

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
электроники

Усков Г.К.

31.01.2024г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.04.02 Нелинейные преобразования сигналов в передающих
трактах радиоаппаратуры

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.04.03 Радиофизика

2. Профиль подготовки/специализация:

Системы телекоммуникаций и радиоэлектронной борьбы

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: электроники

6. Составители программы:

Аверина Л. И., доктор физико-математических наук, профессор

7. Рекомендована:

НМС физического факультета 30.08.2021, № протокола: 8

8. Учебный год: 2025/2026

Семестр(ы): 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цели и задачи курса заключаются в изложении теоретических и практических основ теории электромагнитной совместимости различных радиоэлектронных средств, подготовке студентов к применению полученных знаний для моделирования работы устройств в различных сигнально-помеховых ситуациях.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина является курсом по выбору в части, формируемой участниками образовательных отношений. Для успешного освоения её теоретической части студенты должны знать основы радиоэлектроники, владеть аппаратом нелинейного анализа, теории цепей и сигналов. Для освоения практических методов дисциплины студенты должны уметь использовать математические пакеты прикладных программ и пакеты схемотехнического моделирования радиоэлектронных устройств.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

| Код | Название компетенции | Код(ы) | Индикатор(ы) | Планируемые результаты обучения |
|------|---|------------------|---|---|
| ПК-1 | Способен принимать участие в разработке и научных исследованиях систем связи и телекоммуникаций | ПК-1.1 ПК-1.3 | Владеет фундаментальными знаниями в области систем связи и телекоммуникаций. Проводит анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации | Знать: принципы работы приёмо-передающих радиоэлектронных устройств систем связи, определения и методы расчёта основных параметров и характеристик электромагнитной совместимости данных модулей и их физическую сущность Уметь: рассчитывать основные параметры и характеристики электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств в современных САПР Владеть: методологическим аппаратом проведения экспериментальных измерений основных параметров и характеристик электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств |

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.

Форма промежуточной аттестации *зачет*.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

| Вид учебной работы | Трудоемкость | | | |
|--|--------------|--------------|------------|-----|
| | Всего | По семестрам | | |
| | | 3 | № семестра | ... |
| Аудиторные занятия | 38 | 38 | | |
| в том числе: | лекции | 26 | 26 | |
| | практические | 12 | 12 | |
| | лабораторные | | | |
| Самостоятельная работа | 34 | 34 | | |
| в том числе: курсовая работа (проект) | | | | |
| Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.) | | | | |
| Итого: | 72 | 72 | | |

13.1. Содержание дисциплины

| п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела дисциплины |
|--------------------------------|--|---|
| 1. Лекции | | |
| 1.1 | Структура радиоприёмника | Структура радиоприёмника: преселектор, смеситель, УПЧ, детектор. Тракт предварительного усиления и избирательности. Понятие чувствительности |
| 1.2 | Неосновные каналы приёма радиоприёмного устройства | Неосновные каналы приёма: побочные, зеркальный, внеполосный |
| 1.3 | Внеполосные каналы приёма радиоприёмного устройства | Интермодуляция. Блокирование по усилению, блокирование по шумам. Перекрёстные искажения. Амплитудно-фазовая конверсия |
| 1.4 | Характеристики радиоприёмного устройства, влияющие на электромагнитную совместимость | Характеристики частотной избирательности радиоприёмника. Динамический диапазон радиоприёмника |
| 1.5 | Система ЭМС-параметров и ЭМС-характеристик малошумящего усилителя | Эффекты, рассматриваемые в малошумящем усилителе в интересах задач ЭМС. Параметры и характеристики ЭМС малошумящего усилителя |
| 1.6 | Принципы построения теории электромагнитной совместимости малошумящего усилителя | Основные понятия теории электромагнитной совместимости малошумящего усилителя. Методы, используемые для корректного построения теории |
| 1.7 | Измерение ЭМС-характеристик малошумящего усилителя | Измеряемые параметры и характеристики ЭМС. Алгоритмы измерений. Основные соотношения |
| 2. Практические занятия | | |
| 2.1 | Структура радиоприёмника | Проектирование основных элементов радиоприёмного тракта - малошумящего усилителя, преобразователя частоты, избирательных цепей – в системах автоматизированного проектирования |
| 2.2 | Внеполосные каналы приёма радиоприёмного устройства | Расчёт основных частотных и амплитудных, односигнальных и двухсигнальных характеристик малошумящего усилителя и преобразователя частоты – в системах автоматизированного проектирования |
| 2.3 | Измерение ЭМС-характеристик малошумящего усилителя | Освоение методик измерений параметров и характеристик электромагнитной совместимости радиоприёмных устройств |

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Виды занятий (часов) | | | | |
|-------|--|----------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|
| | | Лекции | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Всего |
| 1 | Структура радиоприёмника | 3 | | 4 | 4 | 11 |
| 2 | Неосновные каналы приёма радиоприёмного устройства | 4 | | | 6 | 10 |
| 3 | Внеполосные каналы приёма радиоприёмного устройства | 4 | | | 4 | 8 |
| 4 | Характеристики радиоприёмного устройства, влияющие на электромагнитную совместимость | 4 | | | 6 | 10 |
| 5 | Система ЭМС-параметров и ЭМС-характеристик малошумящего усилителя | 4 | | 6 | 6 | 16 |
| 6 | Принципы построения теории электромагнитной совместимости малошумящего усилителя | 4 | | | 4 | 8 |
| 7 | Измерение ЭМС-характеристик малошумящего усилителя | 3 | | 2 | 4 | 9 |

| | | | | |
|--------|----|----|----|----|
| Итого: | 26 | 12 | 34 | 72 |
|--------|----|----|----|----|

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины необходима регулярная и планомерная работа с конспектом лекций и литературой, выполнение практических и лабораторных работ.

Лекции представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в его тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. Рекомендуется записывать не каждое слово лектора, а постараться записать его основную мысль, используя понятные сокращения.

После окончания лекции нужно просматривать конспект для определения материала, вызывающего затруднения для понимания. После этого следует обратиться к рекомендуемой в настоящей программе литературе с целью углубленного изучения проблемного вопроса. В общем случае работа лишь с одним литературным источником часто является недостаточной для полного понимания, поэтому необходимо просматривать несколько источников для выбора того, который наиболее полно и доступно освещает изучаемый материал. В случае если проблемы с пониманием остались, необходимо обратиться к преподавателю на ближайшей лекции с заранее сформулированными вопросами.

Для успешного освоения лекционного курса рекомендуется регулярно повторять изученный материал, и проверять свои знания отвечая на контрольные вопросы в рекомендуемых учебных пособиях.

Практические занятия позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических занятий для подготовки к ним необходимо разобрать лекцию по соответствующей теме и ознакомиться с соответствующим разделом литературы. При выполнении лабораторных и практических работ необходимо обращать внимание на особенности функционирования исследуемых устройств. Подготовка к защите работ должна включать повторение лекционного материала и работу с предлагаемой учебной литературой. Перечень контрольных вопросов к защите приводится в методических указаниях к лабораторной работе. При оформлении пояснительной записки следует придерживаться правил ЕСКД.

Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;
- выполнение домашних заданий;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка к практическим и лабораторным работам, зачетам и экзаменам.

Кроме литературы из основного списка рекомендуется самостоятельно использовать дополнительную. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

В процессе самостоятельной работы следует занимать активную позицию и пользоваться не только рекомендованной литературой, но и самостоятельно найденными источниками. Для проверки знания по изученной теме необходимо ответить на контрольные вопросы, выдаваемые преподавателем на лекциях в конце изучения соответствующего раздела.

При изучении дисциплины рекомендуется использовать возможности сети интернет для получения дополнительной информации по рассматриваемой теме. В частности, много информации можно получить на сайтах разработчиков САПР.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к онлайн-занятиям, ответственно подходить к выполнению заданий для самостоятельной работы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|--|
| 1. | Алгазинов Э.К. Электромагнитная совместимость радиоприёмных устройств СВЧ: Учебное пособие по спец. 013800 – Радиофизика и электроника/ Э.К.Алгазинов, А.М.Бобрешов, А.М.Воробьёв, Ю.Н.Нестеренко, Воронеж.гос.ун-т – Воронеж: Би., 2003. – 79с. |
| 2. | Князев А.Д. Элементы теории и практики обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств/ А.Д.Князев. – М.:Радио и связь, 1984. – 336с. |
| 3. | Петровский В.И. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств: Учеб. пособие для вузов/ В.И.Петровский, Ю.Е.Седельников. – М.:Радио и связь, 1986. – 215с. |
| 4. | Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем/ В.И.Владимиров и др.; Под ред.Н.М.Царькова. – М.:Радио и связь, 1985. – 271с. |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|--|
| 5. | Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи / Сост. Д.Уайт; Пер. с англ. под ред.И.П.Сапгира. – М.: Сов.радио, 1977. Вып.1. – 352с. |
| 6. | Богданович Б.М. Нелинейные искажения в приёмно-усилительных устройствах/ Б.М.Богданович. – М.:Связь, 1980. – 280с. |
| 7. | Электромагнитная совместимость : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Л.И. Аверина, А.М. Бобрешов, А.С. Жабин. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 .— 132 с. |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

| № п/п | Ресурс |
|-------|---|
| 8. | Электронная библиотека Зональной научной библиотеки Воронежского госуниверситета : электронно-библиотечная система. – URL : https://lib.vsu.ru/zgate?Init+elib.xml,simple_elib.xsl+rus |
| 9. | Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» : электронно-библиотечная система. – URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1457 |
| 10. | Электронно-библиотечная система "Издательство "Лань" : электронно-библиотечная система. – URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1308 |
| 11. | Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" : электронно-библиотечная система. – URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1307 |
| 12. | Электронно-библиотечная система "Консультант студента" : электронно-библиотечная система. – URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1306 |

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

| № п/п | Источник |
|-------|--|
| 1. | Алгазинов Э.К. Электромагнитная совместимость радиоприёмных устройств СВЧ: Учебное пособие по спец. 013800 – Радиофизика и электроника/ Э.К.Алгазинов, А.М.Бобрешов, А.М.Воробьёв, Ю.Н.Нестеренко, Воронеж.гос.ун-т – Воронеж: Би., 2003. – 79с. |
| 2. | Электромагнитная совместимость : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Л.И. Аверина, А.М. Бобрешов, А.С. Жабин. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 .— 132 с. |

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе образовательного портала "Электронный университет ВГУ" по адресу edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Компьютер RAMEC МТЛ5-6400/8GB/500GB – 20 шт.

Коммутатор HPJ9981A – 1 шт.

Комплекс для проведения лекций, семинаров и презентаций – 1 шт.

Проектор Optoma W402 – 1шт.

Экран Cactus Wallscreen – 1 шт.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства |
|-------|--|----------------|--|----------------------|
| 1. | Структура радиоприёмника | ПК-1.1-ПК-1.3 | Владеет фундаментальными знаниями в области систем связи и телекоммуникаций | Практические задания |
| 2. | Неосновные каналы приёма радиоприёмного устройства | ПК-1.1-ПК-1.3 | Проводит анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации | Реферат |
| 3. | Внеполосные каналы приёма радиоприёмного устройства | ПК-1.1-ПК-1.3 | Владеет фундаментальными знаниями в области систем связи и телекоммуникаций | |
| 4. | Характеристики радиоприёмного устройства, влияющие на электромагнитную совместимость | ПК-1.1-ПК-1.3 | Проводит анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации | |
| 5. | Система ЭМС-параметров и ЭМС-характеристик малошумящего усилителя | ПК-1.1-ПК-1.3 | Владеет фундаментальными знаниями в области систем связи и телекоммуникаций | Практические задания |
| 6. | Принципы построения теории электромагнит- | ПК-1.1-ПК-1.3 | Владеет фундаментальными | Реферат |

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства |
|--|--|----------------|--|----------------------------|
| | ной совместимости малошумящего усилителя | | ми знаниями в области систем связи и телекоммуникаций | |
| 7. | Измерение ЭМС-характеристик малошумящего усилителя | ПК-1.1-ПК-1.3 | Проводит анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации | |
| Промежуточная аттестация форма контроля – зачёт | | | | Перечень вопросов к зачёту |

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: практические задания, рефераты.

Перечень практических заданий:

1. Проектирование малошумящего усилителя (МШУ) в САПР
2. Расчёт амплитудно-частотной характеристики МШУ
3. Расчёт нелинейных одночастотных характеристик МШУ
4. Расчёт ЭМС-характеристик МШУ
5. Проектирование преобразователя частоты в САПР
6. Расчёт передаточной частотной характеристики преобразователя частоты
7. Расчёт нелинейных одночастотных характеристик преобразователя частоты
8. Расчёт ЭМС-характеристик преобразователя частоты

Темы рефератов:

1. Обзор основных САПР для проектирования радиоэлектронных устройств
2. Электромагнитная совместимость передающих устройств
3. Методы нелинейного анализа, применяемые для расчёта ЭМС характеристик устройств

Практические задания выполняются студентами как в аудиториях, так и самостоятельно. Результаты предоставляются преподавателю. Переход к выполнению следующего практического задания возможен только при условии успешной сдачи предыдущей.

За реферат студент получает оценку «зачтено», если в нём полностью раскрыта тема и студент в состоянии ответить на дополнительные вопросы и объяснить связь теории, изложенной в реферате с практическим применением.

За практическую работу студент получает оценку «зачтено», если может продемонстрировать процесс разработки радиоэлектронного устройства в САПР, расчёт его основных параметров и характеристик, дать физическое объяснения полученным результатам и внести в программу модификации по требованию преподавателя.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы к зачёту.

Перечень вопросов к зачёту:

1. Структура радиоприёмника
2. Коэффициент шума и чувствительность приёмника
3. Неосновные каналы приёма РПУ

4. Блокирование по усилению
5. Блокирование по шумам
6. Явление интермодуляции
7. Перекрёстная амплитудно-фазовая конверсия и перекрёстные искажения
8. Характеристики частотной избирательности РПУ
9. Динамический диапазон РПУ
10. Параметры ЭМС малошумящего усилителя
11. Характеристики ЭМС малошумящего усилителя

Зачёт проводится в виде устного ответа на вопросы, заданные преподавателем из списка вопросов к зачёту.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом теории радиоэлектронной борьбы;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется 2-балльная шкала: «зачет», «незачет».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

| Критерии оценивания компетенций | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок |
|--|--------------------------------------|----------------|
| <i>Обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, частично умеет применять теоретические знания для решения практических задач</i> | <i>Пороговый уровень</i> | <i>Зачет</i> |
| <i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, не умеет применять теоретические знания для решения практических задач</i> | – | <i>Незачет</i> |