

выполненного на подложке толщиной 1 мм с диэлектрической проницаемостью равной 10. МЭ резонатор выполнен в виде диска диаметром 1 мм и толщиной 0,11 мм. Величина управляющего электрического поля изменяется от 0 до 3 кВ/см

Электрическое управление параметрами аттенуаторов открывает новые возможности для разработки на их основе устройств с высоким быстродействием, малыми габаритами и использованием современных технологий.

## **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПАССИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ РЭС**

Ю.Н.Демаков

Ижевский государственный технический университет, г.Ижевск

Вопросы разработки и применения пассивных радиоэлектронных компонентов (РК) в схемах и конструкциях радиоэлектронных средств (РЭС) входят в учебные планы подготовки будущих радиоинженеров. Соответствующие дисциплины изучаются студентами, как правило, в 4 -5 семестрах обучения.

Тематика курсовых проектов определяется разделами изучаемой дисциплины (в данном случае – "Радиокомпоненты и узлы РЭС", 6 семестр) и актуальностью избранного объекта проектирования. С учетом профессиональной направленности подготовки студентов в качестве типовых рекомендуются следующие темы курсовых проектов:

1. Расчет и конструирование элементов перестраиваемых LC-контуров и фильтров усилителей промежуточной частоты (катушки индуктивности, феррорезонансы, конденсаторы переменной емкости и др.);
2. Расчет и конструирование сетевых, согласующих и импульсных трансформаторов;
3. Расчет и конструирование герконовых реле;
4. Расчет и конструирование электромагнитных линий задержки;
5. Исследовательские проекты, в том числе анализ применения радиокомпонентов в схеме конкретного радиотехнического устройства, расчет и конструирование электрических датчиков, применяемых в устройствах автоматики, обзоры по достижениям в области радиокомпонентов.

При разработке технического задания (ТЗ) на курсовое проектирование учитывается уровень предыдущей подготовки студентов. После изучения дисциплин "Инженерная и компьютерная графика", "Материаловедение и материалы электронных средств", "Общая электротехника и электроника", "Схемотехника электронных средств" студенты готовы к проведению

анализа работы простых частотно-избирательных цепей и усилительных устройств, входящих в их состав. Поэтому при проектировании РК, входящих в состав частотно-избирательных цепей – высокочастотных катушек индуктивности, конденсаторов переменной емкости (КПЕ), – естественно включать в ТЗ также и требования к электрической схеме данной цепи. Обучаемый выполняет расчет схемы, обосновывает выбор стандартных элементов электрической схемы устройства и самостоятельно разрабатывает частное ТЗ на проектирование конструкции катушки индуктивности или КПЕ.

В ТЗ на разработку более трудоемких в конструкторской проработке устройств, таких как трансформаторы и герконовые реле, желательно приводить все исходные данные для разработки конструкции этих РК.

В числе других исходных данных к проекту в ТЗ формулируются требования к исполнению радиокомпонентов в части воздействия климатических факторов внешней среды – температуры, влажности и давления воздуха, солнечного излучения, дождя, ветра, пыли и др. Эти требования изложены в ГОСТ 15150-69 и раскрываются при анализе ТЗ в части температурного диапазона работы устройства и степени жесткости повышенной влажности.

Опыт показывает, что при выполнении графической части проекта студенты затрудняются в выборе компоновки конструкции изделия, разбиении конструкции на составные части – сборочные единицы и детали, имеют слабое представление о назначении предельных отклонений формы и расположения поверхностей, шероховатости поверхностей. При выполнении пояснительной записки к проекту возникают проблемы с оформлением содержания, подрисовочных надписей, составлении списка использованной литературы.

Работа над курсовым проектом состоит из ряда этапов, выполняемых в любой конструкторской разработке. Основными этапами выполнения проекта являются следующие: анализ ТЗ; расчет электрической схемы устройства (если это следует из ТЗ), в которое входит разрабатываемый радиокомпонент; разработка частного технического задания (ЧТЗ) на разрабатываемый радиокомпонент; конструкторский расчет радиокомпонента (катушки индуктивности, трансформатора, контактного устройства и др.); расчет и назначение конструкторских допусков на электрические параметры изделия, геометрические размеры деталей и сборочных единиц; подготовка графической документации.

Таким образом, курсовой проект по проектированию пассивных радиокомпонентов является комплексным проектом, требующим знаний основ проектирования, конструирования и технологии радиоэлектронных средств.

С этой целью было подготовлено и издано учебное пособие [1]. В пособии даны рекомендации по разработке заданий и организации курсового проектирования, изложена методика расчета высокочастотных катушек индуктивности, конденсаторов переменной емкости, трансформаторов и герконовых реле, а также устройств на основе

пассивных радиокомпонентов – частотно-избирательных цепей радиоприемных устройств, электромагнитных (искусственных) линий задержки. В приложениях представлены в достаточно полном объеме справочные материалы, необходимые при выполнении расчетов.

Издание оказалось полезным студентам и преподавателям радиотехнических и приборостроительных специальностей. В частности, сформированы единые требования к методам расчета электрических цепей и радиокомпонентов в рамках решения задачи, поставленной в ТЗ, снизилась нагрузка на студентов при поиске специальной литературы. В результате отмечены повышение уровня выполняемых проектов и некоторый рост успеваемости по изучаемой дисциплине.

#### Литература:

1. Демаков Ю.П. Курсовое проектирование компонентов радиоэлектронных средств: Учеб. пособие для вузов по спец. «Проектирование и технология радиоэлектронных средств». – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2002. – 220 с.: ил.

### **ЧАСТОТНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В ОБЪЕМНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ФЕРРИТ-ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ**

В.М Петров, М.И. Билури, Д. Р. Бускунов, G. Srinivasan

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого,  
г. Великий Новгород

В композиционных феррит-пьезоэлектрических материалах наблюдается магнитоэлектрический (МЭ) эффект, обусловленный взаимодействием магнитной и электрической подсистем через упругие деформации [1]. Во внешнем магнитном поле магнитострикция магнитной фазы приводит к индуцированной поляризации благодаря пьезоэлектрическому эффекту в пьезоэлектрической фазе и наоборот, во внешнем электрическом поле появляется намагнитченность. Теоретическое моделирование МЭ эффекта в объемных феррит-пьезоэлектрических композитах. Однако, полученные расчетные соотношения для параметров материала не учитывают их частотную зависимость. В то же время в таких структурах возникает объемно-зарядная (миграционная) поляризация, обусловленная накоплением электрических зарядов на границах раздела компонент композита. Поэтому приведенные в указанной работе расчетные формулы справедливы в сравнительно высокочастотной области, когда миграционная поляризация не успевает устанавливаться. Нами проведен анализ максвелл-вагнеровской