

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ СВЧ ФИЛЬТРОВ

НАЗНАЧЕНИЕ, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Методика проектирования предназначена для оперативного проектирования и создания монолитных керамических фильтров в системах связи, работающих в области частот 450 - 2500 МГц. Как правило, такие фильтры применяются в коммерческих системах, где выдвигаются не очень высокие требования к электрическим параметрам в сочетании с жесткими требованиями по массе, габаритам и стоимости.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Современный рынок радиоэлектронных компонентов (особенно коммерческого применения) предъявляет все более жесткие требования по оперативности и себестоимости проектирования СВЧ устройств. Снизить временные и финансовые затраты при разработке монолитных СВЧ фильтров на основе материалов с высокой (более 40) относительной диэлектрической проницаемостью можно за счет применения численных методов расчета электромагнитных полей, опираясь на возросшие возможности вычислительной техники. Однако переход к численному проектированию связан и с некоторыми трудностями: необходимо обеспечить достоверность расчетов при приемлемых вычислительных затратах и упростить создание расчетной модели инженером-разработчиком, не предъявляя высоких требований к опыту работы со специальными программными средствами и вычислительными методами. Разработана методика проектирования, решающая поставленные задачи.

Процесс проектирования монолитного СВЧ фильтра (внешний вид одной из рассматриваемых конструкций представлен на рис. 1) включает в себя следующие этапы:

1. Расчет фильтра-прототипа;
2. Синтез базовой конструкции фильтра;
3. Оптимизация конструкции фильтра с целью достижения требуемых электрических параметров на основе численных расчетов:
 - а) создание расчетной модели;
 - б) расчет;
 - в) анализ результатов расчета, коррекция топологии фильтра;
4. Изготовление образцов фильтра и измерение их характеристик (первая итерация);
5. Анализ полученных результатов, а в случае необходимости – коррекция конструкции фильтра и выполнение второй итерации по изготовлению образцов фильтра.

Алгоритм заключается в синтезе и оптимизации конструкции (геометрических размеров и топологии проводников, формирующих резонансные звенья) фильтра с целью достижения требуемых электрических параметров.

Разработанная методика проектирования основана на численном решении электродинамической задачи. Применение численных электродинамических расчетов позволяет сократить экспериментальную отработку фильтров до двух итераций. На основе анализа возможностей коммерческих программных продуктов, реализующих различные численные методы, выбран программный комплекс ANSYS, реализующий метод конечных элементов.

Диэлектрический блок, со сплошной металлизацией пяти граней и тремя сквозными металлизированными отверстиями

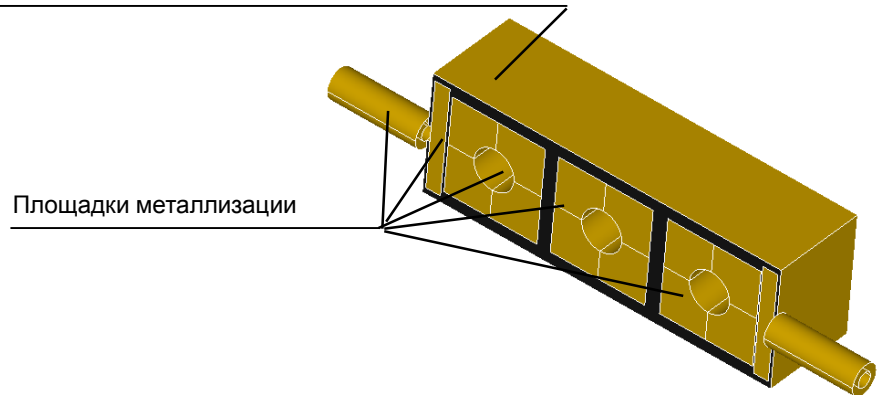


Рис. 1. Внешний вид расчетной модели трехзвенного коаксиального монолитного фильтра

Ключевым моментом численного проектирования является создание расчетной модели монолитного СВЧ фильтра. Модель должна включать в себя топологию фильтра и конечно-элементное разбиение, причем именно построение разбиения представляет особую сложность, поскольку необходимо обеспечить, с одной стороны, хорошую аппроксимацию поля, с другой стороны – приемлемую трудоемкость решения.

Разработан метод создания адаптивного конечно-элементного разбиения с помощью аппарата теории цифровой обработки многомерных сигналов. Метод состоит в равномерной дискретизации модели, многомерной низкочастотной фильтрации дискретной модели и создании узлов и конечных элементов разбиения на основе анализа результатов фильтрации. Достоинства метода: простота реализации, хорошее качество получаемого разбиения (густота сетки плавно меняется от большой вблизи элементов конструкции к малой в свободном пространстве), простота настройки.

Реализован интерфейс между разработанным программным обеспечением, реализующим данный метод и программным комплексом ANSYS, что позволило создать простое в использовании и эффективное программное решение (*защищено Свидетельствами РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ*), автоматизирующее процесс синтеза фильтра.

Пример процесса синтеза монолитного фильтра

Процесс синтеза монолитного фильтра представлен на примере синтеза фильтра с центральной частотой 1750 МГц, шириной полосы 100 МГц и крутизной скатов 0,2 дБ/МГц .

Конечно-элементное разбиение модели фильтра (с учетом симметрии) приведено на рис. 2, а. На рис. 2, б представлена расчетная характеристика фильтра. В результате первой итерации экспериментальной отработки фильтра получена характеристика, представленная на рис. 2, б. С применением численного моделирования установлено, что отличия от расчетной характеристики вызваны как погрешностью изготовления образцов фильтра, так и несовершенством расчетной модели. В результате коррекции модели (введен учет конечной толщины металлизации) и учета технологического разброса размеров элементов конструкции и топологии экспериментальных образцов получена расчетная характеристика, показанная на рис. 2, б.

По результатам первой итерации была скорректирована топология фильтра, что позволило на второй итерации экспериментальной отработки получить характеристику, представленную на рис.2, в. Полученный фильтр удовлетворяет требованиям технического задания.

Полная длительность процесса проектирования полосно-пропускающего фильтра с указанными параметрами составила примерно 1 месяц.

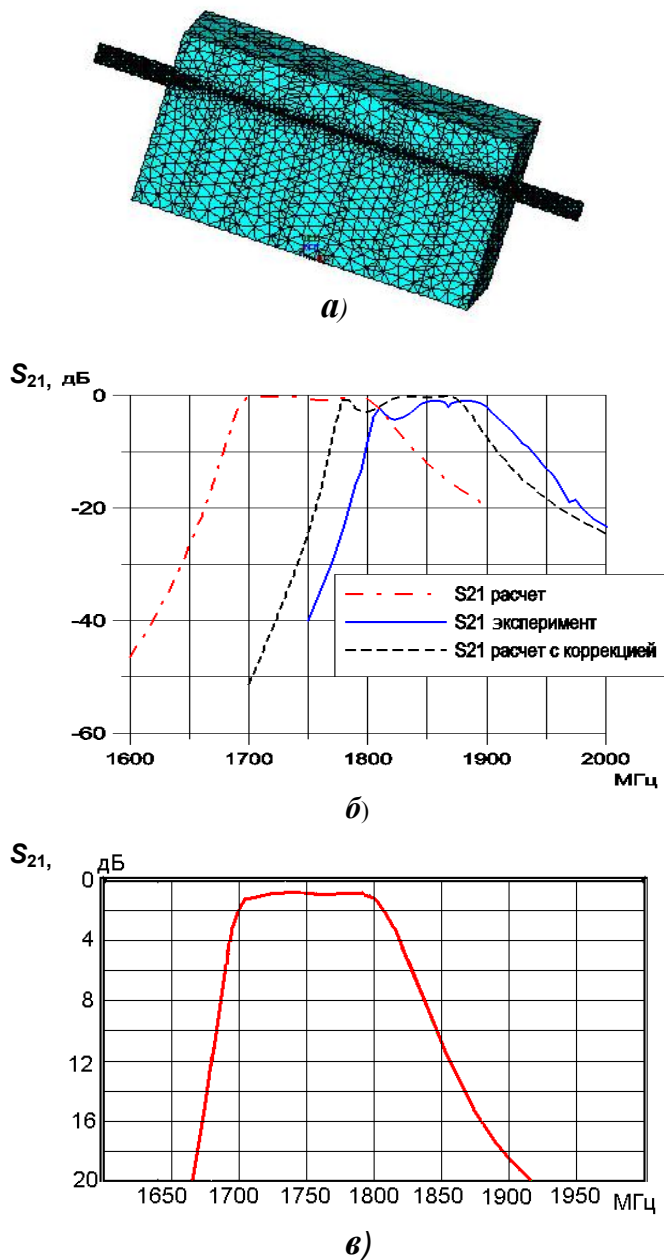


Рис. 2. Проектирование фильтра:

а - расчетная модель);

б - расчетная характеристика, характеристика экспериментального образца и скорректированная расчетная характеристика;

в) - экспериментальная характеристика окончательного варианта фильтра (вторая итерация)

Достоинства алгоритма

Приведенный пример демонстрирует достоинства алгоритма, использующего комбинацию оригинального метода создания конечно-элементного разбиения и коммерческое программное обеспечение:

- 1) оперативность и достоверность проектирования монолитных СВЧ фильтров;
- 2) отсутствие специальных требований к разработчику, связанных с освоением численного метода и коммерческих программных продуктов.

ПРАВОВАЯ ЗАЩИТА

Авторские права на метод создания адаптивного конечно-элементного разбиения с помощью аппарата теории цифровой обработки многомерных сигналов защищены Свидетельствами РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ.

ФОРМЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

- Разработка фильтров с требуемыми характеристиками.
- Продажа лицензии на применение метода.

КОНТАКТЫ

Геворкян Владимир Мушегович, кафедра электрофизики МЭИ(ТУ),
Тел. /факс 362-12-22, E-mail gvm@emc.mpei.ac.ru