

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 учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

НЕЛИНЕЙНЫЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **11.03.01 Радиотехника**

Направленность (профиль) / специализация: **Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**

Кафедра: **Кафедра радиоэлектроники и систем связи (РСС)**

Курс: **2**

Семестр: **4**

Учебный план набора 2020 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 | 144 | 144 | часов |
| (включая промежуточную аттестацию) | 4 | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет с оценкой | 4 |
| Курсовая работа | 4 |

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).

Индекс дисциплины: Б1.В.02.01.

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 | | |
| ПКР-1. Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ | ПКР-1.1. Умеет строить физические и математические модели модулей, узлов, блоков радиотехнических устройств и систем. | Умеет синтезировать простые нелинейные цепи по заданным функциональным свойствам и умеет рассчитывать их характеристики. |
| | ПКР-1.2. Владеет навыками компьютерного моделирования. | 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

| 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 | 2 | 18 | 17 | 41 | ПКР-1 |
| 2 Нелинейные элементы и их характеристики | 4 | 4 | | 23 | 49 | ПКР-1 |
| 3 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей | 6 | 8 | | 25 | 57 | ПКР-1 |
| 4 Параметры и характеристики нелинейных устройств | 4 | 4 | | 25 | 51 | ПКР-1 |
| 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 | ПКР-1 |
| | 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 | ПКР-1 |
| | 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 | ПКР-1 |
| | Итого | 6 | |
| 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 | ПКР-1 |
| | 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 | | | |
| 1 Введение. Определение нелинейных цепей, обзор областей их применения | Краткий обзор пройденного в теории цепей и электронике. | 2 | ПКР-1 |
| | Итого | 2 | |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|
| 2 Нелинейные элементы и их характеристики | Простейшие нелинейные элементы и их свойства в нелинейных цепях. Численный расчет нелинейных цепей по постоянному току. | 4 | ПКР-1 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей | Простейшие диодные схемы. Детекторы и смесители. | 2 | ПКР-1 |
| | Умножители частоты и формирователи импульсов на диодах. | 2 | ПКР-1 |
| | Простейшие транзисторные нелинейные цепи. Отрицательная и положительная обратная связь. Негаторы. | 4 | ПКР-1 |
| | Итого | 8 | |
| 4 Параметры и характеристики нелинейных устройств | Амплитудные характеристики по первой и высшим гармоникам. Точки компрессии и пересечения. | 4 | ПКР-1 |
| | Итого | 4 | |
| 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 | ПКР-1 |
| Итого за семестр | 18 | |
| Итого | 18 | |

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-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 | ПКР-1 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к контрольной работе | 6 | ПКР-1 | Контрольная работа |
| | Написание отчета по курсовой работе | 6 | ПКР-1 | Курсовая работа, Отчет по курсовой работе |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПКР-1 | Тестирование |
| | Итого | 17 | | |
| 2 Нелинейные элементы и их характеристики | Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения | 4 | ПКР-1 | Задачи и упражнения |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 6 | ПКР-1 | Зачёт с оценкой |
| | Написание отчета по курсовой работе | 6 | ПКР-1 | Курсовая работа, Отчет по курсовой работе |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПКР-1 | Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 6 | ПКР-1 | Контрольная работа |
| | Итого | 23 | | |
| 3 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей | Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения | 6 | ПКР-1 | Задачи и упражнения |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 6 | ПКР-1 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к контрольной работе | 6 | ПКР-1 | Контрольная работа |
| | Написание отчета по курсовой работе | 6 | ПКР-1 | Курсовая работа, Отчет по курсовой работе |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПКР-1 | Тестирование |
| | Итого | 25 | | |

| | | | | |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----|-------|-------------------------------------------|
| 4 Параметры и характеристики нелинейных устройств | Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения | 6 | ПКР-1 | Задачи и упражнения |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 6 | ПКР-1 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к контрольной работе | 6 | ПКР-1 | Контрольная работа |
| | Написание отчета по курсовой работе | 6 | ПКР-1 | Курсовая работа, Отчет по курсовой работе |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПКР-1 | Тестирование |
| | Итого | 25 | | |
| Итого за семестр | | 90 | | |
| Итого | | 90 | | |

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. | Курс. раб. | Сам. раб. | |
| ПКР-1 | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Отчет по курсовой работе, Курсовая работа, Тестирование, Задачи и упражнения |

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 |
|--------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|
| 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 | А (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 – 89 | В (очень хорошо) |
| | 75 – 84 | С (хорошо) |
| | 70 – 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 – 69 | E (посредственно) |
| | 60 – 64 | |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

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. — ISBN 978-5-8114-1460-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: для авториз. пользователей. [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. - ISBN 5-283-04433-5 : 01.10 р. (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.).

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. 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. — ISBN 978-5-7638-4081-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/157730>.

2. Ткачук, А. А. Резонанс в цепи переменного тока с нелинейной индуктивностью (феррорезонанс) / А. А. Ткачук. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2017. — 12 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93827>.

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

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 АН532 (3 шт.);
 - Ноутбук Fujitsu;
 - Компьютер intant i3001 (3 шт.);
 - Осциллограф DS-1250С;
 - Цифровой осциллограф GDS-810С;
 - 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 АН532 (3 шт.);
 - Ноутбук Fujitsu;
 - Компьютер intant i3001 (3 шт.);
 - Осциллограф DS-1250С;
 - Цифровой осциллограф GDS-810С;
 - 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.

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 АН532 (3 шт.);
 - Ноутбук Fujitsu;
 - Компьютер intant i3001 (3 шт.);
 - Осциллограф DS-1250С;
 - Цифровой осциллограф GDS-810С;
 - 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;

8.4. 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, 201 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) |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Введение. Определение нелинейных цепей, обзор областей их применения | ПКР-1 | 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 | ПКР-1 | 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 |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 Функциональные применения нелинейных элементов. Схемотехника нелинейных цепей | ПКР-1 | 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 | ПКР-1 | 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 |

| | | | | |
|-------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 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

- Линейная цепь в радиотехнике описывается уравнением:
 - $y = a x$, где a - скаляр;
 - $y = A x$, где A - произвольная матрица;
 - $y = A x$, где A - циркулянт.
- Нелинейные искажения сигналов цепями в принципе определяются:
 - по появлению высших гармоник в спектре сигнала;
 - по появлению новых частот в спектре сигнала;
 - по отличию отклика объекта от отклика линеаризованной модели объекта.
- Усилитель – это линейная цепь или нелинейная?
 - линейная;
 - нелинейная;
 - линейная по направлению от входа к выходу и нелинейная по направлению от источника питания к выходу;
 - 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) перемножитель;
 - в) делитель.
5. Умножитель частоты вдвое работает как:
 - а) схема возведения в квадрат;
 - б) схема умножения на два.
6. Какая формула неправильно описывает работу конденсатора как нелинейного элемента?
 - а) $q = C(q) u$;
 - б) $q = C(u) u$;
 - в) $i = C(u) du/dt$.
7. Диффузионная емкость р-п-перехода проявляет нелинейные свойства?
 - а) нет;
 - б) диффузионный заряд линейно зависит от тока электропроводности и нелинейно от напряжения на р-п-переходе;
 - в) диффузионный заряд линейно зависит от напряжения на р-п-переходе и нелинейно от тока электропроводности.
8. Диодный детектор в режиме малого сигнала работает как:
 - а) пиковый;
 - б) детектор среднеквадратического значения;
 - в) 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.
10. Основное отличие балансного смесителя состоит в том, что:
 - а) исключается прямая передача сигнала с одного из входов на выход;
 - б) входы смесителя выполняются симметричными (парафазными);
 - в) 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.
12. Негаторы - это:
 - а) цепь с положительной обратной связью;
 - б) цепь с отрицательной обратной связью.

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 р-п-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. Эквивалентная 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 р-п-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 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 9.2.

Таблица 9.2 – 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:

- 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.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РСС
протокол № 4 от «28» 11 2019 г.

СОГЛАСОВАНО:

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------|
| Заведующий выпускающей каф. РСС | А.В. Фатеев | Согласовано, 595be322-a579-4ae5- 8d93-e5f4ee9ceb7d |
| Заведующий обеспечивающей каф. РСС | А.В. Фатеев | Согласовано, 595be322-a579-4ae5- 8d93-e5f4ee9ceb7d |
| Начальник учебного управления | Е.В. Саврук | Согласовано, fa63922b-1fce-4aba- 845d-9ce7670b004c |

ЭКСПЕРТЫ:

| | | |
|---------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------|
| Старший преподаватель, каф. РСС | Ю.В. Зеленецкая | Согласовано, 1f099a64-e28d-4307- a5f6-d9d92630e045 |
| 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 |