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.
«13» _____12_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

НЕЛИНЕЙНЫЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Программируемые радиотехнические устройства**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)**
Курс: **2**
Семестр: **4**
Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	4 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Курсовая работа	18	18	часов
Самостоятельная работа	90	90	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	4
Курсовая работа	4

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 13.12.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 79492

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Изучение фундаментальных особенностей нелинейных элементов и цепей на схемотехнически простых примерах.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение определений линейных и нелинейных цепей в радиотехнике, обзор областей применения нелинейных эффектов в радиотехнике.
2. Изучение основных нелинейных элементов и их характеристик.
3. Изучение функциональных применений нелинейных элементов и схемотехники нелинейных цепей.
4. Изучение параметров и характеристик нелинейных устройств.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.02.
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		
-	-	-
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 79492

ПК-2. Способен выполнять расчет и проектирование радиоэлектронных средств и их составных частей в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-2.1. Знает методы расчёта и проектирования деталей, узлов и устройств радиоэлектронной аппаратуры	Знает определение нелинейных элементов и цепей, их разновидности и основные характеристики. Знает принципы качественного, полуколичественного и количественного анализа нелинейных цепей.
	ПК-2.2. Умеет рассчитывать и проектировать узлы и устройства радиотехнических систем в соответствии с заданным техническим заданием с применением средств автоматизированного проектирования	Умеет синтезировать простые нелинейные цепи по заданным функциональным свойствам и умеет рассчитывать их характеристики.
	ПК-2.3. Владеет навыкам расчёта и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем	Имеет навыки расчета характеристик нелинейных цепей на компьютере.

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 4 зачетных единиц, 144 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
		4 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	54	54
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Курсовая работа	18	18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	90	90
Подготовка к зачету с оценкой	22	22
Подготовка к контрольной работе	24	24
Написание отчета по курсовой работе	24	24
Подготовка к тестированию	4	4
Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения	16	16
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

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

Согласована на портале № 79492

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Курс. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
4 семестр						
1 Введение. Определение нелинейных цепей, обзор областей их применения	4	-	18	17	39	ПК-2
2 Нелинейные элементы и их характеристики	4	6		23	33	ПК-2
3 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей	6	6		25	37	ПК-2
4 Параметры и характеристики нелинейных устройств	4	6		25	35	ПК-2
Итого за семестр	18	18	18	90	144	
Итого	18	18	18	90	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
4 семестр			
1 Введение. Определение нелинейных цепей, обзор областей их применения	Определение линейных и нелинейных цепей. Нелинейные искажения сигналов цепями. Примеры применения нелинейных эффектов в радиотехнике	4	ПК-2
	Итого	4	
2 Нелинейные элементы и их характеристики	Нелинейные емкости и индуктивности. Полупроводниковый диод, его ВАХ, последовательное сопротивление потерь. Нелинейная емкость диода. Нелинейно-инерционные модели диодов и транзисторов.	4	ПК-2
	Итого	4	
3 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей	Диодные детекторы. Умножители частоты на диодах и ДНЗ. Формирование коротких импульсов с помощью ДНЗ. Лавинные диоды и формирователи импульсов на них. Диодные смесители. Нелинейные линии передачи. Параметрические усилители на варикапах. Минималистичная модель транзистора. Элементарные нелинейные цепи на транзисторах. Цепи с положительной и отрицательной обратной связью. Негаторы.	6	ПК-2
	Итого	6	

Согласована на портале № 79492

4 Параметры и характеристики нелинейных устройств	Общее определение нелинейных искажений. Коэффициент гармоник. Точка компрессии. Точки пересечения по гармоникам. Амплитудно-фазовая конверсия. Нелинейные искажения импульсных сигналов. Нелинейно-инерционные модели устройств в целом (поведенческие).	4	ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

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
4 семестр			
2 Нелинейные элементы и их характеристики	Классический метод расчета переходных процессов в линейных электрических цепях.	6	ПК-2
	Итого	6	
3 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей	Операторный метод расчета переходных процессов в линейных электрических цепях.	6	ПК-2
	Итого	6	
4 Параметры и характеристики нелинейных устройств	Применение переходных и импульсных характеристик для расчета переходных процессов в линейных цепях.	6	ПК-2
	Итого	6	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовая работа

Содержание, трудоемкость контактной аудиторной работы и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Содержание контактной аудиторной работы и ее трудоемкость

Содержание контактной аудиторной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр		
Консультации в соответствии с индивидуальным заданием на курсовой проект.	18	ПК-2
Итого за семестр	18	
Итого	18	

Примерная тематика курсовых работ:

1. Выходной каскад УНЧ.

Согласована на портале № 79492

2. Усилительный каскад с ОЭ.
3. Избирательный усилитель.
4. Амплитудный детектор на операционных усилителях.
5. Влияние отрицательной обратной связи на величину входного и выходного сопротивлений усилителя.
6. Измерение характеристик биполярного транзистора 2N6488G и расчет его SPICE-параметров.
7. Измерение характеристик биполярного транзистора BC546B и расчет его SPICE-параметров.
8. Измерение характеристик диода S2M и расчет его SPICE-параметров.
9. Измерение характеристик биполярного транзистора MJE15034G и расчет его SPICE-параметров.

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
4 семестр				
1 Введение. Определение нелинейных цепей, обзор областей их применения	Подготовка к зачету с оценкой	4	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	6	ПК-2	Контрольная работа
	Написание отчета по курсовой работе	6	ПК-2	Курсовая работа, Отчет по курсовой работе
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2	Тестирование
	Итого	17		
2 Нелинейные элементы и их характеристики	Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения	4	ПК-2	Задачи и упражнения
	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Написание отчета по курсовой работе	6	ПК-2	Курсовая работа, Отчет по курсовой работе
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	6	ПК-2	Контрольная работа
	Итого	23		

Согласована на портале № 79492

3 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей	Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения	6	ПК-2	Задачи и упражнения
	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	6	ПК-2	Контрольная работа
	Написание отчета по курсовой работе	6	ПК-2	Курсовая работа, Отчет по курсовой работе
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2	Тестирование
	Итого	25		
4 Параметры и характеристики нелинейных устройств	Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения	6	ПК-2	Задачи и упражнения
	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	6	ПК-2	Контрольная работа
	Написание отчета по курсовой работе	6	ПК-2	Курсовая работа, Отчет по курсовой работе
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2	Тестирование
	Итого	25		
Итого за семестр		90		
Итого		90		

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий 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.	Курс. раб.	Сам. раб.	
ПК-2	+	+	+	+	Задачи и упражнения, Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Курсовая работа, Отчет по курсовой работе, Тестирование

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

Согласована на портале № 79492

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
4 семестр				
Зачёт с оценкой	0	0	10	10
Контрольная работа	15	15	10	40
Тестирование	5	3	2	10
Задачи и упражнения	15	15	10	40
Итого максимум за период	35	33	32	100
Нарастающим итогом	35	68	100	100

Балльные оценки для курсовой работы представлены в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 – Балльные оценки для курсовой работы

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
4 семестр				
Отчет по курсовой работе	0	0	100	100
Итого максимум за период			100	100
Нарастающим итогом			100	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

Согласована на портале № 79492

7.1. Основная литература

1. Алдошин, Г. Т. Теория линейных и нелинейных колебаний : учебное пособие / Г. Т. Алдошин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 320 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/168476.
2. Данилов, Лев Владимирович. Теория нелинейных электрических цепей : научное издание / Л. В. Данилов, П. Н. Матханов, Е. С. Филиппов. - Л. : Энергоатомиздат, 1990. - 251[5] с. : ил. - Библиогр.: с. 247-249. (наличие в библиотеке ТУСУР - 33 экз.).

7.2. Дополнительная литература

1. Андреев, Вадим Сергеевич. Теория нелинейных электрических цепей : Учебное пособие для вузов / В. С. Андреев. - М. : Радио и связь, 1982. - 279[2] с. : ил. - Библиогр.: с. 278. - 00.85 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 44 экз.).

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Моделирование переходных процессов в линейных и нелинейных электрических цепях : учебно-методическое пособие / Е. А. Карпов, В. Н. Тимофеев, Ю. С. Перфильев [и др.]. — Красноярск : СФУ, 2019. — 190 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/157730.
2. НЕЛИНЕЙНЫЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ: Методические указания по выполнению курсовой работы / Г. М. Шевченко - 2024. 47 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10964.

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

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

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 "Центр магистерской подготовки" / "Центр технологий National Instruments":

Согласована на портале № 79492

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 416 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная;
- Коммутатор D-Link Switch 24 port;
- Экран с электроприводом DRAPER BARONET;
- Мультимедийный проектор;
- Генератор Г5-78;
- Генератор ГСС- 120;
- Генератор ГСС- 80;
- Измеритель иммитанса МНИПИ Е7-24;
- Измерительный комплекс;
- Комплект универсальных программируемых приемопередатчиков;
- Компьютер С540 (2 шт.);
- Ноутбук LIREBOOK AH532 (3 шт.);
- Ноутбук Fujisu;
- Компьютер intant i3001 (3 шт.);
- Осциллограф DS-1250C;
- Цифровой осциллограф GDS-810C;
- Цифровой комплекс учебно-научных лабораторий ГПО;
- Цифровой мультиметр;
- Сетевой адаптер (2шт.);
- Мультиметр цифровой АРРА 82;
- Установка для исследования нелинейных объектов при короткоимпульсном воздействии (1 шт.);
- Лабораторные макеты для исследования приёмопередающих модулей СВЧ (5 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- AWR Design Environment;
- Adobe Reader;
- National Instruments LabVIEW;

Лаборатория "Центр магистерской подготовки" / "Центр технологий National Instruments": учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 416 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная;
- Коммутатор D-Link Switch 24 port;
- Экран с электроприводом DRAPER BARONET;
- Мультимедийный проектор;
- Генератор Г5-78;
- Генератор ГСС- 120;
- Генератор ГСС- 80;
- Измеритель иммитанса МНИПИ Е7-24;
- Измерительный комплекс;
- Комплект универсальных программируемых приемопередатчиков;
- Компьютер С540 (2 шт.);
- Ноутбук LIREBOOK AH532 (3 шт.);
- Ноутбук Fujisu;
- Компьютер intant i3001 (3 шт.);
- Осциллограф DS-1250C;
- Цифровой осциллограф GDS-810C;
- Цифровой комплекс учебно-научных лабораторий ГПО;
- Цифровой мультиметр;

Согласована на портале № 79492

- Сетевой адаптер (2шт.);
- Мультиметр цифровой АРРА 82;
- Установка для исследования нелинейных объектов при короткоимпульсном воздействии (1 шт.);
- Лабораторные макеты для исследования приёмопередающих модулей СВЧ (5 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- AWR Design Environment;
- Adobe Reader;
- National Instruments LabVIEW;

Лаборатория "Центр магистерской подготовки" / "Центр технологий National Instruments": учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 416 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Доска магнитно-маркерная;
- Коммутатор D-Link Switch 24 port;
- Экран с электроприводом DRAPER BARONET;
- Мультимедийный проектор;
- Генератор Г5-78;
- Генератор ГСС- 120;
- Генератор ГСС- 80;
- Измеритель иммитанса МНИПИ Е7-24;
- Измерительный комплекс;
- Комплект универсальных программируемых приемопередатчиков;
- Компьютер С540 (2 шт.);
- Ноутбук LIREBOOK AH532 (3 шт.);
- Ноутбук Fujisu;
- Компьютер intant i3001 (3 шт.);
- Осциллограф DS-1250C;
- Цифровой осциллограф GDS-810C;
- Цифровой комплекс учебно-научных лабораторий ГПО;
- Цифровой мультиметр;
- Сетевой адаптер (2шт.);
- Мультиметр цифровой АРРА 82;
- Установка для исследования нелинейных объектов при короткоимпульсном воздействии (1 шт.);
- Лабораторные макеты для исследования приёмопередающих модулей СВЧ (5 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- AWR Design Environment;
- Adobe Reader;
- National Instruments LabVIEW;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для курсовой работы

Лаборатория "Центр магистерской подготовки" / "Центр технологий National Instruments": учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 416 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Доска магнитно-маркерная;
- Коммутатор D-Link Switch 24 port;
- Экран с электроприводом DRAPER BARONET;

Согласована на портале № 79492

- Мультимедийный проектор;
- Генератор Г5-78;
- Генератор ГСС- 120;
- Генератор ГСС- 80;
- Измеритель иммитанса МНИПИ Е7-24;
- Измерительный комплекс;
- Комплект универсальных программируемых приемопередатчиков;
- Компьютер С540 (2 шт.);
- Ноутбук LIREBOOK AH532 (3 шт.);
- Ноутбук Fujisu;
- Компьютер intant i3001 (3 шт.);
- Осциллограф DS-1250C;
- Цифровой осциллограф GDS-810C;
- Цифровой комплекс учебно-научных лабораторий ГПО;
- Цифровой мультиметр;
- Сетевой адаптер (2шт.);
- Мультиметр цифровой АРРА 82;
- Установка для исследования нелинейных объектов при короткоимпульсном воздействии (1 шт.);
- Лабораторные макеты для исследования приёмопередающих модулей СВЧ (5 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Adobe Reader;
- National Instruments LabVIEW;

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

Согласована на портале № 79492

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)
1 Введение. Определение нелинейных цепей, обзор областей их применения	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Отчет по курсовой работе	Примерный перечень тематик курсовых работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Нелинейные элементы и их характеристики	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Отчет по курсовой работе	Примерный перечень тематик курсовых работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Задачи и упражнения	Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений

Согласована на портале № 79492

3 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Отчет по курсовой работе	Примерный перечень тематик курсовых работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Задачи и упражнения	Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений
4 Параметры и характеристики нелинейных устройств	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Отчет по курсовой работе	Примерный перечень тематик курсовых работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Задачи и упражнения	Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений

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
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

Согласована на портале № 79492

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. Линейная цепь в радиотехнике описывается уравнением:
   а) y = a x, где a - скаляр;
   б) y = a x, где a - вектор;
   в) y = A x, где A - произвольная матрица;
   г) y = A x, где A - циркулянт.
2. Нелинейные искажения сигналов цепями в принципе определяются:
   а) по появлению высших гармоник в спектре сигнала;
   б) по появлению комбинационных частот в спектре сигнала;
   в) по появлению любых новых частот в спектре сигнала;
   г) по отличию отклика объекта от отклика линеаризованной модели объекта.
3. Усилитель – это линейная цепь или нелинейная?
   а) линейная;
   б) нелинейная;
   в) линейная по направлению от входа к выходу и нелинейная по направлению от источника питания к выходу;

Согласована на портале № 79492

г) линейная по направлению от источника питания к выходу и нелинейная по направлению от входа к выходу.

4. Смеситель в преобразователе частоты работает как:
   а) сумматор;
   б) вычитатель;
   в) перемножитель;
   г) делитель.
5. Умножитель частоты вдвое работает как:
   а) схема возведения в квадрат;
   б) схема умножения на два;
   в) резонансный контур, настроенный на частоту вдвое больше входного сигнала;
   г) триггер, на счетный вход которого подается входной сигнал.
6. Какая формула неправильно описывает работу конденсатора как нелинейного элемента?
   а) $q = C(q)\ u$;
   б) $q = C(u)\ u$;
   в) $i = C(u)\ du/dt$;
   г) $dq/dt = C(u)\ du/dt$.
7. Диффузионная емкость p-n-перехода проявляет нелинейные свойства?
   а) нет;
   б) диффузионный заряд линейно зависит от тока электропроводности и нелинейно от напряжения на p-n-переходе;
   в) диффузионный заряд линейно зависит от напряжения на p-n-переходе и нелинейно от тока электропроводности;
   г) диффузионный заряд нелинейно зависит от напряжения на p-n-переходе и нелинейно от тока электропроводности..
8. Диодный детектор в режиме малого сигнала работает как:
   а) пиковый;
   б) квазипиковый;
   в) детектор среднеквадратического значения;
   г) детектор средневыпрямленного значения.
9. Диод с накоплением заряда проявляет свои функциональные свойства:
   а) при переходе из закрытого состояния в открытое;
   б) при переходе из открытого состояния в закрытое.
   в) при изменении величины прямого смещения;
   г) при измерении величины обратного смещения.
10. Основное отличие балансного смесителя состоит в том, что:
    а) исключается прямая передача сигнала с одного из входов на выход;
    б) исключается передача сигнала с выхода смесителя на его вход;
    в) входы смесителя выполняются симметричными (парафазными);
    г) устройство содержит два смесителя, работающие в квадратуре.
11. Для работы варикапа в режиме усиления необходимо:
    а) уменьшать емкость в момент максимума модуля накопленного заряда;
    б) увеличивать емкость в момент максимума модуля накопленного заряда;
    в) уменьшать емкость в момент минимума модуля накопленного заряда;
    г) увеличивать емкость в момент минимума модуля накопленного заряда.
12. Негатор - это:
    а) цепь с положительной обратной связью;
    б) цепь с отрицательной обратной связью;
    в) усилитель-инвертор;
    г) цепь с прямой связью, в которой инвертируется сигнал.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Определение линейной цепи в радиотехнике.
2. Определение нелинейной цепи в радиотехнике.
3. Общий принцип определения нелинейных искажений сигналов цепями.
4. Перечень областей применения нелинейных эффектов в радиотехнике.
5. Усилитель – это линейная цепь или нелинейная?

Согласована на портале № 79492

6. Принцип преобразования частоты в радиотехнике.
7. Принцип умножения частоты.
8. Принцип действия генераторов. Это линейный узел или нелинейный?
9. Конденсатор (емкость) как нелинейный элемент.
10. Индуктивность как нелинейный элемент.
11. Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода.
12. Нелинейные емкостные свойства полупроводникового диода.
13. Диффузионная емкость p-n-перехода. Это линейный эффект или нелинейный?
14. Нелинейно-инерционная модель Эберса-Мола для биполярного транзистора.
15. JFET и их модель.
16. Нелинейно-инерционная модель Гуммеля-Пуна для биполярного транзистора.
17. MOSFET и их модель.
18. Диодные детекторы.
19. Формирователи импульсов на ДНЗ.
20. Диодные умножители частоты.
21. S-диоды и их применение для формирования импульсов.
22. Диодные смесители.
23. Нелинейные линии передачи.
24. Усилители на варикапах (параметрические).
25. Транзисторные смесители.
26. Минималистичная модель транзистора.
27. Отрицательные обратные связи в транзисторных схемах.
28. Положительные обратные связи в транзисторных схемах.
29. Нелинейные искажения сигналов в простейших транзисторных схемах.
30. Цепи с отрицательными значениями сопротивления и реактанса. Негаторы.
31. Цепи умножения добротности.

9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты курсовой работы

1. Какие SPICE - параметры находятся из вольт-амперной характеристики p-n- перехода?
2. Какие SPICE - параметры находятся из вольт-фарадной характеристики p-n- перехода?
3. Какие цепи являются линейными в радиотехнике?
4. Какие цепи являются нелинейными в радиотехнике?
5. Где применяются нелинейные эффекты в радиотехнике?
6. Эквивалентная схема диода.
7. Эквивалента схема транзистора.
8. Характеристики нелинейных элементов.
9. Анализ избирательных цепей (амплитудно-частотная и импульсная характеристики избирательных цепей).
10. Предназначение обратной связи в схемотехнике радиотехнических цепей.
11. Виды обратных связей.
12. Параметры и характеристики нелинейных устройств.
13. Принцип работы избирательного усилителя.
14. Расчет вольт-амперной характеристики.
15. Расчет вольт-фарадной характеристики.
16. Определение коэффициента неидеальности.
17. Выбор положения рабочей точки транзистора в режиме покоя.
18. Нагрузочные прямые постоянного и переменного тока.

9.1.4. Примерный перечень тематик курсовых работ

1. Выходной каскад УНЧ.
2. Усилительный каскад с ОЭ.
3. Избирательный усилитель.
4. Амплитудный детектор на операционных усилителях.
5. Влияние отрицательной обратной связи на величину входного и выходного сопротивлений усилителя.
6. Измерение характеристик биполярного транзистора 2N6488G и расчет его SPICE-параметров.

Согласована на портале № 79492

7. Измерение характеристик биполярного транзистора BC546B и расчет его SPICE-параметров.
8. Измерение характеристик диода S2M и расчет его SPICE-параметров.
9. Измерение характеристик биполярного транзистора MJE15034G и расчет его SPICE-параметров.

9.1.5. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Определение линейной цепи в радиотехнике.
2. Определение нелинейной цепи в радиотехнике.
3. Общий принцип определения нелинейных искажений сигналов цепями.
4. Перечень областей применения нелинейных эффектов в радиотехнике.
5. Усилитель – это линейная цепь или нелинейная?
6. Принцип преобразования частоты в радиотехнике.
7. Принцип умножения частоты.
8. Принцип действия генераторов. Это линейный узел или нелинейный?
9. Конденсатор (емкость) как нелинейный элемент.
10. Индуктивность как нелинейный элемент.
11. Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода.
12. Нелинейные емкостные свойства полупроводникового диода.
13. Диффузионная емкость p-n-перехода. Это линейный эффект или нелинейный?
14. Нелинейно-инерционная модель Эберса-Мола для биполярного транзистора.
15. JFET и их модель.
16. Нелинейно-инерционная модель Гуммеля-Пуна для биполярного транзистора.
17. MOSFET и их модель.
18. Диодные детекторы.
19. Формирователи импульсов на ДНЗ.
20. Диодные умножители частоты.
21. S-диоды и их применение для формирования импульсов.
22. Диодные смесители.
23. Нелинейные линии передачи.
24. Усилители на варикапах (параметрические).
25. Транзисторные смесители.
26. Минималистичная модель транзистора.
27. Отрицательные обратные связи в транзисторных схемах.
28. Положительные обратные связи в транзисторных схемах.
29. Нелинейные искажения сигналов в простейших транзисторных схемах.
30. Цепи с отрицательными значениями сопротивления и реактанса. Негаторы.
31. Цепи умножения добротности.

9.1.6. Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений

1. Расчет простейших нелинейных цепей по постоянному току.
2. Рекурсивный расчет нелинейной RC-цепи.
3. Расчет формирователя импульсов на диоде с накоплением заряда.
4. Расчет параметрического усилителя.
5. Расчет схемы с положительной обратной связью.

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

Согласована на портале № 79492

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

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:

Согласована на портале № 79492

– 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 № 79492

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РСС
протокол № 4 от «23» 11 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ТОР	Е.В. Рогожников	Согласовано, b84f9d06-d731-4645-a26c-4b95ce5bb9b9
Заведующий обеспечивающей каф. РСС	А.В. Фатеев	Согласовано, 595be322-a579-4ae5-8d93-e5f4ee9ceb7d
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ТОР	Д.А. Покаместов	Согласовано, 7d7b7be3-ee63-4218-8302-48c017e45ea9
Заведующий кафедрой, каф. РСС	А.В. Фатеев	Согласовано, 595be322-a579-4ae5-8d93-e5f4ee9ceb7d

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. РСС	Э.В. Семенов	Разработано, 939a637f-4814-47d4-a9c2-785d44cc0e9d
Ассистент, каф. РСС	Г.М. Шевченко	Разработано, c378a159-b41a-4bb9-a2bf-62c3b9663b37

Согласована на портале № 79492