МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

САПР и технология СВЧ устройств

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль): **Конструирование и технология наноэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	34	34	часов
3	Лабораторные занятия	8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	60	60	часов
5	Из них в интерактивной форме	12	12	часов
6	Самостоятельная работа	84	84	часов
7	Всего (без экзамена)	144	144	часов
8	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е

Дифференцированный зачет: 7 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 3143

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 45 от «17» 5 2016 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного 2015-11-12 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент каф. РЭТЭМ _____ Коротаев В. М.

Заведующий обеспечивающей каф. РЭТЭМ _____ Туев В. И.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РКФ _____ Озеркин Д. В.

Заведующий выпускающей каф. КУДР _____ Лощилов А. Г.

Эксперты:

доцент каф. РЭТЭМ _____ Солдаткин В. С.

доцент каф. РЭТЭМ _____ Несмелова Н. Н.

Согласована на портале № 3143

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Подготовка бакалавра к профессиональной деятельности, ознакомление с САПР и технологиями СВЧ устройств на схемотехническом и технологическом уровнях.

Формирование у студентов понимания сущности и особенностей СВЧ техники и специфики САПР для проектирования СВЧ устройств на схемном и технологическом уровне.

1.2. Задачи дисциплины

– Знакомство с моделями основных элементов СВЧ устройств и узлов. ;

– Ознакомление с современные пакетами САПР, возможностями моделирования и работа с демонстрационными и учебными версиями пакетов САПР. ;

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «САПР и технология СВЧ устройств» (Б1.В.ДВ.7.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Автоматизированное проектирование РЭС, Избранные главы физики твердого тела, Интегральные устройства радиоэлектроники, Компьютерное моделирование процессов в РЭС, Материалы и компоненты электронных средств, Метрология и технические измерения, Основы проектирования микроволновых устройств, Основы радиоэлектроники, Схемо- и системотехника электронных средств, Теоретические основы технологии радиоэлектронных средств, Теоретические основы электротехники, Теоретические основы электротехники 2, Технология производства электронных средств, Устройства функциональной электроники, Физические основы микро- и наноэлектроники.

Последующими дисциплинами являются: Конструирование и технология микро- и наноэлектронных средств, Проектирование систем на кристалле.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-7 способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** возможности основных современных пакетов САПР СВЧ устройств при моделировании на уровне приборов, технологии и схемотехники.

– **уметь** ориентироваться в современных технологиях разработки и моделирования СВЧ техники средствами САПР

– **владеть** знаниями, позволяющими использовать САПР при моделировании элементов и узлов и модулей СВЧ устройств.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	34	34	часов
3	Лабораторные занятия	8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	60	60	часов
5	Из них в интерактивной форме	12	12	часов
6	Самостоятельная работа	84	84	часов
7	Всего (без экзамена)	144	144	часов

Согласована на портале № 3143

8	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

№	Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1	СВЧ и оптический диапазоны частот. Техника СВЧ. Современные САПР СВЧ.	2	6	0	10	18	ОПК-7
2	Модели линий передачи СВЧ в САПР.	2	4	0	10	16	ОПК-7
3	Системы параметров и численные методы линейного моделирования СВЧ устройств. Параметры рассеяния.	2	2	0	16	20	ОПК-7
4	Линейные и нелинейные модели активных элементов в составе СВЧ устройств используемые в современных САПР.	4	16	4	24	48	ОПК-7
5	Моделирование функциональных устройств СВЧ в пакете современной САПР	4	4	4	12	24	ОПК-7
6	Моделирование технологических процессов и приборов оптического и СВЧ диапазонов частот средствами специализированных САПР.	2	0	0	4	6	ОПК-7
7	Измерение параметров СВЧ элементов и устройств и использование результатов измерений в САПР при проектировании функциональных узлов.	2	2	0	8	12	ОПК-7
	Итого	18	34	8	84	144	

Согласована на портале № 3143

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 СВЧ и оптический диапазоны частот. Техника СВЧ. Современные САПР СВЧ.	Диапазон СВЧ. Техника ВЧ и СВЧ устройств. Основные понятия и определения. Краткие сведения из истории развития. Уровни моделирования при разработке СВЧ устройств. Современные САПР СВЧ.	2	ОПК-7
	Итого	2	
2 Модели линий передачи СВЧ в САПР.	Одиночные и многопроводные связанные линии. Телеграфные уравнения.Первичные параметры. Волновое сопротивление. Коэффициент отражения. Коэффициент стоячей волны.	2	ОПК-7
	Итого	2	
3 Системы параметров и численные методы линейного моделирования СВЧ устройств. Параметры рассеяния.	Классические и волновые системы параметров линейных четырехполюсников и восьмиполюсников СВЧ.Численные методы решения электродинамических задач для линейных цепей. Параметры рассеяния их физический смысл, возможности измерения и использования при моделировании в пакетах САПР СВЧ.	2	ОПК-7
	Итого	2	
4 Линейные и нелинейные модели активных элементов в составе СВЧ устройств используемые в современных САПР.	Современные арсенид и нитрид галлиевые полевые транзисторы с барьером Шоттки. Гетероструктурные полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов.Гетеробиполярные транзисторы.Малосигнальные и нелинейные модели. Параметры постоянного тока. Линейные и нелинейные характеристики.	4	ОПК-7
	Итого	4	
5 Моделирование функциональных устройств СВЧ в пакете современной САПР	Линейные малошумящие усилители СВЧ.Линейные и нелинейные усилители мощности СВЧ Схемотехника, моделирование	4	ОПК-7

Согласована на портале № 3143

	технологические и конструктивные реализации Управляющие устройства СВЧ:аттенюаторы, фазовращатели, переключатели.Делители и сумматоры СВЧ.Фильтры СВЧ.		
	Итого	4	
6 Моделирование технологических процессов и приборов оптического и СВЧ диапазонов частот средствами специализированных САПР.	Приборно-технологическое моделирование, или TCAD (Technology Com-puter Aided Design). Пакет прикладных программных инструментов, позволяющих осуществлять многомерное моделирование интегральных полупроводниковых структур, используя в качестве исходной информации описание технологического процесса их изготовления	2	ОПК-7
	Итого	2	
7 Измерение параметров СВЧ элементов и устройств и использование результатов измерений в САПР при проектировании функциональных узлов.	Принципы и схемы измерений параметров цепей и сигналов СВЧ. Современные приборы для измерения параметров рассеяния, шума, мощности элементов и устройств СВЧ.Современные приборы измерения параметров сигналов. В том числе разработанные в ТУСУРЕ и НИИ СЭС.	2	ОПК-7
	Итого	2	
Итого за семестр		18	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представ-лены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

№	Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин						
		1	2	3	4	5	6	7
Предшествующие дисциплины								
1	Автоматизированное проектирование РЭС	+					+	
2	Избранные главы физики твердого тела						+	
3	Интегральные устройства радиоэлектроники		+		+	+		
4	Компьютерное моделирование процессов в РЭС					+	+	
5	Материалы и компоненты электронных средств		+		+	+	+	

Согласована на портале № 3143

6	Метрология и технические измерения							+
7	Основы проектирования микроволновых устройств	+	+	+	+	+	+	+
8	Основы радиоэлектроники	+	+		+	+		
9	Схемо- и системотехника электронных средств					+		
10	Теоретические основы технологии радиоэлектронных средств						+	
11	Теоретические основы электротехники		+	+				
12	Теоретические основы электротехники 2	+	+	+				
13	Технология производства электронных средств						+	
14	Устройства функциональной электроники					+		
15	Физические основы микро- и наноэлектроники	+	+				+	
Последующие дисциплины								
1	Конструирование и технология микро- и наноэлектронных средств	+	+	+				
2	Проектирование систем на кристалле		+			+	+	

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
ОПК-7	+	+	+	+	Домашнее задание, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа

Согласована на портале № 3143

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лекции	Всего
Решение ситуационных задач	8	4	12
Итого	8	4	12

7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
4 Линейные и нелинейные модели активных элементов в составе СВЧ устройств используемые в современных САПР.	Исследование характеристик микрополосковых трехдецибельных направленных ответвителей различных конструкций средствами численного моделирования в среде САПР.Аттенюатор СВЧ, фазовращатель СВЧ на основе трехдецибельного направленного ответвителя на связанных линиях. Исследование характеристик при численном моделировании.	4	ОПК-7
	Итого	4	
5 Моделирование функциональных устройств СВЧ в пакете современной САПР	Получение набора одно и двухчастотных нелинейных характеристик полевого транзистора СВЧ в различных режимах работы последнего по постоянному току и по нагрузке. В форме численного эксперимента.Усилитель мощности СВЧ. Исследование энергетических характеристик и нелинейных искажений.	4	ОПК-7
	Итого	4	
Итого за семестр		8	

8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 3143

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 СВЧ и оптический диапазоны частот. Техника СВЧ. Современные САПР СВЧ.	Уровни моделирования при разработке СВЧ устройств. Современные САПР СВЧ.	2	ОПК-7
	Организация и структура САПР на примере одного из современных пакетов САПР СВЧ	2	
	Средства создания проектов в среде САПР. Базовые опции проекта (ввод, редактирование, изменение). Графические средства отображения информации в среде САПР СВЧ.	2	
	Итого	6	
2 Модели линий передачи СВЧ в САПР.	Модели пассивных элементов, способы их описания и идентификации на уровне эквивалентных схем при линейном моделировании.	2	ОПК-7
	Моделирование фильтров СВЧ на элементах с сосредоточенными параметрами. Расчет нулевого приближения. Варьирование параметров и оптимизация.	2	
	Итого	4	
3 Системы параметров и численные методы линейного моделирования СВЧ устройств. Параметры рассеяния.	Модели пассивных элементов с распределенными параметрами различного уровня приближения к точному описанию физики их работы с учетом технологии их последующего производства. Полосковые и микрополосковые линии.Моделирование фильтров СВЧ на элементах с распределенными параметрами. Переход к топологическому представлению микрополосковых фильтров.	2	ОПК-7
	Итого	2	
4 Линейные и нелинейные модели активных элементов в составе СВЧ устройств используемые в современных САПР.	Диаграмма Смита как графическое средство САПР СВЧ позволяющее преобразовывать параметры отражения (рассеяния) в импедансную (иммитансную) форму представления. Визуализация процесса согласования с использованием диаграммы Смита.	2	ОПК-7

Согласована на портале № 3143

	Понятие согласования.Критерии согласования по передаваемой мощности, шуму, мощности.1) Аналитическое решение задачи согласования двух импедансов на СВЧ для чисто активных нагрузок разной величины.2) Аналитическое решение задачи согласования двух комплексных импедансов на СВЧРешение задачи 1) с помощью отрезка передающей линииРешение задачи 2) с использованием модели идеального согласующего четырехполюсника	4	
	Решение задачи согласования для модели активного четырехполюсника без обратной связи, с графической визуализацией процесса проектирования и результата расчета на диаграмме Смита.1) Физической цепью Г-образной структуры L, C2) Физической цепью Г-образной структуры МПЛ, C3) Физической цепью Г-образной структуры L, ХХМПЛ4) Физической цепью Г-образной структуры МПЛ, ХХМПЛ5) Физической цепью в виде двух последовательно включенных отрезков МПЛ, второй из которых представляет из себя четвертьволновый трансформатор.	4	
	Задание линейных характеристик активных элементов СВЧ в форме бесструктурных моделей их волновыми параметрами рассеяния. Экспорт параметров в проект САПР СВЧ. Эквивалентные схемы полевых транзисторов СВЧ в линейном режиме (на малом сигнале). Варианты задания и ввода параметров линейных четырехполюсников СВЧ. Визуализация на диаграмме Смита.Моделирование работы однокаскадного линейного усилителя СВЧ	2	
	Нелинейные (большесигнальные) эквивалентные схемы FET и гетероструктурных полевых транзисторов построенных по GaAs и GaN технологии	4	
	Итого	16	
5 Моделирование функциональных устройств СВЧ в пакете	Усилители мощности (УМ) СВЧ. Энергетические параметры	4	ОПК-7

Согласована на портале № 3143

современной САПР	характеризующие УМ (Выходная мощность, КПД). Критерии нелинейности.Графическое представление основных параметров усилителей мощности средствами САПР.		
	Итого	4	
7 Измерение параметров СВЧ элементов и устройств и использование результатов измерений в САПР при проектировании функциональных узлов.	Моделирование измерительного тракта СВЧ в среде САПР.Функциональные элементы измерительного тракта в пакетах САПР СВЧ. Пассивные функциональные элементы и устройства СВЧ. Фильтры, направленные ответвители, делители мощности, аттенюаторы, фазовращатели.	2	ОПК-7
	Итого	2	
Итого за семестр		34	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 СВЧ и оптический диапазоны частот. Техника СВЧ. Современные САПР СВЧ.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-7	Опрос на занятиях, Собеседование
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	10		
2 Модели линий передачи СВЧ в САПР.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-7	Опрос на занятиях, Собеседование
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	10		
3 Системы параметров и	Подготовка к	4	ОПК-7	Опрос на занятиях,

Согласована на портале № 3143

численные методы линейного моделирования СВЧ устройств. Параметры рассеяния.	практическим занятиям, семинарам			Собеседование
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Итого	16		
4 Линейные и нелинейные модели активных элементов в составе СВЧ устройств используемые в современных САПР.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-7	Опрос на занятиях, Собеседование
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Итого	24		
5 Моделирование функциональных устройств СВЧ в пакете современной САПР	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-7	Опрос на занятиях, Собеседование
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Итого	12		

Согласована на портале № 3143

6 Моделирование технологических процессов и приборов оптического и СВЧ диапазонов частот средствами специализированных САПР.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-7	Опрос на занятиях, Собеседование
	Итого	4		
7 Измерение параметров СВЧ элементов и устройств и использование результатов измерений в САПР при проектировании функциональных узлов.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-7	Опрос на занятиях, Собеседование
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4		
	Итого	8		
Итого за семестр		84		
Итого		84		

9.1. Тематика практики

1. Моделирование фильтров СВЧ на элементах с сосредоточенными параметрами. Расчет нулевого приближения. Варьирование параметров и оптимизация
2. Модели пассивных элементов, способы их описания и идентификации на уровне эквивалентных схем при линейном моделировании
3. Средства создания проектов в среде САПР.
4. Базовые опции проекта (ввод, редактирование, изменение). Графические средства отображения информации в среде САПР СВЧ.
5. Модели пассивных элементов с распределенными параметрами различного уровня приближения к точному описанию физики их работы с учетом технологии их последующего производства. Полосковые и микрополосковые линии
6. Средства создания проектов в среде САПР.
7. Базовые опции проекта (ввод, редактирование, изменение).
8. Графические средства отображения информации в среде САПР СВЧ.
9. Пассивные функциональные элементы и устройства СВЧ. Фильтры, направленные ответвители, делители мощности, аттенюаторы, фазовращатели.
10. СВЧ и оптический диапазоны частот. Техника СВЧ. Современные САПР СВЧ
11. Пассивные функциональные элементы и устройства СВЧ. Фильтры, направленные ответвители, делители мощности, аттенюаторы, фазовращатели.
12. СВЧ и оптический диапазоны частот. Техника СВЧ. Современные САПР СВЧ.
13. Моделирование измерительного тракта СВЧ в среде САПР.
14. Графическое представление основных параметров усилителей мощности средствами САПР.
15. Усилители мощности (УМ) СВЧ. Энергетические параметры, характеризующие УМ (Выходная мощность, КПД). Критерии нелинейности.
16. Усилители мощности (УМ) СВЧ. Энергетические параметры, характеризующие УМ (Выходная мощность, КПД). Критерии нелинейности.
17. Нелинейные (большесигнальные) эквивалентные схемы FET и гетероструктурных полевых транзисторов, построенных по GaAs и GaN технологии
18. Нелинейные (большесигнальные) эквивалентные схемы FET и гетероструктурных полевых транзисторов, построенных по GaAs и GaN технологии
19. Моделирование работы однокаскадного линейного усилителя СВЧ
20. Задание линейных характеристик активных элементов СВЧ в форме бесструктурных

Согласована на портале № 3143

моделей их волновыми параметрами рассеяния. Экспорт параметров в проект САПР СВЧ. Эквивалентные схемы полевых транзисторов СВЧ в линейном режиме (на малом сигнале). Варианты задания и ввода параметров линейных четырехполюсников СВЧ. Визуализация на диаграмме Смита.

21. Решение задачи согласования для модели активного четырехполюсника без обратной связи, с графической визуализацией процесса проектирования и результата расчета на диаграмме Смита.

22. 1. Физической цепью Г-образной структуры L, C

23. 2. Физической цепью Г-образной структуры МПЛ, C

24. 3. Физической цепью Г-образной структуры L, ХХМПЛ

25. 4. Физической цепью Г-образной структуры МПЛ, ХХМПЛ

26. 5. Физической цепью в виде двух последовательно включенных отрезков МПЛ, второй из которых представляет из себя четвертьволновый трансформатор

27. Понятие согласования.

28. Критерии согласования по передаваемой мощности, шуму, мощности.

29. 1. Аналитическое решение задачи согласования двух импедансов на СВЧ для чисто активных нагрузок разной величины.

30. 2. Аналитическое решение задачи согласования двух комплексных импедансов на СВЧ

31. Решение задачи 1. с помощью отрезка передающей линии

32. Решение задачи 2. с использованием модели идеального согласующего четырехполюсника

33. Диаграмма Смита как графическое средство САПР СВЧ, позволяющее преобразовывать параметры отражения (рассеяния) в импедансную (иммитансную) форму представления. Визуализация процесса согласования с использованием диаграммы Смита.

34. Моделирование фильтров СВЧ на элементах с распределенными параметрами. Переход к топологическому представлению микрополосковых фильтров

9.2. Темы для самостоятельного изучения теоретической части курса

35. Измерение параметров СВЧ элементов и устройств и использование результатов измерений в САПР при проектировании функциональных узлов.

36. Моделирование технологических процессов и приборов оптического и СВЧ диапазонов частот средствами специализированных САПР

37. Функциональные элементы измерительного тракта в пакетах САПР СВЧ

9.3. Вопросы на проработку лекционного материала

38. Средства создания проектов в среде САПР.

39. Базовые опции проекта (ввод, редактирование, изменение). Графические средства отображения информации в среде САПР СВЧ.

40. Уровни моделирования при разработке СВЧ устройств. Современные САПР СВЧ.

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
7 семестр				
Домашнее задание	5	5	5	15
Контрольная работа		10	10	20
Опрос на занятиях	5	5	5	15

Согласована на портале № 3143

Отчет по лабораторной работе		10	10	20
Расчетная работа		7	8	15
Собеседование	5	5	5	15
Нарастающим итогом	15	57	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Новиков Ю.Н. Основные понятия и законы теории цепей, методы анализа процессов в цепях: Учебное пособие. 3-е изд., испр. И доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2011 – 368 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). Электронное издание: http://e.lanbook.com/view/book/691/ [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/view/book/691/

12.2. Дополнительная литература

1. 1. Атабеков Г.И., Купалян С.Д., Тимофеев А.Б., Хухриков С.С. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле. – СПб., М., Краснодар: Издательство «Лань», 2010. – 432 с. Электронное издание^ http://e.lanbook.com/view/book/644/ [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/view/book/644/

12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. САПР и технология оптоэлектронных и СВЧ устройств: Лабораторные работы. Учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлению 211000.62 – Конструирование и технология электронных средств. / Коротаев В. М. - 2014. 22 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3957, свободный.

2. САПР и технология оптоэлектронных и СВЧ устройств: Методические указания по

Согласована на портале № 3143

практическим занятиям и самостоятельной работе студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавра 211000.62 – Конструирование и технология электронных средств / Коротаев В. М. - 2014. 9 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3958, свободный.

12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы
2. Яндекс, Google, TCAD, MathCAD, Microwave Office.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс

14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.

Согласована на портале № 3143

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

САПР и технология СВЧ устройств

Уровень основной образовательной программы: **Бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Профиль: **Конструирование и технология наноэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**
Курс: **4**
Семестр: **7**

Учебный план набора 2015 года

Разработчики:

- доцент каф. РЭТЭМ Коротаев В. М.

Дифференцированный зачет: 7 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 3143

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Должен знать возможности основных современных пакетов САПР СВЧ устройств при моделировании на уровне приборов, технологии и схемотехники.; Должен уметь ориентироваться в современных технологиях разработки и моделирования СВЧ техники средствами САПР; Должен владеть знаниями, позволяющими использовать САПР при моделировании элементов и узлов и модулей СВЧ устройств.;

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-7

ОПК-7: способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания

Согласована на портале № 3143

представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знает возможности основных современных пакетов САПР СВЧ устройств, при моделировании на уровне приборов, технологии и схемотехники	Умеет ориентироваться в современных технологиях разработки и моделирования СВЧ техники средствами САПР	Владеет знаниями позволяющими использовать САПР при моделировании элементов, узлов и модулей СВЧ устройств.
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Опрос на занятиях; • Расчетная работа; • Собеседование; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Опрос на занятиях; • Расчетная работа; • Собеседование; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Расчетная работа; • Дифференцированный зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости;	• Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем;	• Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы. ;
Хорошо (базовый уровень)	• . Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области ;	• Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования.;	• Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем.;
Удовлетворительн	• Обладает базовыми	• Обладает основными	• Работает при прямом

Согласована на портале № 3143

о (пороговый уровень)	общими знаниями;	умениями, требуемыми для выполнения простых задач.;	наблюдении;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Темы домашних заданий

– 1) Уровни моделирования при разработке СВЧ устройств. Современные САПР СВЧ. 2) Организация и структура САПР на примере одного из современных пакетов САПР СВЧ. 3) Средства создания проектов в среде САПР. Базовые опции проекта (ввод, редактирование, изменение). Графические средства отображения информации в среде САПР СВЧ. 4) Модели пассивных элементов, способы их описания и идентификации на уровне эквивалентных схем при линейном моделировании. 5) Моделирование фильтров СВЧ на элементах с сосредоточенными параметрами. Расчет нулевого приближения. Варьирование параметров и оптимизация. 6) Модели пассивных элементов с распределенными параметрами различного уровня приближения к точному описанию физики их работы с учетом технологии их последующего производства. Полосковые и микрополосковые линии. 7) Моделирование фильтров СВЧ на элементах с распределенными параметрами. Переход к топологическому представлению микрополосковых фильтров. 8) Диаграмма Смита как графическое средство САПР СВЧ позволяющее преобразовывать параметры отражения (рассеяния) в импедансную (иммитансную) форму представления. Визуализация процесса согласования с использованием диаграммы Смита. 9) Понятие согласования. Критерии согласования по передаваемой мощности, шуму, мощности. 1. Аналитическое решение задачи согласования двух импедансов на СВЧ для чисто активных нагрузок разной величины. 2. Аналитическое решение задачи согласования двух комплексных импедансов на СВЧ Решение задачи 1. с помощью отрезка передающей линии Решение задачи 2. с использованием модели идеального согласующего четырехполюсника Решение задачи согласования для модели активного четырехполюсника без обратной связи, с графической визуализацией процесса проектирования и результата расчета на диаграмме Смита. 1. Физической цепью Г-образной структуры L, C 2. Физической цепью Г-образной структуры МПЛ, C 3. Физической цепью Г-образной структуры L, ХХМПЛ 4. Физической цепью Г-образной структуры МПЛ, ХХМПЛ 5. Физической цепью в виде двух последовательно включенных отрезков МПЛ, второй из которых представляет из себя четвертьволновый трансформатор. 10) Задание линейных характеристик активных элементов СВЧ в форме бесструктурных моделей их волновыми параметрами рассеяния. Экспорт параметров в проект САПР СВЧ. Эквивалентные схемы полевых транзисторов СВЧ в линейном режиме (на малом сигнале). Варианты задания и ввода параметров линейных четырехполюсников СВЧ. Визуализация на диаграмме Смита. 11) Моделирование работы однокаскадного линейного усилителя СВЧ 12) Нелинейные (большесигнальные) эквивалентные схемы FET и гетероструктурных полевых транзисторов, построенных по GaAs и GaN технологии 13) Усилители мощности (УМ) СВЧ. Энергетические параметры, характеризующие УМ (Выходная мощность, КПД). Критерии нелинейности. 14) Графическое представление основных параметров усилителей мощности средствами САПР. 15) Моделирование измерительного тракта СВЧ в среде САПР. 16) Функциональные элементы измерительного тракта в пакетах САПР СВЧ. Пассивные функциональные элементы и устройства СВЧ. Фильтры, направленные ответвители, делители мощности, аттенюаторы, фазовращатели.

3.2 Вопросы на собеседование

– Средства создания проектов в среде САПР.

– Базовые опции проекта (ввод, редактирование, изменение). Графические средства отображения информации в среде САПР СВЧ.

– Измерение параметров СВЧ элементов и устройств и использование результатов измерений в САПР при проектировании функциональных узлов.

Согласована на портале № 3143

– Моделирование технологических процессов и приборов оптического и СВЧ диапазонов частот средствами специализированных САПР

– Функциональные элементы измерительного тракта в пакетах САПР СВЧ

– Пассивные функциональные элементы и устройства СВЧ. Фильтры, направленные ответвители, делители мощности, аттенюаторы, фазовращатели.

– СВЧ и оптический диапазоны частот. Техника СВЧ. Современные САПР СВЧ.

– Моделирование измерительного тракта СВЧ в среде САПР.

– Графическое представление основных параметров усилителей мощности средствами САПР.

– Усилители мощности (УМ) СВЧ. Энергетические параметры, характеризующие УМ (Выходная мощность, КПД). Критерии нелинейности.

– Усилители мощности (УМ) СВЧ. Энергетические параметры, характеризующие УМ (Выходная мощность, КПД). Критерии нелинейности.

– Нелинейные (большесигнальные) эквивалентные схемы FET и гетероструктурных полевых транзисторов, построенных по GaAs и GaN технологии

– Нелинейные (большесигнальные) эквивалентные схемы FET и гетероструктурных полевых транзисторов, построенных по GaAs и GaN технологии

– Моделирование работы однокаскадного линейного усилителя СВЧ

– Задание линейных характеристик активных элементов СВЧ в форме бесструктурных моделей их волновыми параметрами рассеяния. Экспорт параметров в проект САПР СВЧ. Эквивалентные схемы полевых транзисторов СВЧ в линейном режиме (на малом сигнале). Варианты задания и ввода параметров линейных четырехполюсников СВЧ. Визуализация на диаграмме Смита.

– Решение задачи согласования для модели активного четырехполюсника без обратной связи, с графической визуализацией процесса проектирования и результата расчета на диаграмме Смита.

– 1. Физической цепью Г-образной структуры L, C

– 2. Физической цепью Г-образной структуры МПЛ, C

– 3. Физической цепью Г-образной структуры L, ХХМПЛ

– 4. Физической цепью Г-образной структуры МПЛ, ХХМПЛ

– 5. Физической цепью в виде двух последовательно включенных отрезков МПЛ, второй из которых представляет из себя четвертьволновый трансформатор

– Понятие согласования.

– Критерии согласования по передаваемой мощности, шуму, мощности.

– 1. Аналитическое решение задачи согласования двух импедансов на СВЧ для чисто активных нагрузок разной величины.

– 2. Аналитическое решение задачи согласования двух комплексных импедансов на СВЧ

– Решение задачи 1. с помощью отрезка передающей линии

– Решение задачи 2. с использованием модели идеального согласующего четырехполюсника

– Диаграмма Смита как графическое средство САПР СВЧ, позволяющее преобразовывать параметры отражения (рассеяния) в импедансную (иммитансную) форму представления. Визуализация процесса согласования с использованием диаграммы Смита.

– Моделирование фильтров СВЧ на элементах с распределенными параметрами. Переход к топологическому представлению микрополосковых фильтров

– Модели пассивных элементов, способы их описания и идентификации на уровне эквивалентных схем при линейном моделировании

– Средства создания проектов в среде САПР.

– Базовые опции проекта (ввод, редактирование, изменение). Графические средства отображения информации в среде САПР СВЧ.

– Модели пассивных элементов с распределенными параметрами различного уровня приближения к точному описанию физики их работы с учетом технологии их последующего

Согласована на портале № 3143

производства. Полосковые и микрополосковые линии

– Средства создания проектов в среде САПР.

– Базовые опции проекта (ввод, редактирование, изменение).

– Графические средства отображения информации в среде САПР СВЧ.

– Пассивные функциональные элементы и устройства СВЧ. Фильтры, направленные ответвители, делители мощности, аттенюаторы, фазовращатели.

– СВЧ и оптический диапазоны частот. Техника СВЧ. Современные САПР СВЧ

– Моделирование фильтров СВЧ на элементах с сосредоточенными параметрами. Расчет нулевого приближения. Варьирование параметров и оптимизация

3.3 Темы опросов на занятиях

– Уровни моделирования при разработке СВЧ устройств. Современные САПР СВЧ.

– Средства создания проектов в среде САПР.

– Базовые опции проекта (ввод, редактирование, изменение). Графические средства отображения информации в среде САПР СВЧ.

– Измерение параметров СВЧ элементов и устройств и использование результатов измерений в САПР при проектировании функциональных узлов.

– Моделирование технологических процессов и приборов оптического и СВЧ диапазонов частот средствами специализированных САПР

– Функциональные элементы измерительного тракта в пакетах САПР СВЧ

– Пассивные функциональные элементы и устройства СВЧ. Фильтры, направленные ответвители, делители мощности, аттенюаторы, фазовращатели.

– СВЧ и оптический диапазоны частот. Техника СВЧ. Современные САПР СВЧ.

– Моделирование измерительного тракта СВЧ в среде САПР.

– Графическое представление основных параметров усилителей мощности средствами САПР.

– Усилители мощности (УМ) СВЧ. Энергетические параметры, характеризующие УМ (Выходная мощность, КПД). Критерии нелинейности.

– Усилители мощности (УМ) СВЧ. Энергетические параметры, характеризующие УМ (Выходная мощность, КПД). Критерии нелинейности.

– Нелинейные (большесигнальные) эквивалентные схемы FET и гетероструктурных полевых транзисторов, построенных по GaAs и GaN технологии

– Нелинейные (большесигнальные) эквивалентные схемы FET и гетероструктурных полевых транзисторов, построенных по GaAs и GaN технологии

– Моделирование работы однокаскадного линейного усилителя СВЧ

– Задание линейных характеристик активных элементов СВЧ в форме бесструктурных моделей их волновыми параметрами рассеяния. Экспорт параметров в проект САПР СВЧ. Эквивалентные схемы полевых транзисторов СВЧ в линейном режиме (на малом сигнале). Варианты задания и ввода параметров линейных четырехполюсников СВЧ. Визуализация на диаграмме Смита.

– Решение задачи согласования для модели активного четырехполюсника без обратной связи, с графической визуализацией процесса проектирования и результата расчета на диаграмме Смита.

– 1. Физической цепью Г-образной структуры L, C

– 2. Физической цепью Г-образной структуры МПЛ, C

– 3. Физической цепью Г-образной структуры L, ХХМПЛ

– 4. Физической цепью Г-образной структуры МПЛ, ХХМПЛ

– 5. Физической цепью в виде двух последовательно включенных отрезков МПЛ, второй из которых представляет из себя четвертьволновый трансформатор

– Понятие согласования.

– Критерии согласования по передаваемой мощности, шуму, мощности.

– 1. Аналитическое решение задачи согласования двух импедансов на СВЧ для чисто

Согласована на портале № 3143

активных нагрузок разной величины.

– 2. Аналитическое решение задачи согласования двух комплексных импедансов на СВЧ

– Решение задачи 1. с помощью отрезка передающей линии

– Решение задачи 2. с использованием модели идеального согласующего четырехполюсника

– Диаграмма Смита как графическое средство САПР СВЧ, позволяющее преобразовывать параметры отражения (рассеяния) в импедансную (иммитансную) форму представления. Визуализация процесса согласования с использованием диаграммы Смита.

– Моделирование фильтров СВЧ на элементах с распределенными параметрами. Переход к топологическому представлению микрополосковых фильтров

– Модели пассивных элементов, способы их описания и идентификации на уровне эквивалентных схем при линейном моделировании

– Средства создания проектов в среде САПР.

– Базовые опции проекта (ввод, редактирование, изменение). Графические средства отображения информации в среде САПР СВЧ.

– Модели пассивных элементов с распределенными параметрами различного уровня приближения к точному описанию физики их работы с учетом технологии их последующего производства. Полосковые и микрополосковые линии

– Средства создания проектов в среде САПР.

– Базовые опции проекта (ввод, редактирование, изменение).

– Графические средства отображения информации в среде САПР СВЧ.

– Пассивные функциональные элементы и устройства СВЧ. Фильтры, направленные ответвители, делители мощности, аттенюаторы, фазовращатели.

– СВЧ и оптический диапазоны частот. Техника СВЧ. Современные САПР СВЧ

– Моделирование фильтров СВЧ на элементах с сосредоточенными параметрами. Расчет нулевого приближения. Варьирование параметров и оптимизация

3.4 Темы контрольных работ

– 1) Аналитическое решение задачи согласования двух импедансов на СВЧ для чисто активных нагрузок разной величины. Привести основные соотношения. Проиллюстрировать решение средствами САПР СВЧ, на примере модели идеализированного усилительного элемента без обратной связи с активным входным и выходным импедансами. Привести схему и графики отображающие параметры схемы в рассогласованном и в согласованном состояниях. Решить задачу согласования с 50 омным трактом (в среде САПР) модели активного четырехполюсника без ОС с чисто активными импедансами входа и выхода с помощью идеальных согласующих трансформаторов. Проиллюстрировать решение средствами САПР СВЧ 2) Аналитическое решение задачи согласования двух комплексных импедансов, на СВЧ. Записать условия согласования по критерию максимума передаваемой мощности от генератора с комплексным выходным импедансом в нагрузку. Решить задачу согласования в 50 омном тракте (в среде САПР) для модели активного четырехполюсника без ОС с комплексными импедансами входа и выхода с помощью идеальных согласующих трансформаторов. Проиллюстрировать решение средствами САПР СВЧ.

3.5 Темы расчетных работ

– 1. Аналитическое решение задачи согласования двух импедансов на СВЧ для чисто активных нагрузок разной величины. 2. Аналитическое решение задачи согласования двух комплексных импедансов на СВЧ Решение задачи 1. с помощью отрезка передающей линии Решение задачи 2. с использованием модели идеального согласующего четырехполюсника Решение задачи согласования для модели активного четырехполюсника без обратной связи, с графической визуализацией процесса проектирования и результата расчета на диаграмме Смита. 1. Физической цепью Г-образной структуры L, C 2. Физической цепью Г-образной структуры МПЛ, C 3. Физической цепью Г-образной структуры L, ХХМПЛ 4. Физической цепью Г-образной структуры МПЛ, ХХМПЛ 5. Физической цепью в виде двух последовательно включенных отрезков МПЛ, второй из которых представляет из себя четвертьволновый трансформатор.

Согласована на портале № 3143

3.6 Темы лабораторных работ

– Исследование характеристик микрополосковых трехдецибельных направленных ответвителей различных конструкций средствами численного моделирования в среде САПР. Аттенюатор СВЧ, фазовращатель СВЧ на основе трехдецибельного направленного ответвителя на связанных линиях. Исследование характеристик при численном моделировании.

– Получение набора одно и двухчастотных нелинейных характеристик полевого транзистора СВЧ в различных режимах работы последнего по постоянному току и по нагрузке. В форме численного эксперимента. Усилитель мощности СВЧ. Исследование энергетических характеристик и нелинейных искажений.

3.7 Вопросы дифференцированного зачета

– 1) Диапазон частот СВЧ и микроволновый. Классификация. 2) По какому признаку разграничиваются сосредоточенные и распределенные элементы СВЧ схем. 3) Первичные параметры одиночных и многосвязанных полосковых линий. 4) Классические и волновые матричные параметры четырехполюсников и, в общем случае, многополюсников СВЧ. 5) Согласование. Критерии согласования. 6) Диаграмма Смита и ее возможности по отображению информации в процессе проектирования усилителей по критериям согласования 7) Определение коэффициента отражения 8) Пределы изменения коэффициента отражения 9) Определение коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) 10) Пределы изменения КСВН 11) Трансформирующие свойства отрезка четвертьволнового отрезка длинной линии 12) Аналитическая связь КСВН и коэффициента отражения. 13) Использование трансформирующих свойств четвертьволнового отрезка длинной линии в инженерных решениях. -Для согласования активных сопротивлений -Для организации питания активных схем СВЧ. 14) Задача и критерии согласования на максимум коэффициента передачи 15) Задача и критерии согласования на минимум коэффициента шума 16) Задача и критерии согласования на максимум выходной мощности 17) Принцип и процедура согласования комплексного импеданса с 50 омным трактом физической цепью Г-образной структуры L, C с графической иллюстрацией на диаграмме Смита. 18) Принцип и процедура согласования комплексного импеданса с 50 омным трактом физической цепью Г-образной структуры МПЛ, C с графической иллюстрацией на диаграмме Смита. 19) Принцип и процедура согласования комплексного импеданса с 50 омным трактом физической цепью Г-образной структуры L, ХХМПЛ с графической иллюстрацией на диаграмме Смита. 20) Принцип и процедура согласования комплексного импеданса с 50 омным трактом физической цепью Г-образной структуры МПЛ, ХХМПЛ с графической иллюстрацией на диаграмме Смита. 21) Принцип и процедура согласования комплексного импеданса с 50 омным трактом физической цепью в виде двух последовательно включенных отрезков МПЛ, второй из которых представляет собой четвертьволновый трансформатор. 22) Нелинейные (большесигнальные) эквивалентные схемы FET и гетероструктурных полевых транзисторов, построенных по GaAs и GaN технологии. 23) Усилители мощности (УМ) СВЧ. 24) Энергетические параметры, характеризующие УМ (Выходная мощность, КПД). 25) Критерии нелинейности. 26) Графическое представление основных параметров усилителей мощности средствами САПР во временной и частотной областях. 27) Графическое представление основных параметров усилителей мощности средствами САПР при двухчастотном воздействии. 28) Графическое представление основных параметров усилителей мощности средствами САПР при одночастотном воздействии.

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Новиков Ю.Н. Основные понятия и законы теории цепей, методы анализа процессов в цепях: Учебное пособие. 3-е изд., испр. И доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2011 – 368 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). Электронное издание: http://e.lanbook.com/view/book/691/ [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/view/book/691/

Согласована на портале № 3143

4.2. Дополнительная литература

1. 1. Атабеков Г.И., Купалян С.Д., Тимофеев А.Б., Хухриков С.С. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле. – СПб., М., Краснодар: Издательство «Лань», 2010. – 432 с. Электронное издание^ http://e.lanbook.com/view/book/644/ [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/view/book/644/

4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. САПР и технология оптоэлектронных и СВЧ устройств: Лабораторные работы. Учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлению 211000.62 – Конструирование и технология электронных средств. / Коротаев В. М. - 2014. 22 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3957, свободный.
2. САПР и технология оптоэлектронных и СВЧ устройств: Методические указания по практическим занятиям и самостоятельной работе студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавра 211000.62 – Конструирование и технология электронных средств / Коротаев В. М. - 2014. 9 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3958, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы
2. Яндекс, Google, TCAD, MathCAD, Microwave Office.

Согласована на портале № 3143