

7. Емцев, Б.Т. Техническая гидромеханика: учебник для студентов вузов, обучающихся по спец. «Гидравлические машины и средства автоматизации» / Б.Т. Емцев. – Москва: Машиностроение, 1978. – 463 с.
8. Голоскоков, Д.П. Уравнения математической физики. Решение задач в системе Maple: учебник для вузов / Д.П. Голоскоков. – Санкт-Петербург: Питер, 2004. – 539 с.
9. Бабаков, И.М. Теория колебаний: учебное пособие для студентов ВТУЗов / И.М. Бабаков. – изд. 3-е, стер. – Москва: Наука, 1968. – 559 с.
10. Сагомоян, А.Я. Пространственные задачи неустановившегося движения сжимаемой жидкости / А.Я. Сагомоян, В. Б. Поручиков. – Москва: Издательство Московского университета, 1970. – 120 с.
11. Тимошенко, С.П. Пластинки и оболочки = Theory of plates and shells / С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер; пер. с англ. В.И. Контовта; под ред. Г.С. Шапиро. – Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. – 636 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КЕРАМИЧЕСКОГО МНОГОСЛОЙНОГО ЭЛЕМЕНТА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ «ФЕРРИТ-СЕГНЕТОЭЛЕКТРИК» В HFSS

*С.М. Станкевич, Н.М. Чирвоный
Витебск, ВГУ имени П.М. Машиерова*

Пакет приложений HFSS является отраслевым стандартом программного обеспечения для моделирования и анализа СВЧ-структур. Выполнение расчетов полностью автоматизировано, пользователю необходимо всего лишь определить геометрические параметры исследуемой структуры и задать свойства материалов.

Основу решения трехмерных и двумерных задач электродинамики в пакете приложений HFSS составляет метод конечных элементов (МКЭ). Пространство, в котором распространяются электромагнитные волны, разбивается на простейшие объемные элементы, имеющие форму тетраэдров. Разбиение осуществляется специальной программой, входящей в состав пакета HFSS.

Материал и методы. Поле в пределах элементарного тетраэдра описывается простой функцией или набором функций с неизвестными коэффициентами. Эти коэффициенты ищутся из уравнений Максвелла и граничных условий. В результате электродинамическая задача сводится к системе линейных алгебраических уравнений относительно этих коэффициентов. Решение такой системы легко определяется с помощью ЭВМ [1].

Результаты и их обсуждение. В данной работе было проведено моделирование керамического многослойного элемента из композиционных материалов системы «феррит-сегнетоэлектрик» (рис. 1). Внутренняя структура такого элемента представлена на рис. 2. Цифрами обозначены:

- 1) пьезокерамический слой из восьми пленок материала АС900;
- 2) пьезокерамический слой из материала АС900 с внутренним электродом (топология «конденсатор»);
- 3) пьезокерамический слой из материала АС900 с внутренним электродом (топология «индуктивность–конденсатор–индуктивность»);
- 4) ферритовый слой из материала (Fe–Ni–Zn) с внутренним электродом (топология «индуктивность–конденсатор–индуктивность»);
- 5) ферритовый слой из пяти пленок материала (Fe–Ni–Zn);
- 6) пьезокерамический слой из четырех пленок материала АС900;
- 7) пьезокерамический слой из девяти пленок материала АС900.

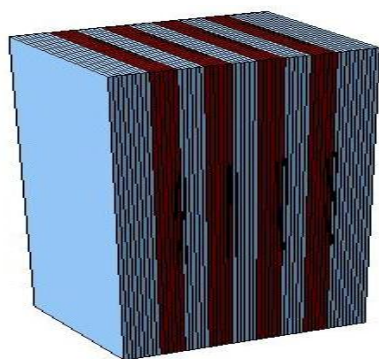


Рисунок 1 – Общий вид керамического многослойного элемента из композиционных материалов системы «феррит-сегнетоэлектрик»

В пьезоматериал AC900 было добавлено 9% материала Fe-Ni-Zn для согласования усадок.

Процесс моделирования с помощью HFSS включает в себя ряд характерных этапов.

Этап 1 – создание модели анализируемой структуры. Для черчения модели в HFSS выполнялась следующая последовательность шагов: 1) вычерчивание боксов пьезокерамических и ферритовых слоев; 2) вычерчивание двумерных микрополосковых линий. Результат (модель в HFSS) представлен на рис 3. Чертеж микрополосковых линий показан на рис. 4.

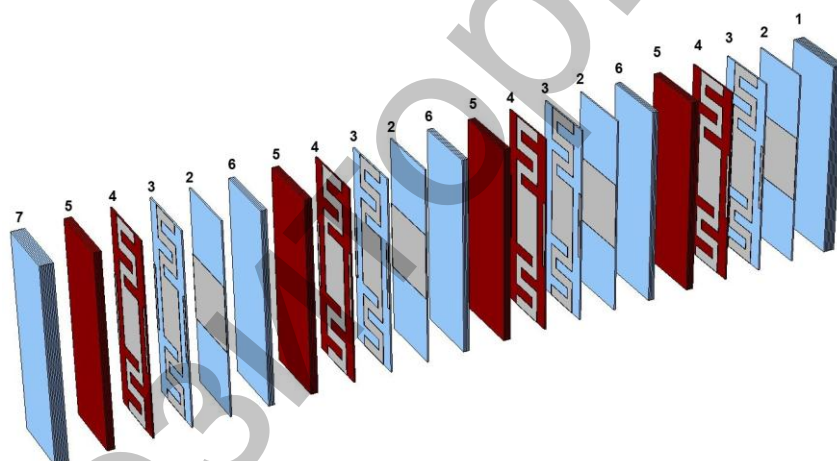


Рисунок 2 – Структура керамического многослойного элемента из композиционных материалов системы «феррит-сегнетоэлектрик»

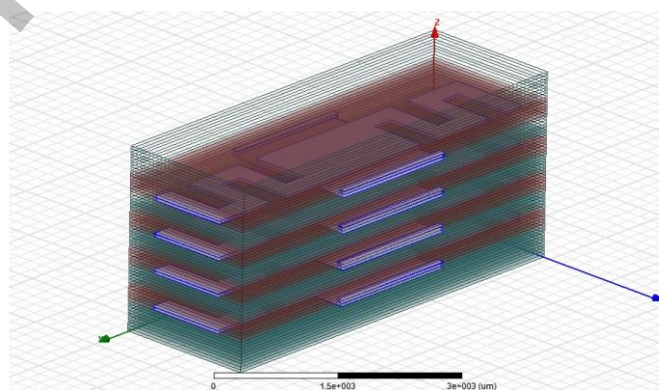


Рисунок 3 – Модель керамического многослойного элемента из композиционных материалов системы «феррит-сегнетоэлектрик» в HFSS

Этап 2 – определение электродинамических параметров структуры. В процессе вычерчивания модели керамического элемента для каждого слоя указываются электродинамические характеристики (диэлектрическая проницаемость ϵ , тангенс угла магнитных потерь $\text{tg } \delta$ и др.) материала, из которого изготовлен слой. На входе и выходе фильтра устанавливаются порты. В качестве портов принимаются части пространства, в котором распространяются электромагнитные волны.

Этап 3 – электродинамический анализ исследуемого объекта. Проводится в автоматическом режиме после подачи соответствующей команды.

Этап 4 – визуализация результатов электродинамического анализа. Заключение. Результаты моделирования многослойного керамического элемента (рисунок 4) достаточно хорошо согласуются с экспериментальными данными.

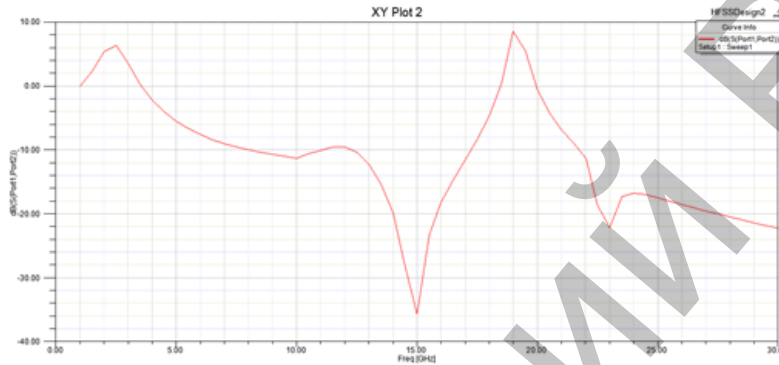


Рисунок 4 – Результаты моделирования АЧХ керамического многослойного элемента из композиционных материалов системы «феррит-сегнетоэлектрик»

Список литературы

1. Банков С. Е., Курушин А. А., Разевиг В. Д. Анализ и оптимизация трехмерных СВЧ структур с помощью HFSS / Под редакцией д.т.н., проф. Банкова С.Е. — М.: СОЛОН-Пресс, 2004.

КВАДРАТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ НА БАЗЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПОЛИНОМОВ В ПРОСТРАНСТВЕ L_1 .

*Ю.В. Трубников, И.А. Орехова
Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова*

Одна из основных идей большинства методов численного интегрирования состоит в замене подынтегральной функции каким-либо интерполяционным многочленом. Авторами данной статьи построен класс квадратурных формул, основанный на построении полинома наилучшего приближения в пространстве L_1 . Полином наилучшего приближения в пространстве L_1 является интерполяционным, а узлами интерполяции являются корни полиномов Чебышева второго рода.

Целью настоящей работы является нахождение экстремальных полиномов $P_n(x)$ для значений $n=2,3,\dots,7$ и построение класса квадратурных формул

$$\int_{-1}^1 f(x) dx \approx \int_{-1}^1 P_n(x) dx.$$

Рассмотрим пространство $L_1=L_1[a,b]$ суммируемых на промежутке $[a,b]$ функций с нормой

$$\|f\| = \int_a^b |f(x)| dx.$$

Основные результаты работы отражены в следующих двух теоремах.