Тема 11. ПРИМЕРЫ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

11.1 Общие сведения

Имитационное моделирование в реальном масштабе времени физических сигналов и процессов, адекватных сигналам радиотехнических систем, является эффективным средством решения задач автоматизации исследований, испытаний, моделирования и диагностики сложных систем.

Предлагаемая комплексная имитационно-моделирующая установка для испытаний радиотехнических систем (КИМУ РТС) представляет собой комплекс аппаратных и программных средств, действующих в виде единой системы и позволяющих автоматизировать процессы исследований, полунатурного моделирования, контроля работоспособности и настройки радиоэлектронных систем и устройств различных видов, организовывать тренировки личного состава, обслуживающего системы.

Основное назначение КИМУ РТС — формирование в лабораторных, заводских, полевых и других условиях сигналов и процессов, адекватных по своей физической природе и характеристикам сигналам и процессам, возникающим в исследуемой аппаратуре в условиях реальной эксплуатации. Следует отметить, что в КИМУ РТС программными методами имитируются условия (среда) функционирования и, например, приемные средства исследуемых радиотехнических систем; аппаратная же часть предназначена для генерирования физических сигналов и процессов с программно-управляемыми вероятностными, корреляционными, спектральными и временными характеристиками, адекватных сигналам и процессам, возникающим в устройствах исследуемых радиотехнических систем на видео, промежуточных и рабочих частотах — см. рис. 1.

11.2. Основные принципы организации программного обеспечения

Программное обеспечение (ПО) КИМУ РТС, ориентированной на работу в масштабе реального времени и предназначенной для генерирования сложных физических сигналов и процессов, обладает следующими свойствами:

- открытостью, обеспечивающей возможность расширения функциональных возможностей системы за счет включения в состав ПО дополнительных программных модулей;
- надежностью, обеспечиваемой средствами тестирования программных и аппаратных модулей системы, защитой от ввода некорректных данных, многократной проверкой используемых данных на различных этапах решения задачи;
- простотой эксплуатации и настройки, что обеспечивается удобным пользовательским интерфейсом, практически полным отказом от специальных регулировок и предварительных настроек технических и программных средств системы;
- **гибкостью**, обеспечивающей возможность изменения круга решаемых системой задач и включения в состав системы дополнительных аппаратных и программных модулей, а также возможность сохранения работоспособности системы при изменении номенклатуры устройств.

Для реализации указанных свойств программное обеспечение КИМУ РТС обеспечивает поддержку функционирования системы на различных уровнях.

Программы первого уровня предназначены для описания факторов, учитываемых при решении общей задачи. Такими факторами являются характеристики среды функционирования РЛС, погодные условия, характеристики исследуемых объектов, свойства объектов, участвующих в эксперименте (пассивные и активные) и т.д. Программы этого уровня реализуются, как правило, в виде диалоговых окон, позволяющих вводить информацию о характеристиках объектов, создавать библиотеки объектов и факторов, из которых затем формируются условия окружающей среды.

Программы второго уровня предназначены для моделирования среды функционирования исследуемых средств с учетом всех известных факторов. Эти программы позволяют выбирать условия проведения испытаний, технические средства, используемые в эксперименте, указывать наличие динамически изменяемых объектов, задавать траектории их движения и т.д. Результатом выполнения программ этого уровня являются данные, описывающие характеристики факторов, влияющих на параметры формируемого процесса и сценарии изменения этих факторов. Программы этого уровня реализуют алгоритмы моделирования климатических и погодных условий, маршрутов движения динамических объектов, свойств рельефа и т.д.

Программы первого и второго уровней, ориентированные на описание внешней среды функционирования испытуемых средств, реализуют алгоритмы, не связанные непосредственно ни с исследуемыми процессами, ни с аппаратной частью системы. Программы этого уровня могут найти применение в системах моделирования различного назначения, а могут быть использованы и как законченный программный продукт.

<u>Программы третьего уровня</u> предназначены для расчета характеристик воспроизводимых процессов с учетом всех известных факторов. Программы этого уровня реализуют математические модели, позволяющие определить вид и характеристики имитируемых процессов.

Программы четвертого и пятого уровней осуществляют управление аппаратной частью системы при формировании физических сигналов. Программы четвертого уровня формируют массивы управляющих кодов, необходимых для настройки аппаратной части системы на воспроизведение требуемых физических процессов. Алгоритмы программ этого уровня определяются методами, используемыми при создании устройств генерирования физических сигналов, и принципами функционирования этих устройств. Программы пятого уровня предназначены собственно для управления аппаратной частью системы и осуществляют передачу данных таким образом, чтобы обеспечить формирование физического процесса с характеристиками, адекватными реальным.

Программное обеспечение КИМУ РТС имеет **агрегатируемую** структуру и представляет собой набор программных модулей, каждый из которых предназначен для решения задачи определенного уровня. Программы различных уровней совместимы на уровне данных, что позволяет заменять отдельные программные модули системы, не внося изменений в программы других уровней, что обеспечивает возможность адаптировать уже имеющиеся программные средства к широкому кругу решаемых задач.

11.2.1 Программы ввода данных

Блок ввода данных (программный модуль задания карты местности, программный модуль библиотек радиотехнических средств и программный модуль библиотек компонентов электромагнитной обстановки) обеспечивает ввод, хранение, редактирование и отображение параметров, определяющих вид и характеристики имитируемых сигналов.

Ввод и редактирование данных осуществляется пользователем с помощью блоков диалога с использованием принятых процедур ввода, записи, считывания, анализа корректности введенных значений. Введенные пользователем данные образуют библиотеки данных объектов, которые могут использоваться многократно. Таким образом, пользователь может один раз выполнить операцию ввода данных и пользоваться ими длительное время, обновляя данные только по мере необходимости, при введении в модель новых объектов.

11.2.2 Программы имитационного моделирования параметров динамических объектов

Программы моделирования параметров динамических объектов обеспечивают ввод, хранение и редактирование данных, определяющих маршруты движения воздушных, наземных и надводных объектов. Маршрут задается пользователем путем указания поворотных точек маршрута (точки изменения направления движения), для которых определяется местоположение в пространстве и скорость движения. Особенностью этих программ является то, что задаваемый маршрут движения связан с конкретным типом воздушного или наземного объекта, и при расчете траектории учитываются его технические характеристики. Это позволяет исключить задание технически нереализуемых маршрутов движения объектов.

11.2.3 Программы имитационного моделирования электромагнитной обстановки

Программы имитационного моделирования электромагнитной обстановки являются одним из основных продуктов программного комплекса и обеспечивают ввод, хранение, редактирование и отображение данных, определяющих условия проведения эксперимента (взаимное расположение стационарных объектов, сценарий изменения воздушной и наземной обстановки, атмосферные условия, выбор рельефа местности и т.д.). В режиме создания новой моделируемой обстановки пользователь должен из имеющихся данных указать следующие характеристики среды:

- рельеф поверхности;
- климатические и погодные условия;
- местоположение и характеристики средств излучений;
- типы стационарных объектов и их расположение;
- тип исследуемого радиотехнического средства, способ его базирования, местоположение или маршрут движения;
 - маршруты движения воздушных, наземных, надводных объектов.

Данные, определяющие условия моделирования, сохраняются и могут быть в дальнейшем изменены. Программы рассматриваемого блока предназначены также для расчета взаимного расположения объектов на каждом шаге модельного времени. Данные о взаимном расположении объектов на каждом шаге модельного времени передаются программам блока расчета параметров воспроизводимых воздействий.

11.2.4. Программы имитационного моделирования радиотехнических средств

Эти программы реализуют алгоритмы, позволяющие получать на каждый шаг модельного времени значения параметров воздействий, имитируемых аппаратной частью системы. Тип воспроизводимых воздействий определяется исследуемыми радиотехническими средствами.

Параметры и реализации имитируемых процессов рассчитываются с учетом следующих факторов:

- характеристик исследуемого радиотехнического средства, координат и параметров его движения;
- типа наблюдаемого объекта, его текущих координат, параметров движения (с учетом случайной составляющей движения);
- свойств рельефа местности (определение зон видимости, характеристик движения наземных объектов);
- состояния атмосферы;
- климатических условий;
- свойств подстилающей поверхности;
- характеристик источников излучений;
- характеристик источников активных помех.

11.2.5. Программный модуль управления имитационным моделированием сигналов радиотехнических средств

Программы этого модуля можно разделить на следующие блоки:

- блок расчета настроечной информации;
- блок управления аппаратной частью системы.

Программы блока <u>расчета настроечной информации</u> осуществляют преобразования значений параметров имитируемых воздействий в настроечные коды, передаваемые в аппаратную часть системы и обеспечивающие воспроизведение воздействий с требуемыми характеристиками. Алгоритмы, реализуемые блоком расчета настроечной информации, учитывают специфику аппаратной части системы. В качестве выходных данных формируется массив команд, соответствующий требованиям аппаратной части системы.

Программы блока <u>управления аппаратной частью системы</u> обеспечивают управление техническими средствами системы с целью обеспечения генерирования физических сигналов в масштабе реального времени. Программы блока управления аппаратной частью системы взаимодействуют с аппаратурой либо посредством вызовов функций драйвера, либо прямым чтением/записью в порты. Этой частью программного обеспечения выполняются следующие операции:

- загрузка рассчитанной настроечной информацией с учетом особенностей функционирования аппаратной части системы;
- выполнение пуска/останова аппаратной части системы;
- проверка работоспособности аппаратной части системы;
- управление выполнением команд в ходе моделирования сигналов.

Все программы данного блока реализованы с учетом функционирования КИМУ РТС и других систем в реальном масштабе времени.

10.3. Эффективность применения системы

Предлагаемая система должна обеспечить:

- задание географических, климатических, погодных условий функционирования исследуемых радиолокационных и других средств;
- задание факторов, определяющих вид воспроизводимых физических процессов и являющихся характерными для имитируемой обстановки;
- имитацию наблюдаемых объектов;
- формирование физических сигналов в масштабе реального времени;
- отображение и регистрацию имитируемых процессов и событий;
- расчет настроечных кодов для управления аппаратной частью системы.

В основу построения системы положена концепция, основными составляющими которой являются:

- сочетание методов математического моделирования, программного имитационного моделирования и применения специализированных цифровых структур;
- использование только программно-управляемых цифровых структур, позволяющих управлять временными, вероятностными, корреляционными и спектральными характеристиками формируемых физических процессов и сигналов путем замены содержимого внутренних запоминающих устройств (настроечных кодов) по сигналам управляющей ЭВМ;
- агрегатируемая структура, позволяющая из ограниченного набора модулей создавать несколько десятков конфигураций автоматизированных систем;
- возможность перенастройки имитирующей аппаратуры без прекращения процесса генерации сигналов, что позволяет формировать как стационарные, так и нестационарные процессы.

Эффективность применения предлагаемой системы определяется:

- возможностью сокращения объема натурных испытаний в условиях реальной эксплуатации и уменьшением продолжительности этапов НИР и ОКР;
 - сокращением трудоемкости подготовки моделирования и испытаний и длительности собственно процессов исследований;
 - возможностью обеспечения единства условий моделирования и испытаний, высокой точности воспроизведения задаваемых режимов, упрощением метрологического обеспечения испытаний и научных исследований;
 - возможностью автоматизации всех этапов моделирования и испытаний от их подготовки до протоколирования и интерпретации результатов;
 - возможностью воспроизведения нестационарных режимов изменения параметров и нагрузок и проведения программно-управляемых испытаний на экстремальные нагрузки и т.д.;
 - возможностью проведения исследований и испытаний систем без излучения сигналов в эфир.

КИМУ РТС имеет следующие особенности, отличающие ее от систем, предназначенных для решения аналогичных задач:

- наличие в ее составе аппаратных средств генерации случайных и псевдослучайных физических процессов и сигналов с программноуправляемыми вероятностными, корреляционными (спектральными) свойствами; это позволяет эффективно, без затрат вычислительной мощности имитировать случайные шумы и помехи РТС; кроме того, предлагаемая система малогабаритна (транспортабельна), имеет широкий спектр применений;
- представление выходных сигналов как в цифровой, так и в аналоговой формах, причем обеспечивается возможность цифрового программного управления всеми параметрами генерируемого сигнала;
- возможность автоматического контроля и диагностики;
- высокая эффективность прикладного программного обеспечения, использующего последние достижения теории расчетов динамических моностатических и бистатических характеристик вторичного излучения подвижных объектов различных типов, статистического моделирования помех, статистического и аналитического моделирования сложных систем управления, каналов обработки и измерения параметров радиотехнических систем:
- универсальность, обеспечиваемая широкими возможностями математических методов, статистического и аналитического моделирования радиотехнических систем и систем автоматического управления, наличием оперативно пополняющегося банка данных математических моделей радиотехнических систем, сигналов, помех и объектов радиолокации;
- высокая гибкость и адаптируемость, обеспечиваемая модульным принципом ее построения, наличием цифровой системы управления режимами работы, эффективного математического обеспечения обработки результатов испытаний, а также наличием элементов искусственного интеллекта;
- возможность автоматизированной идентификации структуры и параметров математических моделей испытуемых систем;
- возможность проведения полунатурных испытаний радиотехнических систем в целом, а также их элементов в динамике многоцелевых (многосигнальных) ситуаций, на фоне различного рода помех в условиях близких к реальным на всех этапах жизненного цикла системы.

КИМУ РТС позволяет решать следующие основные задачи:

- 1) полунатурные испытания радиотехнических систем различного назначения;
- 2) полунатурное моделирование реальных условий работы радиотехнических систем следующих классов:
- наземных и бортовых радиолокационных станций обзора (в том числе РЛС с синтезируемой апертурой);
- наземных и бортовых радиолокационных станций точного измерения координат;
 - бортовых радиопеленгаторов;
 - бортовых радиовысотомеров;
 - систем радиосвязи;
 - систем радионавигации;
 - систем радио- и радиотехнической разведки;

- 3) оперативный безоблетный контроль зон видимости радиолокационных станций в местах их дислокации;
 - 4) создания тренажерных комплексов для различных типов РЛС и РТС;
- 5) проверка функционирования и снятие характеристик обнаружения каналов обработки принимаемых сигналов;
- 6) проверка функционирования и снятие характеристик систем распознавания по отраженным или излученным сигналам;
- 7) проверка функционирования и снятие точностных характеристик измерителей координат и параметров летательных аппаратов;
- 8) проверка функционирования и снятие характеристик средств помехозащиты;
 - 9) испытания и оценка эффективности радиотехнических систем.

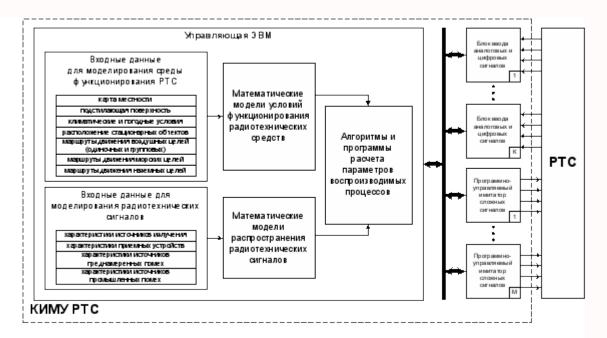


Рис. 11.1 Обобщенная структурная схема КИМУ РТС