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: **заочная**
Кафедра: **телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)**
Курс: **2, 3**
Семестр: **4, 5**
Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	4 семестр	5 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	4		4	часов
Практические занятия	2	4	6	часов
Курсовая работа	2	2	4	часов
Самостоятельная работа	28	96	124	часов
Контрольные работы		2	2	часов
Подготовка и сдача зачета		4	4	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	36	108	144	часов
			4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр	Количество
Зачет с оценкой	5	
Курсовая работа	5	
Контрольные работы	5	1

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 № 80750

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.01.02.
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 № 80750

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	5 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	16	8	8
Лекционные занятия	4	4	
Практические занятия	6	2	4
Курсовая работа	4	2	2
Контрольные работы	2		2
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	124	28	96
Подготовка к тестированию	52	28	24
Подготовка к зачету с оценкой	24		24
Подготовка к контрольной работе	24		24
Написание отчета по курсовой работе	24		24
Подготовка и сдача зачета	4		4
Общая трудоемкость (в часах)	144	36	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	1	3

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 № 80750

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	1	-	2	7	10	ПК-2
2 Нелинейные элементы и их характеристики	1	2		7	10	ПК-2
3 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей	1	-		7	8	ПК-2
4 Параметры и характеристики нелинейных устройств	1	-		7	8	ПК-2
Итого за семестр	4	2	2	28	36	
5 семестр						
5 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей	-	-	2	48	52	ПК-2
6 Параметры и характеристики нелинейных устройств	-	4		48	52	ПК-2
Итого за семестр	0	4	2	96	102	
Итого	4	6	4	124	138	

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.	1	ПК-2
	Итого	1	
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.	1	ПК-2
	Итого	1	

Согласована на портале № 80750

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.	1	ПК-2
	Итого	1	
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).	1	ПК-2
	Итого	1	
Итого за семестр		4	
5 семестр			
5 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей	Закрепление лекционного материала и решение задач по схемотехнике нелинейных цепей.	-	ПК-2
	Итого	-	
6 Параметры и характеристики нелинейных устройств	Закрепление лекционного материала и решение задач по характеристикам нелинейных цепей.	-	ПК-2
	Итого	-	
Итого за семестр		-	
Итого		4	

5.3. Контрольные работы

Виды контрольных работ и часы на контрольные работы приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Контрольные работы

№ п.п.	Виды контрольных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
1	Контрольная работа	2	ПК-2
Итого за семестр		2	
Итого		2	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Практические занятия (семинары)

Согласована на портале № 80750

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.5.

Таблица 5.5. – 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.	2	ПК-2
	Итого	2	
Итого за семестр		2	
5 семестр			
6 Параметры и характеристики нелинейных устройств	Операторный метод расчета переходных процессов в линейных электрических цепях.	2	ПК-2
	Применение переходных и импульсных характеристик для расчета переходных процессов в линейных цепях.	2	ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		4	
Итого		6	

5.6. Курсовая работа

Содержание самостоятельной работы и ее трудоемкость, а также формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Содержание самостоятельной работы и ее трудоемкость в рамках выполнения курсовой работы

Содержание самостоятельной работы в рамках выполнения курсовой работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр		
Консультации в соответствии с индивидуальным заданием на курсовую работу.	2	ПК-2
Итого за семестр	2	
5 семестр		
Консультации в соответствии с индивидуальным заданием на курсовую работу.	2	ПК-2
Итого за семестр	2	
Итого	4	

Примерная тематика 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.
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-

Согласована на портале № 80750

параметров.

5.7. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7. – 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 тестированию	7	ПК-2	Тестирование
	Итого	7		
2 Нелинейные элементы и их характеристики	Подготовка к тестированию	7	ПК-2	Тестирование
	Итого	7		
3 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей	Подготовка к тестированию	7	ПК-2	Тестирование
	Итого	7		
4 Параметры и характеристики нелинейных устройств	Подготовка к тестированию	7	ПК-2	Тестирование
	Итого	7		
	Итого за семестр	28		
5 семестр				
5 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей	Подготовка к зачету с оценкой	12	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	12	ПК-2	Контрольная работа
	Написание отчета по курсовой работе	12	ПК-2	Курсовая работа, Отчет по курсовой работе
	Подготовка к тестированию	12	ПК-2	Тестирование
	Итого	48		
6 Параметры и характеристики нелинейных устройств	Подготовка к зачету с оценкой	12	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	12	ПК-2	Контрольная работа
	Написание отчета по курсовой работе	12	ПК-2	Курсовая работа, Отчет по курсовой работе
	Подготовка к тестированию	12	ПК-2	Тестирование
	Итого	48		

Согласована на портале № 80750

Итого за семестр		96		
	Подготовка и сдача зачета	4		Зачет с оценкой
Итого		128		

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – 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	+	+	+	+	Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Курсовая работа, Отчет по курсовой работе, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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 с. (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 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 44 экз.).

2. Цифровые и аналоговые быстродействующие устройства: Курс лекций / Б. И. Авдоченко - 2007. 165 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/954.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. 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.

2. 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.

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:

Согласована на портале № 80750

– 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": 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;

Согласована на портале № 80750

- 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;

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 APPA 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 APPA 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.

Согласована на портале № 80750

Описание имеющегося оборудования:
- Доска магнитно-маркерная;
- Генератор импульсов АКИП-3308/1;
- Экран с электроприводом DRAPER BARONET;
- Мультимедийный проектор;
- Измерительмодуля коэфиц. передачи отражR2M-04;
- Источник питания постоянного тока GPS-4303;
- Компактный коммутатор D-Link 24 порта;
- Измеритель иммитанса МНИПИ Е7-24;
- Измерительный комплекс;
- Комплект универсальных программируемых приемопередатчиков;
- Програмно-аппаратный комплекс на базе PXI;
- Ноутбук LIREBOOK AH532 (2 шт.);
- Осциллограф-стробоскоп USB АКИП-4132/1;
- Генератор сигналов DG5102,RIGOL;
- Осциллограф DS-1150C (5шт.)
- Цифровой осциллограф GDS-810C(2шт.);
- Цифровой комплекс учебно-научных лаборат. ГПО;
- Генератор сигналов АКИП-3428/3
- Системный блок Intant A3280 (9шт.);
- МониторAser 23.8"IPS(9шт.);
- Генератор сигналов HANTEK HDG6202B;
- Рабочее место слесаря сборщика РМ-4315;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- AWR Design Environment;
- 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

Согласована на портале № 80750

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)
1 Введение. Определение нелинейных цепей, обзор областей их применения	ПК-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Нелинейные элементы и их характеристики	ПК-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей	ПК-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Параметры и характеристики нелинейных устройств	ПК-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 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
6 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

Согласована на портале № 80750

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
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.

Согласована на портале № 80750

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;
   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.

Согласована на портале № 80750

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?
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?

Согласована на портале № 80750

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.
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.

Согласована на портале № 80750

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.

9.2. 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

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

Согласована на портале № 80750

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 № 80750

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 № 80750