

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МИКРОВОЛНОВЫХ УСТРОЙСТВ

Васильев Е.П., Дьячков А.И., Круглякова И.А.

Рязанская государственная радиотехническая академия,

Рязань, Россия

E-mail:

Современный этап развития микроэлектроники немислим 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 MICROWAVE 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 макромоделирование микросборок СВЧ. При моделировании БЭ и устройств исходной информацией являются конструкционные параметры и способы соединения БЭ. В процессе макромоделирования 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.

#### **Библиографический список**

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.