

зволяет говорить об актуальности методов повышения эффективности таких систем. Авторами предложены четыре метода, позволяющие решить задачу автоматизации последовательностей проектных процедур, выполняемых на разных стадиях разработки технического обеспечения АСУТП. Согласно экспертному заключению ведущих специалистов крупных проектных организаций энергетической и нефтегазовой отраслей, применение указанных методов позволило решить ряд важных задач, таких как: существенное повышение степени автоматизации проектных работ и, как следствие, исключение субъективных ошибок при создании проекта; быстрое внесение изменений в проект; значительное сокращение времени выполнения типовых проектных процедур. Отдельно отмечена гиб-

кая система настройки методов, обеспечивающая возможность их применения для разработки различных проектов.

Список литературы

1. Целищев Е.С. и др. Технология проектирования тепловых электростанций и методы ее компьютеризации. М. Энергоатомиздат. 1997.
2. Целищев Е.С., Глянцева А.В., Кудряшов И.С. Методика эффективной автоматизации проектирования технического обеспечения АСУТП. Учеб. пособие под ред. Ю.С. Тверского. Иваново. 2012.
3. Целищев Е.С., Глянцева А.В. Разработка методов повышения эффективности формирования клеммных соединителей при проектировании монтажной части систем автоматики // Вестник ИГЭУ. 2012. № 5.

Целищев Евгений Сергеевич — д-р техн. наук, ст. научный сотрудник, ген. директор ЗАО "СиСофт Иваново", проф. кафедры Информационных технологий ИГЭУ,

Глянцева Анна Вячеславовна — специалист ЗАО "СиСофт Иваново".

Контактный телефон (4932) 33-36-98.

E-mail: tselishev@ivanovo.csoft.ru glyaznetsova@ivanovo.csoft.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СВЧ АНТЕНН В САПР EMPro

М. Питерсен (Компании Agilent Technologies)

Рассматриваются возможности среды электромагнитного трехмерного моделирования Agilent EMPro на примере проектирования высокоэффективных СВЧ антенн на основе технологии интегрированного в подложку волновода (SIW) и анализа влияния антенн и других электронных компонентов на общие характеристики проектируемой системы.

Ключевые слова: СВЧ антенна, волновод, интегрированный в подложку, САПР, электромагнитное трехмерное моделирование, симулятор.

Программное обеспечение Electromagnetic Professional (EMPro) компании Agilent EESof EDA представляет собой программную платформу электромагнитного (ЭМ) трехмерного (3D) моделирования для анализа объемных ЭМ эффектов различных электронных компонентов, включая корпуса высокоскоростных и ВЧ микросхем, соединительные провода, антенны, внутрисхемные и внешние пассивные элементы, а также межсоединения печатных плат. Программа EMPro характеризуется наличием современных средств проектирования, моделирования и анализа, высокопроизводительными технологиями моделирования, а также возможностью интеграции в САПР разработки ВЧ и СВЧ устройств ADS.

Основные преимущества программы ЭМ моделирования EMPro

- Интеграция маршрута проектирования. Создание 3D компонентов, которые могут моделироваться совместно с топологиями и схемами средствами САПР ADS при использовании ко-симуляции «ЭМ-схема».

- Широкий набор технологий моделирования. Настройка и запуск анализа с использованием технологий 3D ЭМ моделирования как в ча-

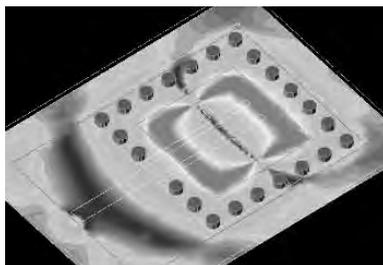


Рис. 1. Резонаторная SIW-антенна, смоделированная в САПР Agilent EMPro

стотной, так и во временной областях: метод конечных элементов (FEM) и метод конечных разностей во временной области (FDTD).

- Удобный конструкторский интерфейс. Быстрое создание произвольных объемных структур с помощью современного простого в использовании интерфейса; расширенные возможности по созданию скриптов.

Основные возможности САПР EMPro

EMPro — удобный инструмент для построения произвольных 3D структур и импорта готовых файлов CAD. Позволяет создавать 3D формы, добавлять свойства материала, настраивать параметры моделирования и просматривать результаты — и все это не покидая среду EMPro.

В EMPro можно анализировать объемные структуры, причем с помощью того же FEM симулятора, что и в САПР ADS. Симулятор FEM использует метод конечных элементов — широко применяемую в ВЧ и СВЧ приложениях технологию моделирования в частотной области. Для проектов, в которых имеются большие компоненты, такие как антенны, или для анализа целостности

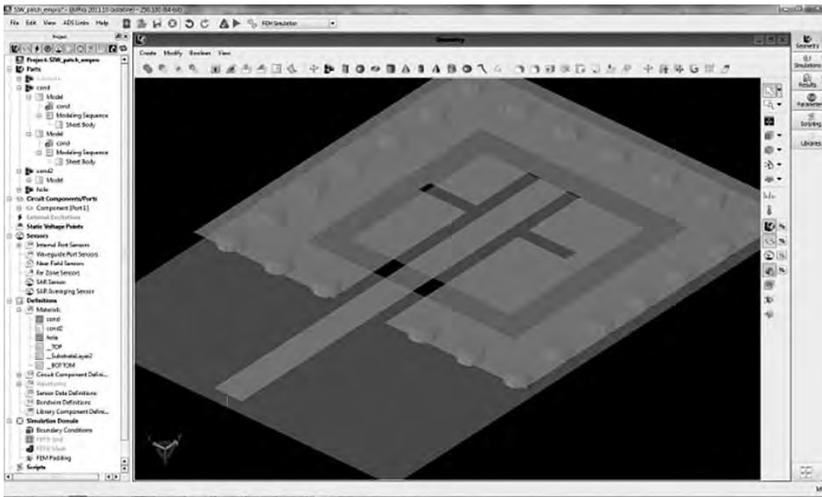


Рис. 2. Моделирование SIW-антенны в САПР Agilent EMPro

сигнала может быть использован симулятор на основе метода конечных разностей (FDTD), работающий во временной области.

Интеграция с САПР ADS. В EMPro можно создавать 3D модели компонентов с необходимым набором параметров и загружать их в проект топологии, создаваемый в САПР ADS. Затем может использоваться FEM симулятор для смешанного ЭМ моделирования 2D топологий и 3D компонентов.

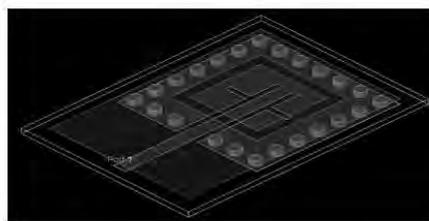
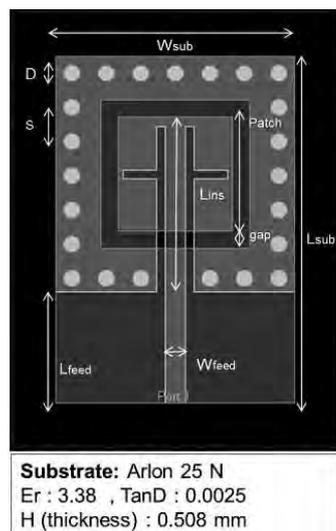
Существует несколько различных технических подходов к ЭМ моделированию, каждый из которых имеет свои преимущества в определенной области. Наиболее распространены среди 3D ЭМ технологий моделирования методы FEM и FDTD. Обе эти технологии доступны в EMPro.

Метод конечных элементов (FEM) — это метод моделирования в частотной области, позволяющий оперировать со структурами произвольной формы такими, как проволочные переемычки, переходные отверстия конической формы, шариковые или стол-

биковые выводы. В таких структурах нельзя обойтись без третьего изменения. Симулятор FEM также может моделировать диэлектрические бруски или подложки конечных размеров. FEM основан на создании объемной сетки, которая разделяет все пространство задачи на тысячи небольших областей и представляет ЭМ поле в каждом элементе сетки в виде локальной функции. Геометрическая модель автоматически делится на большое количество тетраэдров, причем каждый тетраэдр состоит из четырех равносторонних треугольников. Этот набор тетраэдров привязан к сетке конечных элементов. В состав FEM симулятора входят прямой и итерационный алгоритмы принятия решений, которые используют линейные и квадратичные базисные функции, что позволяет решать широкий диапазон задач. FEM симулятор работает как в среде EMPro, так и на платформе ADS.

Метод конечных разностей во временной области (FDTD). Так же как и FEM, метод FDTD основан на объемной выборке электрического и магнитного полей по всему пространству. В то время как сетка FEM состоит из тетраэдральных ячеек, сетка FDTD имеет ячейки прямоугольной формы или представляет собой конформную сетку, повторяющую криволинейную геометрию объектов. Метод FDTD обновляет параметры поля через равные промежутки времени, следуя за электромагнитными волнами по мере их распространения по структуре. В результате, за один этап моделирования FDTD можно получить данные в сверхшироком диапазоне частот.

Рассмотрим возможности САПР Agilent EMPro на примере проектирования высокоэффективных СВЧ антенн на основе технологии интегрированного в подложку волновода (SIW).



| Dimensions of the cavity backed antenna | | | |
|---|-----------|--------|-----------|
| Symbol | Value(mm) | Symbol | Value(mm) |
| Wsub | 13.8 | Wfeed | 1.16 |
| Lsub | 20.3 | Lfeed | 6.5 |
| D | 1 | Lslot | 1.9-2.1 |
| s | 2 | Wslot | 0.5 |
| Lind | 9.5-9.9 | Patch | 6.65 |
| space | 0.5 | gap | 1 |

Рис. 3. Конфигурация и размеры резонаторной антенны, созданной по технологии SIW

По мере роста используемых рабочих частот от ВЧ до СВЧ, микроволновые линии на печатных платах уступают место волноводам, передающим сигнал с меньшими потерями. Однако традиционные прямоугольные волноводы дороги в изготовлении и занимают сравнительно много места. Поэтому все большую популярность приобретает технология «волноводов, интегрированных в подложку» (Substrate Integrated Waveguide — SIW), которая обладает лучшими характеристиками по сравнению с волноводами классической конструкции, а также меньшей стоимостью и размерами, легко реализуемыми по планарной технологии.

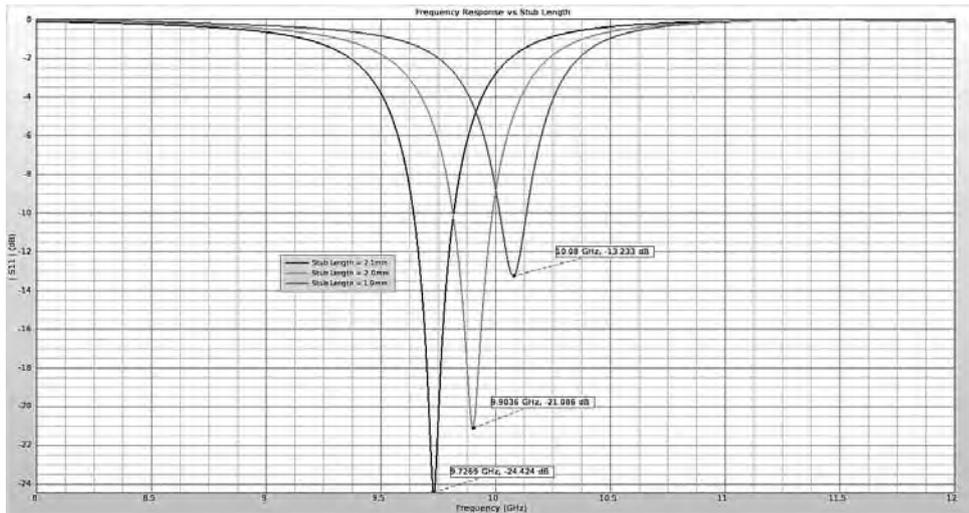


Рис. 4. С изменением расстояния между переходными отверстиями резонансная частота меняется с 9,7 ГГц до 10,1 ГГц

В сущности, технология SIW представляет собой комбинацию микрополосковой линии с волноводом с диэлектрическим заполнением (DFW). Проводники верхнего и нижнего слоя печатной платы образуют две стенки волновода. К ним добавляются два параллельных ряда металлизированных переходных отверстий, которые образуют боковые стенки волновода. На рис. 1 показана резонаторная SIW-антенна. Для пассивных цепей технология SIW применяется уже давно, благодаря ее невысокой стоимости, компактности и отличным характеристикам. Но сейчас наблюдается рост интереса к применению технологии SIW в активных цепях и готовых системах, в том числе в интегрированных активных антеннах.

Антенны, спроектированные с применением технологии SIW, обладают превосходными характеристиками, поскольку их конструкция препятствует распространению поверхностных волн, расширяет полосу пропускания и снижает осевое и взаимно-ортогональное излучение. Кроме того, резонаторные антенны позволяют решить такие потенциальные проблемы, как отведение тепла и возникновение нежелательных поверхностных волн. Такие недорогие решения очень востребованы в радиолокационных системах и системах связи. Кроме того, технология SIW может

Марк Петерсен (Marc Petersen) – менеджер по продукции отдела электромагнитных и теплоэлектрических решений компании Agilent Technologies.

Контактный телефон (495) 797-39-28.

[Http://www.agilent.com](http://www.agilent.com)

применяться для создания резонаторных антенн СВЧ диапазона, аналогичных представленной на рис. 2. Подобные схемы используются во входных модулях компактных приемников и антенных решетках с преобразователем частоты.

Для предварительного анализа параметров таких антенн в ходе их проектирования можно использовать полноволновые электромагнитные (ЭМ) симуляторы, опробуя разные варианты по принципу «что, если» для оптимизации геометрии антенны.

Самыми популярными технологиями ЭМ симуляторов для такого рода анализа являются «Метод моментов» (MoM), «Метод конечных элементов» (FEM) и «Метод конечных разностей во временной области» (FDTD).

В качестве примера, для анализа антенны, показанной на рис. 2, использовался метод конечных элементов. Основным конструктивным параметром, влияющим на резонансную частоту антенны, является расстояние между переходными отверстиями. С изменением этого расстояния с 1,9 мм до 2,1 мм, резонансная частота меняется с 9,7 ГГц до 10,1 ГГц. Размеры резонаторной антенны показаны на рис. 3. Такой способ моделирования конструкции позволяет увидеть, что изменение расстояния между переходными отверстиями сильно влияет на резонансную частоту (рис. 4).

Возможность опробования нескольких сценариев в ЭМ симуляторе до изготовления прототипа может сберечь разработчикам и время, и деньги. Технология SIW предоставляет возможность передавать сигналы с малыми потерями в ограниченном пространстве, позволяя создавать недорогие антенны. Целью будущих исследований будет применение SIW на еще более высоких частотах и полная интеграция технологии «система на подложке».

Облачные решения OpenText вошли в состав приложения SAP Cloud for Travel

Компания OpenText объявила об интеграции своих сервисов по накоплению данных и оптическому распознаванию символов в облачное приложение SAP® Cloud for Travel. Решение, появившееся в результате тесного взаимодействия между компаниями OpenText и SAP, позволяет упростить составление отчетов о командировках: теперь информацию о расходах легко можно вводить, сканируя чеки или просто фотографируя их мобильными устройствами.

SAP Cloud for Travel представляет собой облачное решение, которое помогает отслеживать командировочные расходы при помощи мобильных устройств, без привлечения дополнительных технических средств или сервисов. Пользователи решений SAP получили доступ к недорогой и удобной технологии OpenText Capture Center, которая считается одним из лучших многоканальных решений по накоплению данных.

[Http://www.opentext.com](http://www.opentext.com)