

**Мительман Ю.Е., Сычугов С.Г., Шабунин С.Н.**  
**КРЕАТИВНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО**  
**ДИСЦИПЛИНЕ «УСТРОЙСТВА СВЧ И АНТЕННЫ»**

*shab313@ya.ru*

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина»  
г. Екатеринбург*

*Представлены лабораторные работы по высокочастотной схемотехнике «Проектирование полосно-пропускающего микрополоскового фильтра» и «Согласование нагрузки с линией питания» дисциплины «Устройства СВЧ и антенны» направления подготовки «Радиотехника». Методика выполнения работ предусматривает расчет, изготовление и измерение характеристик разработанных устройств.*

**Mitelman Yu.E., Sychugov S.G., Shabunin S.N.**  
**CREATIVE LABORATORY WORKS ON DISCIPLINE «MICROWAVES  
AND ANTENNAS»**

*Laboratory works on microwave design discipline "Microwaves and antennas" devoted to the analysis of microstrip filters and matching are presented. The technique of suggested works is based on microwave calculations, design and measurement of characteristics of developed devices.*

Сложность изучения дисциплин, связанных с теорией и техникой электромагнитного поля, обусловлена тем, что студенты часто не имеют возможности осознать особенности конструирования микроволновых устройств в ходе выполнения традиционных лабораторных практикумов. Измерительные устройства весьма специфичны. Методики расчета СВЧ устройств сложны. В большинстве случаев подобные работы выполняются виртуально на компьютере, например, при использовании таких известных сред, как Ansoft Designer или AWR Design Environment. Анализ зависимости параметров устройств, например, фильтров СВЧ от размеров элементов выполняется при наблюдении изменения характеристик устройств на экране компьютера. Другой способ проведения лабораторных работ основан на использовании уже готовых заранее изготовленных устройств. В соответствии с заданием студенты рассчитывают размеры элементов устройств и из имеющихся подбирают для измерений наиболее подходящий образец. При этом число вариантов достаточно ограничено. В большинстве случаев какая-либо подстройка характеристик устройств невозможна.

Идея выполнения предложенной лабораторной работы состоит в том, что студенты не только выполняют традиционные расчеты размеров элементов СВЧ фильтров и согласующих цепей, но и самостоятельно изготавливают эти

элементы. Применение металлизированной липкой ленты позволяет легко нанести вырезанные ножницами элементы на специально подготовленную диэлектрическую подложку. Подложка представляет собой двухслойную структуру – стеклотекстолит толщиной 1 мм, укрепленный на высоте 1 мм над проводящей металлической пластиной. Такая структура с воздушной прослойкой позволила увеличить электрические размеры элементов печатных фильтров и цепей согласования, сделав их более доступными для изготовления. Конструкция подложки показана на рис. 1.

В ходе выполнения первой лабораторной работы «Проектирование полотно-пропускающего микрополоскового фильтра» на основании теоретических знаний по заданным центральной частоте и полосе пропускания студенты рассчитывают размеры прямоугольных полосковых элементов, а также расстояние между ними. Во второй лабораторной работе «Согласование нагрузки с линией питания» задаются характеристики нагрузки на заданной частоте. Сама нагрузка представляет собой СВЧ разъем, внутри которого установлены сосредоточенные элементы. Ставится задача согласовать нагрузку методом одиночного шлейфа холостого хода, то есть нахождения его размеров и местоположения.

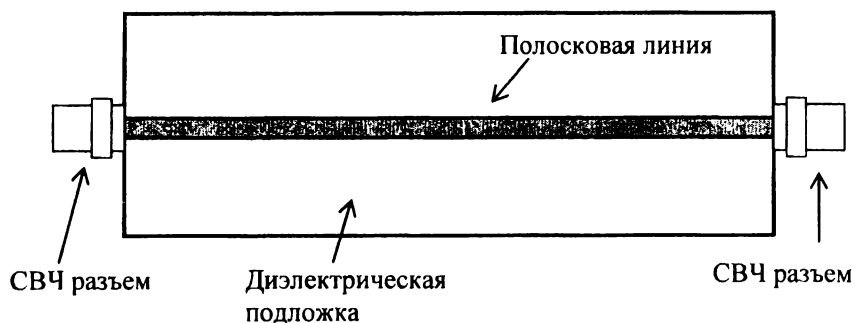
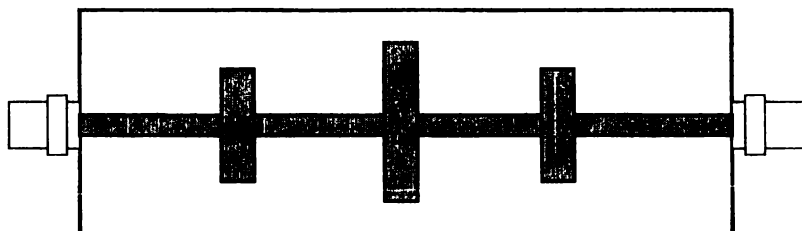


Рис. 1. Диэлектрическая подложка с микрополосковой линией

Расчет топологии фильтра или цепи согласования выполняется в современной профессиональной среде AWR Design Environment либо Ansoft Designer. Затем, вырезав эти элементы из металлизированной ленты и приклеив их на плату, студенты выполняют измерения полосы пропускания изготовленного фильтра (рис. 2). В качестве измерительного устройства используется векторный анализатор цепей P4-11, работающий в полосе частот от 1 до 1250 МГц. В качестве центральной частоты выбрана частота 900 МГц. При этом размеры элементов не превышают 10 см и хорошо вписываются в плату.

Из теоретических знаний студенты имеют представление о влиянии размеров и положения элементов на амплитудно-частотную характеристику

фильтра. В случае несовпадения рассчитанной и измеренной характеристики имеется возможность подстроить параметры фильтра. Приклеенные элементы можно достаточно легко отклеить и перенести на новое место. Таким образом, студенты наглядно на экране измерительного прибора видят влияние параметров топологии фильтра на его характеристики. Аналогичные действия можно выполнить при решении задачи согласования методом одиночного параллельного шлейфа холостого хода, выполненного на базе микрополосковых линий. Преимущество использования векторного анализатора цепей заключается в наглядности настройки, так как реактивная и активная составляющие входного сопротивления отмечаются соответствующими точками на номограмме Вольперта-Смита.



*Рис. 2. Полосовой фильтр СВЧ, выполненный по технологии микрополосковых линий*

Возможность не только моделировать характеристики фильтра в профессиональной среде AWR Design Environment либо Ansoft Designer, но и изготавливать конструкцию фильтра, а затем измерять его характеристики на современном оборудовании позволяет существенно повысить эффективность лабораторного практикума по дисциплине «Устройства СВЧ и антенны». Студенты имеют возможность познакомиться с технологией изготовления микроволновых устройств, с элементами конструкций на микрополосковых линиях. Существенно растет степень мотивирования достижения положительных результатов, так как они полностью зависят от знаний и навыков исполнителей.

Лабораторные работы «Проектирование полосно-пропускающего микрополоскового фильтра» и «Согласование линии передачи с нагрузкой» успешно выполняются студентами радиотехнического института-РТФ УрФУ, обучающимися по направлениям подготовки «Радиотехника» и «Телекоммуникации», в лаборатории кафедры Высокочастотных средств радиосвязи и телевидения уже в течение года. Разработано соответствующее методическое обеспечение.