

Р.Р. Хажибеков, С.П. Куксенко

ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ МОДЕЛИРОВАНИЮ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

Описаны особенности обучения студентов направлений «ЭМС радиоэлектронной аппаратуры», «ЭМС в топливно-энергетическом комплексе» и «Защита от электромагнитного терроризма» основам моделирования задач электромагнитной совместимости. Представлены рекомендации по выбору подхода моделирования.

Ключевые слова: электродинамическое моделирование, квазистатическое моделирование, СЛАУ, проводник.

В настоящее время проектирование радиоэлектронной аппаратуры невозможно без учета электромагнитной совместимости (ЭМС). Поэтому на кафедре телевидения и управления ТУСУРа активно осуществляется подготовка магистров в области ЭМС. Так, в 2016 г. к ранее открытому направлению «ЭМС радиоэлектронной аппаратуры» добавились два новых: «ЭМС в топливно-энергетическом комплексе» и «Защита от электромагнитного терроризма». Одним из основных аспектов подготовки магистров данных направлений является широкое использование математического моделирования.

Цель работы – освещение особенностей обучения магистрантов основам математического моделирования задач ЭМС.

При математическом моделировании исследуемый объект заменяется моделью, дающей при ее исследовании, информацию о нем самом. В связи со спецификой ЭМС использование математического моделирования наиболее рентабельно по сравнению с физическим моделированием. В общем виде математическое моделирование составляют следующие этапы: постановка задачи, аналитическая обработка, дискретизация модели, решение полученной системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с заданной точностью, обработка результатов.

При решении задач ЭМС чаще всего применяются два подхода: электродинамический и квазистатический. В общем случае при использовании первого подхода требуется решение уравнений Максвелла. При этом учитываются все типы волн, а вычислительные затраты оказываются крайне высокими даже при анализе простых конфигураций. Поэтому данный подход, как правило, применяется только на высоких частотах. При использовании второго подхода делается упрощающее предположение, что в структуре распространяется только поперечная электромагнитная волна и отсутствуют потери, дисперсия, высшие типы волн. В этом случае уравнения Максвелла сводятся к теле-

графным уравнениям, решение которых менее затратно и дает хорошую точность в практических задачах.

Таким образом, при подготовке специалистов в области ЭМС требуется освещение вопросов, связанных с правильным выбором подхода (с точки зрения вычислительных затрат и точности моделирования), оптимальной сегментации и метода решения СЛАУ. Для лучшего освоения материала в упомянутых направлениях обучения предусмотрены дисциплины «Вычислительная линейная алгебра», освещающая особенности методов решения СЛАУ (прямых и итерационных), и «Вычислительная ЭМС», посвященная углубленному изучению численных методов (методы моментов, конечных элементов, конечных разностей и пр.), способов сегментации моделируемой структуры, а также описанных выше подходов к моделированию.

В качестве систем для электродинамического моделирования используются студенческие версии CST MWS и Altair FEKO. В них реализовано несколько методов расчета, поэтому они могут использоваться в различных дисциплинах, связанных с моделированием задач ЭМС. Для квазистатического моделирования используется система TALGAT.

При оценке эффективности способов преподавания дисциплин широко применяются различные полосковые структуры, повсеместно используемые в радиоэлектронной аппаратуре. Стоит отметить, что расчет временных характеристик многопроводных линий передачи важен для анализа перекрестных помех и целостности сигналов.

Моделирование в системе TALGAT подразумевает построение поперечного сечения линии, вычисление матриц электростатической и электромагнитной индукций, разработку принципиальной схемы и вычисление отклика. В CST MWS моделирование начинается с построения трехмерной структуры посредством геометрических фигур и булевых операций. Далее требуется задание граничных условий.

Ограничение в 30000 ячеек сегментации вполне достаточно для моделирования.

Для примера, хорошо согласуются результаты моделирования связанных линий передачи в TALGAT и CST MWS. В CST MWS наблюдаются искажения сигнала, которые можно объяснить учетом потерь в проводниках и диэлектриках. При этом время симуляции в CST MWS составляет несколько минут, в TALGAT – 1–2 секунды.

Таким образом, при обучении рекомендуется проводить предварительный анализ по выбору наиболее подходящего способа с целью уменьшения вычислительных затрат. Стоит отметить, что для решения сложных задач квазистатический подход практически неприменим, например при вычислении эффективности экранирования, поэтому для решения таких задач следует использовать электродинамический подход.

Хажибеков Роман Русланович, инженер НИЛ «БЭМС РЭС», т.: 8(3822) 413439, e-mail: r300994@mail.ru

Куксенко Сергей Петрович, канд. техн. наук, доцент каф. ТУ, ст. науч. сотрудник НИЛ «БЭМС РЭС», т.: 8(3822) 413439, e-mail: ksergp@mail.ru

R.R. Khazhibekov, S.P. Kuksenko

FEATURES OF TRAINING STUDENTS TO MODELING OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY TASKS

The features of teaching students of «EMC Radio Electronic Equipment», «EMC in Energy» and «Protection from Electromagnetic Terrorism» educational programs to simulate the tasks of electromagnetic compatibility are presented. The recommendations for choosing a suitable modeling approach are given.

Keywords: electromagnetic simulation, quasi-static simulation, SLAE, conductor.

К.В. Шипунова, М.И. Курячий

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ» ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Разработано учебно-методическое пособие, состоящее из подробных решений задач по дисциплине «Цифровая обработка изображений». Данное пособие подходит для самостоятельной работы студентов и дистанционного обучения.

Ключевые слова: учебно-методическое пособие, цифровая обработка изображений, самостоятельная работа студентов.

Учебно-методическое пособие состоит из подробных решений задач из книги «Цифровая обработка изображений» [1, 2]. Пособие предназначено для самостоятельной работы студентов, а также может использоваться для дистанционного образования или онлайн-курсов.

Пособие включает решение задач из таких глав, как «Основы цифрового представления изображений», «Пространственные методы улучшения изображений» и других. Данные задачи с подробным решением помогут закрепить теоретический материал на практике, а также будут служить справочником для решения подобных задач.

В ходе решения задач студент освоит и научится:

1) цифровому представлению изображений, а именно считыванию и регистрации, дискретизации и квантованию изображений;

2) основным градационным преобразованиям изображений, видоизменению гистограммы, улучшению изображений на основе арифметико-логических операций и с помощью пространственных фильтров;

3) частотным методам улучшения изображений, преобразованию Фурье, фильтрации в частотной области с фильтрами низких и высоких частот, гомоморфной фильтрации;

4) восстановлению и процессу искажений изображений, подавлению шумов пространственными и частотными фильтрами, инверсной фильтрации;

5) обработке цветных изображений, цветовым моделям изображений, цветовой сегментации;

6) вейвлетам и кратномасштабной обработке;