

УДК 621.37; 621.38; 621.39

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ В ДИСЦИПЛИНЕ «ПОЛЯ И ВОЛНЫ»**

Ю.П. Блажис, В.В. Паслен

Донецкий Национальный Технический Университет

В статье представлен обзор программного обеспечения для электродинамического моделирования MMANA, FEKO, HFSS, исследованы возможности данных программ и сравнение их основных характеристик. Проведено моделирование активного вибратора и рупорной антенны.

На сегодняшний день актуальной проблемой является решение электродинамических задач, таких как моделирование антенн и антенных систем, экранирование токопроводящих элементов, воздействия электромагнитных волн на человека и окружающую его среду и т.д. С помощью современных программ электродинамического моделирования [1-5] возможно компьютерное моделирование электродинамических элементов, в частности антенных устройств, расчет их основных характеристик, таких как диаграмма направленности, коэффициент усиления, коэффициент направленного действия и многие другие. Компьютерное моделирование антенн позволяет наглядно увидеть процессы, происходящие в антеннах, которые в настоящей жизни человеческий глаз увидеть не может, что позволяет улучшить учебное восприятие у студентов, которые изучают дисциплину «Поля и волны». В основе программного решения задач электродинамического моделирования лежит метод моментов [6], который используется для расчета токов в диэлектрических и металлических структурах при излучении в свободном пространстве. Суть метода моментов - это решение уравнений Максвелла в интегральной форме в частотной области. Достоинство метода моментов заключается в том, что он является «методом источника», то есть дискретизируется только интересующая структура, а не свободное пространство, как при решении уравнений для нахождения поля в объеме. При этом граничные условия не требуются, а используемая память пропорциональна геометрии задачи и частоте. Для электродинамического моделирования

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС ДНР

используются различные компьютерные программы, обзор которых предоставлен в данной статье.

Нами исследовались следующие программные продукты - MMANA, HFSS, FEKO. Одна из первых программ электродинамического моделирования - MMANA (Macato Mori Antenna Analyzer), в основе которой состоит метод моментов. С помощью MMANA возможен расчет и анализ антенн, реализуемых как произвольный набор тонких проводов заданного диаметра. В основе данной программы заложены решения уравнения Максвелла. Для создания модели антенны и получения результатов можно использовать как текстовый, так и графический режим. Возможности программы MMANA можно увидеть на рисунке 1, на котором изображена диаграмма направленности активного вибратора, работающего на частоте 30 МГц и имеющего длину плеча один метр.

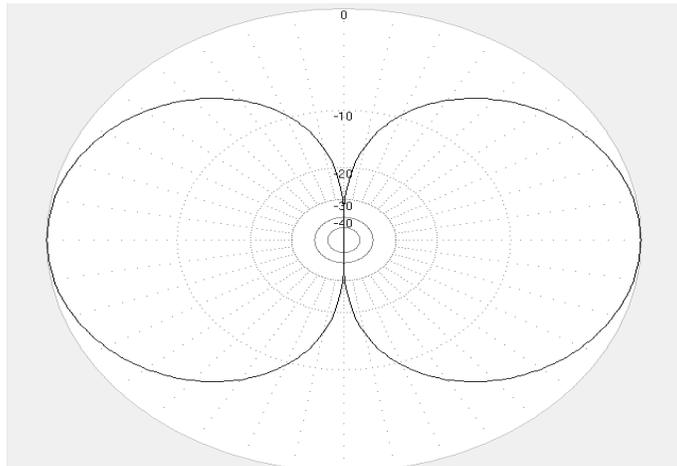


Рисунок 1. Диаграмма направленности короткого вибратора

MMANA позволяет получить линейные графические зависимости, но получение трехмерных моделей невозможно (за исключением пакета MMANA GALA), что делает ее полезной на начальном этапе обучения. Максимальной универсальностью с точки зрения решения трехмерных задач электродинамического моделирования обладают такие системы как FEKO и HFSS (High Frequency System Simulator).

В данных программах помимо метода моментов используются и другие эффективные методы, такие как метод конечных элементов, метод физической оптики и теория однородной дифракции. Метод конечных элементов [7] - это численная процедура решения задач, сформулированных в виде дифференциального уравнения или

вариационного принципа. В этом методе весь объем разбивается на тетраэдры, внутри которых поле представляется в виде объемных базисных функций с неизвестными коэффициентами, которые находятся из решения системы линейных уравнений. Метод физической оптики (МФО) [1] - это классический метод приближенного решения электродинамических задач, который также называется методом Кирхгофа. В рамках этого метода задача поиска токов на металлических поверхностях исключается, а ток приближенно вычисляется через магнитное поле падающей на объект волны. Данный метод хорошо работает при решении задач рассеяния плоских волн на объектах больших размеров. На ряду с МФО применяет однородную теорию дифракции [1], которая является более современным методом приближенного решения задач рассеяния волн на больших объектах. В рамках этого метода поверхность объекта представляется набором плоских многоугольников, имеющих общие ребра. Поле, рассеянное каждым многоугольником, разделяется на две составляющие: геометрико-оптическая часть, порожденная плоской поверхностью, и поле, порожденное ребрами. В данных программах можно реализовывать более сложные электродинамические задачи, такие как рассеивание радиоволн на поверхностях самолета или корабля и распространение радиоволн в городских условиях. Также появляются новые возможности визуализации результатов анализа, такие как анимации картин поля, построение трехмерных диаграмм направленности.

На рисунке 2 показана трехмерная диаграмма направленности рупорной антенны, реализованной в программе FEKO.

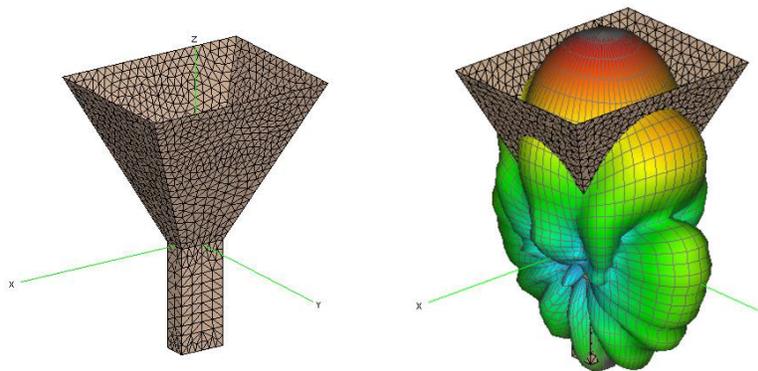


Рисунок 2. Трехмерная диаграмма направленности рупорной антенны

Выводы

После проведенного исследования можно сделать вывод, что программный продукт MMANA позволяет решать несложные электродинамические задачи. Она проста в освоении даже для неподготовленного пользователя и ее изучение может занять несколько часов. Данная программа позволяет получить двухмерную диаграмму направленности, рассчитать основные характеристики антенны или антенной системы. Время решения поставленной задачи зависит от сложности антенной системы и возрастает с увеличением рабочей частоты антенны. Программа MANA GALA частично решает эти проблемы и позволяет получить трехмерную диаграмму направленности. Программные системы FEKO и HFSS позволяют решать более сложные задачи, чем MMANA, но работа в данных продуктах требует специальных знаний и навыков. Время освоения программы занимает от нескольких дней до месяца в зависимости от сложности решаемой задачи. Мы благодарны Курушину Александру Александровичу за помощь в освоении программных продуктом FEKO и HFSS.

Список литературы

1. Банков С.Е., Грибанов А.Н., Курушин А.А. Электродинамическое моделирование антенных и СВЧ структур и использованием FEKO.-М.,Onebook, 2013, 423 с.
2. Банков С.Е., Курушин А.А. Практикум проектирования СВЧ структур с помощью FEKO-М., ЗАО «Родник», 2009, 200 с.
3. Банков С.Е., Курушин А.А. Расчет излучаемых структур с помощью FEKO.-М.,ЗАО «Родник», 2008, 242 с
4. Банков С.Е., Курушин А.А. Расчет антенн и СВЧ структур с помощью HFSS Ansoft.-М.,ЗАО «Родник», 2009, 256 с
5. Банков С.Е., Курушин А.А. Электродинамическое моделирование сложных СВЧ структур.-М., Солон-Пресс, 2006, 708 с
6. Сувак В.А., Токмакова О.А., Громов В.А., науч. рук. ассистент каф. РТС.- Сравнительный анализ методов электромагнитного моделирования- метод моментов и метод конечных элементов.
7. Сагдеева Ю.А., Копысов С.П., Новиков А.К. Введение в метод конечных элементов.