

### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МИКРОВОЛНОВЫХ УСТРОЙСТВ

Васильев Е.П., Дьячков А.И., Круглякова И.А.  
*Рязанская государственная  
радиотехническая академия,  
Рязань*

Современный этап развития микроэлектроники немалым без широкого внедрения САПР. Они позволяют не только повысить полноту и точность решения проектных задач с одновременным сокращением материальных и временных затрат, но и решать качественно новые гораздо более сложные вопросы.

Построение САПР СВЧ, реализующей полный цикл проектирования, - весьма сложная задача, так как этапы, связанные с формированием технического задания, физических принципов, функциональной структуры, оптимальной конструктивно - топологической реализации альтернативных решений, слабо поддаются компьютеризации. В то же время анализ существующих САПР, в полном объеме, с целью оценки их эффективности весьма сложная, трудоемкая и в большинстве случаев нереализуемая задача из-за недостатка информации о сравниваемых пакетах. Наиболее важные сравнительные характеристики, особенности и критерии оценки САПР СВЧ рассмотрены в работе [1].

Последней зарубежной разработкой в области САПР электронных устройств является MICRO-WAVE OFFICE (MWO) – полностью интегрированный пакет программ, предназначенный для разработки устройств СВЧ [2].

Данный программный продукт состоит из модулей:

- для линейного и нелинейного моделирования схем в частотной области;
- для трехмерного электромагнитного моделирования многослойных структур;
- для проектирования печатных конструкций и топологии интегральных схем (ИС).

Анализ схем проводится одночастотным и многочастотным методом гармонического баланса, а также методом рядов Вольтера, который позволяет увеличить скорость анализа в 10...100 раз по сравнению с методом гармонического баланса и легко интегрируется с методом линейного анализа, что дает возможность проводить оптимизацию коэффициента шума и таких линейных характеристик как коэффициент передачи и КСВ одновременно с уровнем интермодуляционных искажений. Высокая скорость анализа является следствием объектно - ориентированного подхода к программированию, а также того, что система уравнений (в методе гармонического баланса) формируется непосредственно из схемного представления без промежуточного преобразования в файл списка соединений. В результате появилась возможность настройки и оптимизации схем с помощью инструмента Tuner, не имеющего аналогов в других пакетах программ.

Библиотека базовых элементов (ББЭ) состоит из сосредоточенных и распределенных, линейных и нелинейных, идеальных и неидеальных элементов. В

случаях, когда правильная модель устройства отсутствует или эффект близкого расположения элементов уменьшает точность модели, предусмотрена возможность использования модуля электромагнитного анализа EM-Sight. Данный модуль имеет собственный графический редактор и позволяет моделировать топологические структуры методом моментов.

Одной из последних отечественных разработок в области автоматизированного проектирования устройств СВЧ является САПР ПОИСК – Д [3].

В известных САПР ИС СВЧ отсутствует расчётный модуль статистического анализа и расчёта надёжности реализованный на базе метода ядерных оценок. Предлагаемый алгоритм расчёта основан на методе декомпозиции и представлении микроэлектронного устройства СВЧ (МЭУСВЧ) совокупностью базовых элементов соединённых в соответствии со схемно-топологической реализацией. ББЭ включает в себя основные конфигурации регулярных коаксиальных и полосковых отрезков линий, неоднородности на их основе, сосредоточенные и распределённые элементы, что позволяет анализировать МЭУ СВЧ методом цепных матриц.

Библиотека типовых устройств (БТУ) состоит из устройств систематизированных по типу и топологии, каждое из которых имеет схемотехническое изображение и файл описания топологии. При необходимости ББЭ и БТУ легко модернизируются и пополняются.

В программе используются модули анализа, оптимизации, расчёта статистических параметров и надёжности. Статистический расчёт основан на методе ядерных оценок плотности распределения случайных величин, который в сравнении с методом гистограмм позволяет более чем в два раза уменьшить дисперсию оценки и тем самым повысить точность определения плотности распределения.

Процесс моделирования может проводиться на трёх уровнях сложности: микромоделирование базовых элементов (БЭ), моделирование устройств и макро-моделирование микросборок СВЧ. При моделировании БЭ и устройств исходной информацией являются конструкционные параметры и способы соединения БЭ. В процессе макро-моделирования микросборок СВЧ исходной информацией служат S-параметры устройств из БТУ, а оптимизируемыми параметрами могут являться межкаскадные связи и соединения. Выходная информация выводится в виде электронных таблиц и различных графиков.

Программа составлена в среде визуального программирования "Delphi" и использует широкие возможности "Windows" для создания наглядного и удобного интерфейса пользователя. Время анализа в десяти частотных точках выключателя на микрополосковой линии и герконном модуле СВЧ для IBM PC с процессором Intel Pentium 133МГц и оперативной памятью 32Мбайт составляет 0,3 секунды.

Таким образом, программа ПОИСК – Д расширяет класс решаемых задач в диапазоне СВЧ, т.к. в ее основу заложена реализация метода автоматизированного проектирования герконных модулей и устройств на их основе. В то же время она позволяет проводить анализ, оптимизацию и статистическое

моделирование различных микроэлектронных устройств СВЧ на основе использования математических моделей и алгоритмов, позволяющих повысить точность расчетов, расширять динамическую библиотеку базовых элементов, типовых устройств, целевых функций и подключать дополнительные блоки (оптимизации, статистического моделирования и др.). Это обеспечивает беспрецедентно высокую производительность и переводит технологию проектирования ИС на современный уровень.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев Е. П., Коваленко В. В., Круглякова И.А. Особенности и критерии оценки САПР СВЧ//Труды Четвертой Всероссийской научно-практической конференции "Современные проблемы создания и эксплуатации радиотехнических систем". Ульяновск: УлГТУ, 2004, с.140-143.
2. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ-устройств с помощью Microwave Office //М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 496с.
3. Васильев Е.П. Архитектура и сравнительные характеристики системы проектирования микроволновых устройств ПОИСК-Д //Информационные технологии. Вып.11, 1998. с.22-26.

#### КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АНАЛИЗА ВВХ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯМИ (СУТ)

Мочалов В.П., Яковлев С.В.

*Северо-Кавказский государственный  
технический университет,  
Ставрополь*

Для исследования процесса функционирования СУТ в условиях реального времени ее целесообразно представить в виде двухуровневой модели, первый уровень которой задает процесс взаимодействия с внешним окружением при помощи сообщений, предусмотренных системами сигнализации, а второй – процесс реализации транзакций в интервалах времени между поступлением входных и выдачей ответных выходных сообщений. Подобный подход обеспечивает гибкость, повышает достоверность описания и дает возможность, с одной стороны, использовать отдельные уровни описания для построения математических моделей подсистем и, с другой стороны, связать модели этих подсистем в модель СУТ как цельной системы.

На первом уровне процесс функционирования предлагается представлять в виде древовидного графа, который может быть получен при помощи формальных процедур из описания процессов сигнализации.

Для этого могут использоваться следующие языки: SDL, MSC, ASN.1, TTCN и GDMO. Этот перечень может быть дополнен языком IDL (Interface Definition Language), разрабатываемым OMG (Object Management Group) и ISO, языком ODL (Object Definition Language) из TINA-C, который является расширением IDL и поддерживает современные концепции объектов с разнообразными интерфейсами, групповых объ-

ектов, потоковых интерфейсов и описаний QoS (Quality of Service).

Основу языка SDL составляет концепция взаимодействия конечных автоматов. Динамическое поведение системы описывается с помощью механизмов функционирования расширенных конечных автоматов и связей между ними, называемых процессами. Наборы процессов образуют блоки. Блоки, соединенные друг с другом и со своим окружением каналами, в свою очередь, образуют SDL-систему.

Каждый блок в диаграмме SDL-системы может быть в дальнейшем разделен либо еще на блоки, либо на набор процессов. Процесс описывает поведение в SDL и является наиболее важным объектом в языке. Поведение каждого процесса определяется расширенным конечным автоматом, который выполняет действия и генерирует реакции (сигналы) в ответ на внешние дискретные воздействия (сигналы).

Такой автомат имеет конечное число внутренних состояний и оперирует с конечным дискретным множеством входов и выходов. Под влиянием входных сигналов автомат переходит из одного состояния в другое, которое может совпадать с предыдущим, и выдает выходной сигнал. При этом для каждого состояния  $S_i$  и для каждого входного сигнала  $I_j$  однозначно известно, в какое состояние  $S_i$  перейдет автомат и какой выходной сигнал  $J_o$  он при этом выдаст.

На втором уровне находятся модели транзакций, для составления которых необходимо располагать информацией о структуре программного обеспечения СУТ, составе и функциях программных модулей и внутренних сигнальных сообщений, о способах взаимодействия управляющей и исполняющей систем. Описание составляется в терминах фаз реализации этапов процесса предоставления услуг. Анализ ВВХ процесса выполнения транзакций позволяет определить параметры отдельных функциональных задач, реализуемых СУТ.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФОРМЫ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Рукавишников В.В., Белик А.В.

*Челябинский государственный университет  
Челябинск*

Молекулярное моделирование играет важную роль в развитии современной химии. Для каждого круга задач предлагались свои модели, как, например, шаро-стержневые, Стюарта-Бриглеба и т.д. С развитием новых компьютерных технологий возникли потребности в новых представлениях молекул в трехмерном пространстве. В частности, интересные результаты получены в результате анализа поверхности постоянной электронной плотности Р.Бейдером [1].

В настоящей работе предлагается новый, более простой и доступный химикам подход, базирующийся на модели DENSON [2]. Новизна его состоит в том что, в конечном итоге, атомы в молекуле не имеют сферической симметрии, в сравнении с более ранним подходом [3].

Для получения пространственной формы молекулы требуется знание декартовых координат атомов