

Федеральное агентство по образованию
САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

Кафедра радиофизики и
нелинейной динамики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **ТЕОРИЯ СВЧ-ЦЕПЕЙ**

для специальности 013800 - Радиофизика и электроника

реализуемой на физическом факультете

Саратов 2006 год

Рабочая программа составлена в соответствии
с Государственным стандартом
высшего профессионального образования
по специальности 013800 – РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА
(номер государственной регистрации 170 ен/сп от 17.03.2000 г.)

<p style="text-align: center;">ОДОБРЕНО:</p> <p>Председатель учебно-методической комиссии физического факультета, профессор _____ В.Л.Дербов _____ 2006 г.</p>	<p style="text-align: center;">УТВЕРЖДАЮ:</p> <p>Проректор по учебной работе, профессор _____ Е.М. Первушов _____ 2006 г.</p>
--	---

СОГЛАСОВАНО:

Декан физического факультета,
профессор _____

Д.А.Зимняков

Заведующий кафедрой радиофизики и
нелинейной динамики физического факультета,
профессор _____

В.С.Анищенко

Вид учебной работы	Бюджет времени по формам обучения, час				
	очная		очно- заочная	заочная	
	полная программа	ускорен- ные сроки		полная программа	ускоренные сроки
Аудиторные занятия, всего	51				
в том числе:					
- лекции	34				
- лабораторные (практические)	-				
- семинарские	17				
Самостоятельная работа студентов	24				
Зачеты, +/-	+				
Экзамены, +/-	-				
Контрольные работы, количество	1				
Курсовая работа, + /-	-				

Автор: профессор кафедры радиофизики и
нелинейной динамики, профессор, д.ф.-м.н.

А.П.Четвериков

Раздел 1. Организационно-методическое сопровождение

Курс «Теория СВЧ-цепей» читается студентам дневного отделения кафедры радиофизики и нелинейной динамики, обучающихся по специальности 013800 – радиофизика и электроника. Курс читается в течение 8-го учебного семестра и включает 34 часа лекционных занятий, 17 часов семинарских занятий и 24 часа самостоятельной работы.

Цель курса состоит в обучении студентов методам анализа радиотехнических устройств сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона электромагнитных сигналов. Предметом курса являются линейные пассивные СВЧ устройства, которые рассматриваются как многополюсники. Студенты знакомятся с характеристиками типичных СВЧ линий передач и СВЧ преобразователей и методами их теоретического описания. На семинарских занятиях, а также занимаясь самостоятельной работой, студенты приобретают практические навыки расчета характеристик различных СВЧ устройств.

Раздел 2. Тематический план учебной дисциплины

№ п/п	Наименование раздела, подраздела, темы лекции	Бюджет учебного времени					Форма текущего и итогового контроля
		Всего	в том числе				
			лекции	лабораторные и практические	семинарские занятия	самостоятельная работа	
1	2	3	4	5	6	7	8
Очная полная программа							
	Введение	2	2		-	-	-
1.	Общие свойства многополюсников на СВЧ	10	6		2	2	зачет
1.1.	Описание многополюсников матрицами		2		1		зачет
1.2.	Симметричные устройства		2		-		зачет
1.3.	Соединения многополюсников		2		1		зачет
2.	Двух-, четырех-, шести- и восьмиполусники	44	18		12	14	контрольная работа
2.1.	Двухполюсники СВЧ		2		-		зачет
2.2.	Четырехполюсники		2		-		зачет
2.3.	Матрицы четырехполюсников		2		1		зачет
2.4.	Соединения четырехполюсников		2		1		зачет
2.5.	Согласования линий передач с нагрузкой		2		2		зачет
2.6.	Широкополосное согласование		2		2		зачет
2.7.	Шестиполусники		2		2		зачет
2.8.	Восьмиполусники		2		2		зачет
2.9.	Широкополосные ответвители		2		2		зачет
3.	Линии передачи	19	8		3	8	зачет

3.1.	Характеристики распространения волн		2		1		зачет
3.2.	Полюсы волноводы		2		1		зачет
3.3.	Диэлектрические волноводы		2		-		зачет
3.4.	Многопроводные линии передачи		2		1		зачет
Итого:		71	34		17	24	зачет

Раздел 3. Содержание учебной дисциплины

Введение. Предмет изучения: линейные пассивные устройства в диапазоне от дециметровых до миллиметровых длин волн. Учет волновых свойств. Два подхода к описанию СВЧ устройств: электродинамический и радиотехнический. Области применения и соотношение волновых и радиотехнических понятий. Классификация СВЧ устройств.

1. Общие свойства многополюсников на СВЧ

1.1. Описание многополюсников матрицами. Подводящие линии. Порядок матриц, описывающих многополюсники. Одномодовый и многомодовый режимы. Классические матрицы. Волновые матрицы. Нормирование классических матриц сопротивления и проводимостей. Нормированные амплитуды волн тока и напряжения. Вывод соотношений между классическими и волновыми матрицами. Свойства взаимности многополюсников. Симметричность матриц для взаимных устройств. Реактивные многополюсники. Классические и волновые матрицы для реактивных устройств. Вывод условия унитарности матрицы рассеяния для реактивных многополюсников. Изменения коэффициентов матрицы рассеяния при смещении входных сечений.

1.2. Симметричные устройства. Понятие симметрии. Примеры симметричных устройств (симметричный четырехполюсник, симметричный тройник). Оператор симметрии и правила его построения. Число базовых симметрий. Матрица рассеяния для симметричных устройств. Свойство коммутативности матриц рассеяния и отражения. Использование свойств взаимности, реактивности и симметричности многополюсников для определения некоторых свойств коэффициентов матрицы рассеяния.

1.3. Соединения многополюсников. Определение коэффициентов матрицы рассеяния многополюсника, нагруженного на заданную нагрузку. Вывод формул пересчета коэффициентов. Каскадное соединение многополюсников. Определение матрицы каскада многополюсников. Матрица связи.

2. Двух-, четырех-, шести- и восьмиполюсники

2.1. Двухполюсники СВЧ. Вырождение матриц двуполюсника в скаляры. Соединение двуполюсников (последовательное и параллельное). Реактивные двуполюсники. Теорема Фостера. Рассеивающий двуполюсник. Теорема Дарлингтона. Связь коэффициента отражения с входным сопротивлением. Дуальные двуполюсники. Классификация нагрузок.

2.2. Четырехполюсники СВЧ. Виды четырехполюсников. Отрезки передающих линий. Атенюаторы: принцип действия и устройство. Перестраиваемые фазовращатели, их устройство. Невзаимные аттенюаторы и фазовращатели. На основе ферритов. Трансформаторы соединений.

2.3. Матрицы четырехполюсников. Классические и волновые матрицы, описывающие четырехполюсники. Матрица передачи (классическая и волновая). Связь матрицы передачи с другими матрицами. Симметричный четырехполюсник. Оператор симметрии и свойства симметричного четырехполюсника. Антисимметричный четырехполюсник и его свойства. Реактивный четырехполюсник. Входное сопротивление четырехполюсника. Входной коэффициент отражения четырехполюсника, нагруженного на заданную нагрузку. Матрицы рассеяния и передачи отрезка передающей линии. Вносимые потери четырехполюсника.

Взаимные, реактивные, симметричные четырехполосники. Минимальное число параметров, описывающих взаимный, реактивный и симметричный четырехполосник.

2.4. Соединения четырехполосников. Виды соединений: последовательное, параллельное, каскадное. Методы расчета соединения четырехполосников.

2.5. Использование четырехполосников для согласования линий передач с нагрузкой. Принципы согласования. Активная и реактивная нагрузки линии. Комплексные нагрузки. Согласование линии с нагрузкой посредством реактивного четырехполосника. Вывод условий согласования. Диэлектрический трансформатор сопротивлений. Согласование посредством короткозамкнутых шлейфов. Четвертьволновый согласующий переход, его частотные свойства.

2.6. Широкополосное согласование. Многоступенчатые согласующие переходы. Принцип действия. Входной коэффициент отражения. Способы выбора коэффициентов отражения ступенек. Переход с максимально-плавной характеристикой. Переход с чебышевским распределением. Плавный согласующий переход. Примеры расчетов.

2.7. Шестиполосники – волноводные тройники. Анализ E- и H-тройников на основе прямоугольного волновода. Определение коэффициентов матрицы рассеяния. О невозможности полного согласования тройников.

2.8. Восьмиполосники СВЧ. Направленные ответвители: принцип действия. Частотные свойства ответвителя с двумя отверстиями. Ответвитель как восьмиполосник. Определение коэффициентов матрицы рассеяния симметричного идеального ответвителя. Теоремы об ответвителях. Неидеальный ответвитель. Коэффициент направленности.

2.9. Широкополосные ответвители. Использование ответвителей с большим числом отверстий для увеличения полосы частот. Расчет широкополосных направленных ответвителей.

3. Линии передачи

3.1. Характеристики распространения волн в линиях передачи. Волны в однородных линиях, волновые уравнения. E, H и T волны. Дисперсионные уравнения. Токи в линиях. Коэффициент отражения и КСВ, характеристическое сопротивление. Потери в линиях. Потери в металле и диэлектрике, их частотная зависимость. Максимальная пропускная мощность линии.

3.2. Полые волноводы. Прямоугольный волновод: типы волн, дисперсия, критическая частота, одномодовый режим работы. Продольные и поперечные токи в стенках прямоугольного волновода. Круглый волновод: типы волн, потери в стенках. П- и H-волноводы.

3.3. Диэлектрические волноводы. Механизм распространения и фазовая скорость волн в диэлектрическом волноводе. Типы волн в диэлектрическом волноводе.

3.4. Многопроводные линии передачи. T-волны в многопроводных линиях. Число T-волн. Структура полей в многопроводных линиях. Коаксиальный волновод. Характеристическое сопротивление коаксиального волновода. Потери в коаксиальном волноводе. Полосковые линии. Симметричные и несимметричные линии. Характеристическое сопротивление полосковой линии. Связанные полосковые линии. Синфазное и противофазное возбуждения. Достоинства и недостатки полосковых линий.

Виды самостоятельной работы студента: изучение литературных источников, воспроизведение выкладок, приведенных в лекциях, а также самостоятельное решение отдельных задач по заданию преподавателя

Раздел 4. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература

1. А.Д.Григорьев. Электродинамика и техника СВЧ. М.: Высшая школа, 1990
2. Д.М.Сазонов, А.Н.Гридин, Б.М.Мишустин. Устройства СВЧ. М.: Высшая школа, 1981
3. Ж.Будурис, П.Шеневье. Цепи сверхвысоких частот. М., Сов. Радио, 1979
4. Дж.Альтман. Устройства СВЧ М.: Мир, 1986

Дополнительная литература

1. А.Л. Фельдштейн, Л.Р.Явич. Синтез четырехполосников и восьмиполосников на СВЧ М.: Связь, 1971
2. Дж.Хелзайн. Пассивные и активные цепи СВЧ. М.: Радио и связь, 1981
3. В.Фуско. СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование. М.: Радио и связь, 1990

Раздел 5. Перечень средств обучения

Оптический проектор
Электронный проектор
Компьютеры
Электронная презентация некоторых разделов курса.

Раздел 6. Вопросы к курсу

1. Радиотехнический и электродинамический подход к описанию СВЧ устройств.
2. Матрицы многополосников.
3. Свойства матриц многополосников.
4. Реактивные многополосники.
5. Схемы соединения многополосников
6. Двухполосники СВЧ.
7. Четырехполосники СВЧ.
8. Классические и волновые матрицы четырехполосника.
9. Соединения четырехполосников.
10. Согласование четырехполосников с линиями передач с нагрузкой.
11. Диэлектрический трансформатор сопротивлений и четвертьволновый согласующий переход.
12. Широкополосное согласование с помощью многоступенчатого согласующего перехода.
13. Многоступенчатый согласующий переход
14. Чебышевский переход
15. Плавный согласующий переход.
16. Коэффициенты матрицы рассеяния шестиполосника.
17. Направленные ответвители.
18. Широкополосные ответвители.
19. Характеристики распространения волн в линиях передачи
20. Прямоугольный и круглый волноводы
21. Диэлектрические волноводы
22. Многопроводные линии передачи
23. Полосковые линии