

**ЕРЕМЕЕВ С.Ю., ЛЕОНОВ С.Ю.**, канд. техн. наук

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭМС ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА**

Моделирование как процесс углубления познания – одно из средств отображения явлений и процессов реального мира, полнее раскрывающий их сущность, базируется как на строгих научных теориях, принципах и методах, так и на интуиции и эвристиках – алгоритмах творчества. Анализ методов и средств моделирования сложных объектов приводит к выводу, что с расширением возможностей реализации моделей существенно расширяется и спектр задач, решаемых методами моделирования, которым присуща проблема принятия решений. Методы моделирования широко применяются при решении различных технических задач, актуальной из которых является обеспечение электромагнитной совместимости радиосистем. В настоящее время плотность различных электромагнитных излучений практически во всех используемых диапазонах частот настолько увеличилась, что, несмотря на все попытки регламентации радио-служб, проводимые международными и национальными организациями, уровень помех во многих случаях оказывается настолько интенсивным, что заметно ухудшает качественные показатели радиосистем.

Требования к электромагнитной совместимости в последнее время значительно возросли в связи с широким использованием в воздушном транспорте достижений научно-технического прогресса. Применение схем управления, устройств регулирования, построенных на микропроцессорной базе, а также информационных шин, охватывающих все системы транспорта, ставит особо высокие требования к устойчивости этих компонентов по отношению к посторонним электромагнитным полям. Следует отметить, что мешающий потенциал вспомогательных устройств значительно возрос в связи с использованием современной преобразовательной техники, характеризующейся высокими напряжениями и коммутацией значительных мощностей с высокой тактовой частотой и токовыми импульсами большой крутизны. Дополнительные сложности вызваны высокой плотностью компоновки оборудования.

Для более детального анализа данной проблемы была разработана модель распространения электромагнитного поля в пространстве и его

влияние на объект, который представлен в виде геометрической фигуры - цилиндра.

Моделирование выполнялось в пакете COMSOL Multiphysics - комплект моделирования любых физических процессов, которые описываются частными дифференциальными уравнениями (УРЧП), и решаются впоследствии методом конечных элементов (МКЭ). COMSOL Multiphysics содержит библиотеку УРЧП и различные средства для моделирования и симуляции, а также средства для геометрических построений, генераторы сетки, различные решения, которые помогут быстро справиться даже с самыми сложными задачами линейных и нелинейных задач и инструменты постобработки.

Техническое задание для моделирования было поставлено в виде: геометрические размеры цилиндрического объекта (высота  $H=30\text{м}$ , диаметр  $R=3\text{м}$ , толщина стенки  $0.03\text{м}$ ), излучатель в виде куба с ребром  $1\text{м}$ , расстояние до объекта  $\sim 1000\text{м}$ , мощность излучения  $V=30\text{кВ}$ . Проект выполнен в пространстве размерами  $250 \times 250 \times 1150\text{м}$ .

Моделирование задачи выполнили при помощи модуля AC/DC, который использует физические теории электромагнитных взаимодействий при определении характеристик. В результате получили график распределения магнитного потенциала по поверхности объекта.

Рамки моделирования значительно расширяются с программой COMSOL Script, которая интегрируется с COMSOL Multiphysics, однако может работать и как самостоятельный пакет. Этот язык - интерпретатор включает более 600 команд для численных расчетов и визуализации в режиме командной строки, а также позволяет создавать скрипты (процедуры, записанные в текстовом формате).

Сохранить шаблон, выполненный в COMSOL Script можно в специальном файле модели (M-file), запускаемом из интерфейса COMSOL Script. С помощью скриптов пользователи могут выполнять интерактивные параметрические исследования и оптимизации, а также моделировать.

**Список литературы:** 1. Крухмалев В. В., Гордиенко В. Н., Моченов А. Д. Цифровые системы передачи. Учебное пособие для вузов.- Радио и связь, Горячая линия - Телеком, 2007. - 352 с. 5. Патент США № 6.044.421 2. А.В. Палагин, В.Н. Опанасенко, В.Г. Сахарин Системы верификации на основе реконфигурируемых устройств // Научно-технический журнал "Математические машины и системы". – 2004.- №2 3. IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment. IEEE Std 1100-1999