МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СВЧ ЦЕПИ, ЭЛЕМЕНТЫ И МОДЕЛИ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **09.04.01 Информатика и вычислительная техника**
Направленность (профиль) / специализация: **Автоматизация проектирования микро- и наноэлектронных устройств для радиотехнических систем**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **Кафедра радиоэлектроники и систем связи (РСС)**
Курс: **1**
Семестр: **1**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	1 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	8	8	часов
Практические занятия	10	10	часов
Лабораторные занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	108	108	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	180	180	часов
	5	5	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	1

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 74854

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины является получение студентами базовых и специальных знаний по методам описания, расчета и моделирования СВЧ цепей и устройств, а также их элементов, в том числе в интегральном исполнении.

1.2. Задачи дисциплины

1. изучение теории, способов описания и методов расчета и анализа СВЧ цепей и устройств, а также их элементов.
2. изучение основных типов и характеристик СВЧ пассивных устройств, пассивных и активных элементов, используемых в составе гибридных (ГИС) и монолитных (МИС) интегральных схем.
3. изучение способов расчета и моделирования основных типов СВЧ пассивных устройств, построения моделей пассивных и активных элементов СВЧ ГИС и МИС.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (hard skills – HS).
Индекс дисциплины: Б1.О.02.04.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		

Согласована на портале № 74854

ОПК-2. Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	ОПК-2.1. Знает современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач	знает современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды и программные средства для решения задач в области проектирования СВЧ МИС
	ОПК-2.2. Умеет обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства для решения профессиональных задач	умеет обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства для решения задач в области проектирования СВЧ МИС
	ОПК-2.3. Владеет методами разработки оригинальных программных средств с использованием современных информационно-коммуникационных, в том числе и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	владеет методами разработки оригинальных программных средств с использованием современных информационно-коммуникационных, в том числе и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач в области проектирования СВЧ МИС
ОПК-5. Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем	ОПК-5.1. Знает современное программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем	знает современное программное и аппаратное обеспечение автоматизированных систем для проектирования СВЧ МИС
	ОПК-5.2. Умеет разрабатывать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем для решения профессиональных задач	умеет разрабатывать программное обеспечение и компоненты автоматизированных систем для проектирования СВЧ МИС
	ОПК-5.3. Владеет методами модернизации программного и аппаратного обеспечения информационных и автоматизированных систем для решения профессиональных задач	владеет методами разработки и модернизации программного обеспечения и компонентов автоматизированных систем для проектирования СВЧ МИС

Согласована на портале № 74854

ОПК-6. Способен разрабатывать компоненты программно-аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования	ОПК-6.1. Знает аппаратные средства и платформы инфраструктуры информационных технологий, виды, назначение, архитектуру, методы разработки и администрирования программно-аппаратных комплексов объекта профессиональной деятельности	знает аппаратные средства, виды, назначение, архитектуру, методы разработки и администрирования программно-аппаратных комплексов для проектирования СВЧ МИС
	ОПК-6.2. Умеет анализировать техническое задание, разрабатывать и оптимизировать программный код для решения задач обработки информации и автоматизированного проектирования	умеет анализировать техническое задание, разрабатывать и модернизировать компоненты программно-аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования СВЧ МИС
	ОПК-6.3. Владеет методами составления технической документации по использованию и настройке компонентов программно-аппаратного комплекса	владеет методами формирования технической документации, разработки и модернизации компонентов аппаратно-программных комплексов для проектирования СВЧ МИС
Профессиональные компетенции		
-	-	-

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		1 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Лекционные занятия	8	8
Практические занятия	10	10
Лабораторные занятия	18	18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	108	108
Подготовка к тестированию	16	16
Выполнение расчетной / расчетно-графической работы	44	44
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	48	48
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	180	180
Общая трудоемкость (в з.е.)	5	5

Согласована на портале № 74854

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1 семестр						
1 СВЧ линии передачи	2	2	8	32	44	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
2 СВЧ многополюсники и их параметры	2	2	-	16	20	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
3 Пассивные СВЧ устройства, элементы и их модели	2	4	4	32	42	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
4 Активные СВЧ элементы и их модели	2	2	6	28	38	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
Итого за семестр	8	10	18	108	144	
Итого	8	10	18	108	144	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
1 семестр			
1 СВЧ линии передачи	СВЧ линии передачи (ЛП), применения. Представление в виде длинной линии (ДЛ.) Волновые процессы в ДЛ. Постоянная распространения. Волновое сопротивление. Коэффициенты затухания и фазы. Фазовая скорость и длина волны в ЛП. Электрическая длина отрезка ДЛ. Коэффициент отражения. Круговая диаграмма Вольперта-Смита, Z-сетка. Связь импеданса и коэффициента отражения. Режимы работы ДЛ. Передача мощности в ЛП. Входное сопротивление ДЛ. Применение КЗ и ХХ отрезков ЛП. Реализация реактивных и резонансных элементов на ЛП. Примеры. Микрополосковые (МПЛ) и копланарные (КПЛ) линии. Выполнение МПЛ и КПЛ в гибридных (ГИС) и монолитных (МИС) интегральных схемах.	2	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
	Итого	2	

Согласована на портале № 74854

2 СВЧ многополюсники и их параметры	СВЧ многополюсники. Представление СВЧ устройства в виде соединения многополюсных компонентов. Классические параметры многополюсников и четырехполюсников. Ограничения использования классических матриц многополюсников на СВЧ. Волны мощности, матрица рассеяния, физический смысл элементов. Достоинства применения параметров рассеяния на СВЧ. Анализ СВЧ цепей с помощью S-параметров. Свойства матрицы рассеяния для различных классов СВЧ цепей. Взаимные и невзаимные цепи. Симметричные цепи. Активные, пассивные и реактивные цепи. Условия пассивности и реактивности многополюсников и четырехполюсников.	2	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
	Итого	2	
3 Пассивные СВЧ устройства, элементы и их модели	Формулировка задачи узкополосного согласования. Круговая диаграмма Вольперта-Смита, совмещенная ZY-сетка. Трансформация импедансов с помощью сосредоточенных элементов и ЛП. Расчет узкополосных СЦ с помощью круговой диаграммы. Общая формулировка задачи широкополосного согласования. Классификация задач согласования. Применение широкополосных СЦ. Фундаментальные ограничения на допуск согласования. Задача предельного согласования. Предельные соотношения Фано для простых типов нагрузок. Задача оптимального согласования. Построение эквивалентов нагрузок. Методика расчета широкополосных СЦ на основе теории фильтров.	2	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
	Итого	2	

Согласована на портале № 74854

4 Активные СВЧ элементы и их модели	Пассивные элементы СВЧ тракта (согласованные нагрузки, резонаторы, переходы между ЛП, коаксиально-полосковые, волноводно-полосковые и др.). Пассивные СВЧ устройства (вентили, циркуляторы, направленные ответвители, делители и сумматоры мощности). СВЧ фильтры. Общая классификация моделей элементов радиоэлектронных устройств. Физические, компактные и поведенческие модели. Характеристики моделей. Основные этапы построения моделей пассивных элементов СВЧ ГИС и МИС. Измерения и электромагнитное моделирование элементов, тестовые структуры. Модели ЛП, анализ и синтез ЛП. Основные типы неоднородностей в ЛП и их модели. Индуктивные элементы, конденсаторы, полупроводниковые и пленочные резисторы: конструкции и топологии, характеристики, эквивалентные схемы. Пассивные компоненты для поверхностного монтажа ГИС (SMD-компоненты).	2	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
	Итого	2	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
1 семестр			
1 СВЧ линии передачи	Расчет параметров СВЧ линий передачи	2	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
	Итого	2	
2 СВЧ многополюсники и их параметры	Расчет и моделирование параметров СВЧ четырехполюсников	2	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
	Итого	2	
3 Пассивные СВЧ устройства, элементы и их модели	Аналитический расчет и моделирование узкополосных согласующих цепей	2	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
	Расчет и моделирование СВЧ согласующих цепей и фильтров на распределенных элементах	2	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
	Итого	4	

Согласована на портале № 74854

4 Активные СВЧ элементы и их модели	Аналитический расчет и моделирование широкополосных согласующих цепей	2	ОПК-2, ОПК-5
	Итого	2	
Итого за семестр		10	
Итого		10	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
1 семестр			
1 СВЧ линии передачи	Знакомство с САПР СВЧ устройств AWR Microwave Office, моделирование и оптимизация пассивных и активных схем.	4	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
	Моделирование элементов линий передачи.	4	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
	Итого	8	
3 Пассивные СВЧ устройства, элементы и их модели	Моделирование и построение топологии пассивных СВЧ устройств.	4	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
	Итого	4	
4 Активные СВЧ элементы и их модели	Моделирование характеристик СВЧ транзисторов и усилителей	6	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6
	Итого	6	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
1 семестр				

Согласована на портале № 74854

1 СВЧ линии передачи	Подготовка к тестированию	4	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6	Тестирование
	Выполнение расчетной / расчетно-графической работы	12	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6	Расчетная / расчетно-графическая работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	16	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6	Лабораторная работа
	Итого	32		
2 СВЧ многополюсники и их параметры	Подготовка к тестированию	4	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6	Тестирование
	Выполнение расчетной / расчетно-графической работы	12	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6	Расчетная / расчетно-графическая работа
	Итого	16		
3 Пассивные СВЧ устройства, элементы и их модели	Подготовка к тестированию	4	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6	Тестирование
	Выполнение расчетной / расчетно-графической работы	12	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6	Расчетная / расчетно-графическая работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	16	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6	Лабораторная работа
	Итого	32		
4 Активные СВЧ элементы и их модели	Подготовка к тестированию	4	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6	Тестирование
	Выполнение расчетной / расчетно-графической работы	8	ОПК-2, ОПК-5	Расчетная / расчетно-графическая работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	16	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6	Лабораторная работа
	Итого	28		
Итого за семестр		108		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		144		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-2	+	+	+	+	Лабораторная работа, Расчетная / расчетно-графическая работа, Тестирование, Экзамен

Согласована на портале № 74854

ОПК-5	+	+	+	+	Лабораторная работа, Расчетная / расчетно-графическая работа, Тестирование, Экзамен
ОПК-6	+	+	+	+	Лабораторная работа, Расчетная / расчетно-графическая работа, Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	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
1 семестр				
Лабораторная работа	10	10	10	30
Расчетная / расчетно-графическая работа	5	10	10	25
Тестирование	5	5	5	15
Экзамен				30
Итого максимум за период	20	25	25	100
Нарастающим итогом	20	45	70	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	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)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

Согласована на портале № 74854

1. Бабак Л.И., Черкашин М.В. СВЧ линии передач: учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2015, – 54 с. – Режим доступа: для авториз. пользователей [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://new.kcup.tusur.ru/library/svch-linii-peredachi.

2. Черкашин М.В., Бабак Л.И., СВЧ многополюсники: учебное пособие. - Томск: ТУСУР, 2015, - 54 с. - Режим доступа: для авториз. пользователей [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://new.kcup.tusur.ru/library/svch-mnogopoljusniki.

3. Бабак Л.И., Черкашин М.В. Широкополосные согласующие цепи: учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2015, - 28 с. - Режим доступа: для авториз. пользователей [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://new.kcup.tusur.ru/library/shirokopolosnye-soglasujushie-cepi.

4. Воскресенский Д. И. и др. Устройства 3. СВЧ и антенны: Учебник для вузов / под ред. Д.И. Воскресенского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радиотехника. 2006. – 375 с. – ISBN 5-88070-086-0 (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.).

7.2. Дополнительная литература

1. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 1. Основные структуры полупроводниковых интегральных схем: Учебное пособие / М. Н. Романовский - 2012. 123 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1304.

2. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 2. Элементы интегральных схем и функциональные устройства: Учебное пособие / М. Н. Романовский - 2012. 127 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1309.

3. Петров, М. Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем : учебное пособие для вузов / М. Н. Петров, Г. В. Гудков. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-8371-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: для авториз. пользователей. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/175507.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Бабак Л.И., Сальников А.А., Черкашин М.В. СВЧ цепи, элементы и модели: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных, практических и самостоятельной работы студентов. - Томск: ТУСУР. 2015. -28 с. - Режим доступа: для авториз. пользователей [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://new.kcup.tusur.ru/library/svch-cepi-jelementy-i-modeli.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Согласована на портале № 74854

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория САПР: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 321 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Интерактивная доска SmartBOARD;
- Монитор SVGA;
- Монитор 17,0" LG FLATRON L1750SQ SN (10 шт.);
- Проектор LG RD-DX 130;
- ПЭВМ -"PENTIUM-386"- 7;
- Системный блок Intel Cekeron 2.93CHz КС-1 (2 шт.);
- Системный блок Intel Cekeron 2.93CHz КС-3;
- Экран;
- Доска маркерная;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Far Manager;
- Foxit Reader;
- MatLab&SimulinkR2006b;
- Mathcad 13, 14;
- Microsoft EXCEL Viewer;
- Microsoft PowerPoint Viewer;
- Microsoft Word Viewer;
- OpenOffice 4;
- Windows 10 Enterprise;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория САПР: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 321 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Интерактивная доска SmartBOARD;
- Монитор SVGA;
- Монитор 17,0" LG FLATRON L1750SQ SN (10 шт.);
- Проектор LG RD-DX 130;
- ПЭВМ -"PENTIUM-386"- 7;
- Системный блок Intel Cekeron 2.93CHz КС-1 (2 шт.);
- Системный блок Intel Cekeron 2.93CHz КС-3;
- Экран;
- Доска маркерная;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Far Manager;
- Foxit Reader;
- MatLab&SimulinkR2006b;
- Mathcad 13, 14;

Согласована на портале № 74854

- Microsoft EXCEL Viewer;
- Microsoft PowerPoint Viewer;
- Microsoft Word Viewer;
- OpenOffice 4;
- Windows 10 Enterprise;

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)

Согласована на портале № 74854

1 СВЧ линии передачи	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Расчетная / расчетно-графическая работа	Примерный перечень вариантов (заданий) для расчетных / расчетно-графических работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 СВЧ многополюсники и их параметры	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6	Расчетная / расчетно-графическая работа	Примерный перечень вариантов (заданий) для расчетных / расчетно-графических работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Пассивные СВЧ устройства, элементы и их модели	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Расчетная / расчетно-графическая работа	Примерный перечень вариантов (заданий) для расчетных / расчетно-графических работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Активные СВЧ элементы и их модели	ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Расчетная / расчетно-графическая работа	Примерный перечень вариантов (заданий) для расчетных / расчетно-графических работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть

Согласована на портале № 74854

2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Телеграфное уравнение длинной линии (ДЛ) описывает (выберите верное утверждение): а) поведение электромагнитного поля в ДЛ б) процесс передачи мощности от генератора в нагрузку в) распределение напряжения вдоль ДЛ при изменении времени г)

Согласована на портале № 74854

распределение тока вдоль ДЛ при изменении времени д) поведение коэффициента отражения вдоль ДЛ.

2. Выберите первичные параметры однородной длинной линии (ДЛ):
   а) волновое сопротивление ДЛ б) постоянная распространения ДЛ в) погонная емкость г) погонная индуктивность д) погонное сопротивление проводников е) погонная проводимость диэлектрика ж) фазовая скорость волны в ДЛ з) коэффициент фазы и) коэффициент затухания.
3. Выберите вторичные параметры однородной длинной линии (ДЛ):
   а) волновое сопротивление ДЛ б) постоянная распространения ДЛ в) погонная емкость г) погонная
   индуктивность д) погонное сопротивление проводников е) погонная проводимость диэлектрика ж) фазовая скорость волны в ДЛ.
4. Волновое сопротивление идеальной длинной линии (выберите правильное утверждение):
   а) зависит от частоты б) не зависит от частоты в) реактивное г) комплексное д) вещественное.
5. Электрическая длина длинной линии (выберите правильное утверждение):
   а) измеряется в градусах б) измеряется в вольтах в) измеряется в радианах г) показывает, насколько изменяется (запаздывает) фаза волны при прохождении отрезка ДЛ заданной длины д) измеряется в метрах е) показывает отличие скорости электрического колебания в ДЛ от скорости света.
6. Коэффициент отражения по напряжению, в общем случае (выберите верное утверждение):
   а) является комплексной величиной б)является вещественной величиной в) не зависит от частоты сигнала г) зависит от частоты сигнала д) не зависит от волнового сопротивления линии передачи е) зависит от волнового сопротивления линии передачи.
7. Параллельный колебательный контур может быть построен на основе (выберите правильное утверждение):
   а) ХХ отрезка ДЛ с электрической длиной 360о б) ХХ отрезка ДЛ с электрической длиной 180о в) ХХ Отрезка ДЛ с электрической длиной 90 градусов г) КЗ отрезка ДЛ с электрической длиной 360 градусов д) КЗ отрезка ДЛ с электрической длиной 180 градусов е) КЗ отрезка ДЛ с электрической длиной 90 градусов.
8. Последовательный колебательный контур может быть построен на основе: а) ХХ отрезка ДЛ с электрической длиной 360о б) ХХ отрезка ДЛ с электрической длиной 180 градусов в) ХХ Отрезка ДЛ с электрической длиной 90 градусов г) КЗ отрезка ДЛ с электрической длиной 360 градусов д) КЗ отрезка ДЛ с электрической длиной 180 градусов е) КЗ отрезка ДЛ с электрической длиной 90 градусов.
9. Для построения цепи, трансформирующей 100 Ом в 10 Ом достаточно (выберите верное утверждение):
   а) трех реактивных элементов б) двух реактивных элементов в) отрезка ДЛ с электрической длиной 90 градусов г) отрезка ДЛ с электрической длиной 180 градусов.
10. В режиме бегущей волны в длинной линии (ДЛ) (выберите верное утверждение):
    а) отсутствует падающая волна б) отсутствует отраженная волна в) коэффициент отражения равен 0 г) коэффициент отражения равен 1 д) волновое сопротивление ДЛ равно 50 Ом д) передается максимальная мощность от генератора в нагрузку

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. СВЧ линии передачи (ЛП), применения. Представление в виде длинной линии (ДЛ).
2. Телеграфные уравнения в первой (исходной) форме. Физический смысл решения уравнений. Волновые процессы в ДЛ.
3. Постоянная распространения. Волновое сопротивление. Коэффициенты затухания и фазы. Фазовая скорость и длина волны в ЛП. Электрическая длина отрезка ДЛ.
4. Коэффициент отражения. Круговая диаграмма Вольперта-Смита, Z-сетка. Связь импеданса и коэффициента отражения.
5. Режимы бегущих, стоячих и смешанных волн в ДЛ.
6. Расчет согласующей цепи на сосредоточенных элементах на основе применения диаграммы Вольперта-Смита
7. Расчет согласующей цепи на распределенных элементах на основе применения

Согласована на портале № 74854

диаграммы Вольперта-Смита
8. Расчет широкополосных СЦ на основе применения теории фильтров
9. ММ активных элементов СВЧ МИС .
10. Условия комплексно-сопряженного согласования

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Знакомство с САПР СВЧ устройств AWR Microwave Office, моделирование и оптимизация пассивных и активных схем.
2. Моделирование элементов линий передачи.
3. Моделирование и построение топологии пассивных СВЧ устройств.
4. Моделирование характеристик СВЧ транзисторов и усилителей

9.1.4. Примерный перечень вариантов (заданий) для расчетных / расчетно-графических работ

1. Расчет первичных и вторичных параметров ЛП
2. Расчет узкополосной СЦ на сосредоточенных элементах
3. Расчет узкополосной СЦ на распределенных элементах
4. Расчет широкополосной СЦ на сосредоточенных элементах
5. Расчет широкополосной СЦ на распределенных элементах.
6. Расчет входной и выходной СЦ для СВЧ усилителя на основе метода комплексно-сопряженного согласования

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Согласована на портале № 74854

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;
– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 74854

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КСУП
протокол № 8 от « 3 » 2 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. РСС	А.В. Фатеев	Согласовано, 595be322-a579-4ae5-8d93-e5f4ee9ceb7d
Заведующий обеспечивающей каф. КСУП	Ю.А. Шурыгин	Согласовано, 86bee96a-108e-4833-aead-5229de651610
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Старший преподаватель, каф. РСС	Ю.В. Зеленецкая	Согласовано, 1f099a64-e28d-4307-a5f6-d9d92630e045
Доцент, каф. КСУП	Т.Е. Григорьева	Согласовано, d848614c-1d2f-4e32-b86c-1029abc0b2d5

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. КСУП	Л.И. Бабак	Разработано, 64cace1c-326d-4873-860b-d8d724546b6f
Доцент, каф. КСУП	М.В. Черкашин	Разработано, f6a9f90a-ccca-411f-a4cd-bc6a4d4c3de9

Согласована на портале № 74854