое можно сделать и для модели цели. Положение и скорость цели можно установить с помощью модели цели РЛС. Если пользователю нужна трёхмерная цель, то эта модель позволяет описать множественные отражения от одной цели.

После настройки аспекта сигнала, как это показано на рисунке 4, мож-

но перейти к настройке физического уровня. По умолчанию используется сигнал ЛЧМ. Также легко можно использовать сигналы специальной формы, такие как НЛЧМ или фазокодированные сигналы. В разделе «ВЧ-передатчик» расположено несколько опций, которые позволяют форматировать данные, включая аналоговое/цифровое и междоменное моделирование. Имеются также готовые модели фазированных антенных решёток. Предусмотрены и такие среды обнаружения целей, как ЭПР цели, отражения от местных объектов, заградительные помехи / ложные цели. Приёмник РЛС оборудован такими алгоритмами обработки сигналов, как опознавание движущейся цели (MTI) и обнаружение движущейся цели (MTD).

#### Результаты

После настройки аспектов для измерения параметров различных элементов сценария можно настроить разные измерения, включая те, что пока-

заны на рисунке 5. Таким образом были настроены три аспекта, сформирован физический уровень, учтены особенности среды обнаружения (отражения от местных объектов). Теперь можно выполнять необходимые измерения. В этой системе можно учесть и точно смоделировать все виды помех. Такой упрощённый подход к измерению характеристик бортовых РЛС демонстрирует не только разнообразные возможности, но и простоту применения. Этот пример можно моделировать в самых разных сценариях, а универсальность моделирования сценария в интегральной среде позволяет тестировать любые типы радиолокационных сигналов и ситуаций. После настройки базовой интегральной среды можно легко учесть любые помехи, что гарантирует точность результатов.

### ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛА (ЦОС)

Моделирование сценариев РЛС может быть сложным для разработчиков, особенно в случае бортовых РЛС. Новый подход к моделированию успешно решает эти проблемы.

Для сокращения времени разработки и снижения затрат очень важно выполнить моделирование разных радиолокационных сценариев. Эти сценарии могут включать генерацию и обработку сигналов РЛС, а также учитывать влияние окружающей среды и специфические параметры моделируемой платформы и цели. Возможность моделирования всей среды развёртывания обеспечивает исключительную скорость разработки и позволяет создавать прототипы любой радиолокационной системы. Перенос испытаний в лабораторные условия позволяет сэкономить время и деньги с одновременным повышением точности.

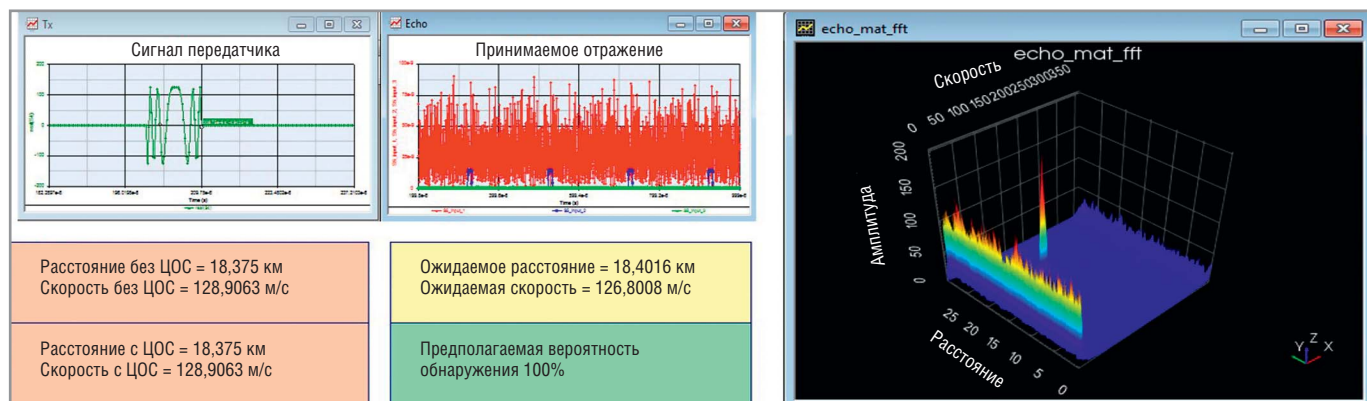


Рис. 5. Настройка и измерение некоторых видов помех