

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сердитова Наталья Евгеньевна
Должность: проректор по образовательной деятельности
Дата подписания: 25.08.2025 16:35:17
Уникальный программный ключ:
6cb002877b2a1ea640fdebb0cc541e4e05322d13

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Е.В. Барабанова



«26» июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Радиоэлектроника

Закреплена за
кафедрой:

Прикладной физики

Направление
подготовки:

03.03.03 Радиофизика

Направленность
(профиль):

**Материалы и устройства радиоэлектроники
(беспилотные системы, программно-аппаратные
комплексы, системы автоматизированного
проектирования)**

Квалификация:

Бакалавр

Форма обучения:

очная

Семестр:

4

Программу составил(и):

без уч. степ., старший преподаватель, Зигерт Александр Дмитриевич

Тверь, 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

Дать общее представление о радиоэлектронике, процессах, происходящих в различных радиоэлектронных устройствах: усилителях, генераторах, преобразователях частоты и фазы, объяснить принципы выделения слабых сигналов из шумов, сформировать минимум радиофизических и теоретических знаний, которые впоследствии позволили бы понимать и производить анализ процессов, происходящих в различных радиоэлектронных устройствах. Обращается внимание на использование во всех электронных схемах твердотельных элементов.

Задачи:

Получение теоретических знаний по основным вопросам радиоэлектроники, что позволяет принимать обоснованные решения при проведении научно-исследовательских работ, а также практические навыки по эксплуатации измерительной аппаратуры и монтажу радиотехнических устройств.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.О

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Электричество и магнетизм

Основы цифровой электроники

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Основы схемотехники

Статистическая радиофизика

Квантовая радиофизика

Беспроводные технологии передачи данных

Преобразователи физических величин

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе:	
аудиторные занятия	64
самостоятельная работа	53
часов на контроль	27

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-1.2: Использует базовые знания в области физики и радиофизики в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности

ОПК-1.3: Владеет экспериментальным аппаратом для ведения профессиональной деятельности: разработки и эксплуатации радиоэлектронных устройств, проведения научных исследований в области радиофизики

ОПК-2.1: Планирует и проводит экспериментальные исследования по заданной теме с учетом имеющейся экспериментальной базы

ОПК-2.5: Представляет экспериментальные данные в форме развернутого отчета

ОПК-3.1: Использует информационные технологии для поиска, систематизации и анализа данных в рамках поставленной задачи

ПК-2.2: Осуществляет работу с современными средствами измерения, применяемыми в эксперименте

ПК-2.3: Осуществляет настройку радиоэлектронной аппаратуры

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	4

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. Электровакуумные приборы					
1.1	Электровакуумные приборы	Лек	4	2	Л1.1 Л1.3	
1.2	Электровакуумные приборы	Ср	4	2	Л1.2	
	Раздел 2. Полупроводниковые приборы					
2.1	Полупроводниковые приборы	Лек	4	8		
2.2	Полупроводниковые приборы	Ср	4	16		
2.3	Исследование стабилитронов	Лаб	4	4		
2.4	Исследование полевого транзистора с управляющим р-п переходом	Лаб	4	4		
2.5	Исследование биполярных транзисторов	Лаб	4	4		
	Раздел 3. Линейные пассивные цепи					
3.1	Линейные пассивные цепи	Лек	4	8		
3.2	Линейные пассивные цепи	Ср	4	16		
3.3	Дифференцирование и интегрирование импульсных сигналов на RC-цепях	Лаб	4	4		
	Раздел 4. Усилители электрических сигналов					
4.1	Усилители электрических сигналов	Лек	4	4		
4.2	Усилители электрических сигналов	Ср	4	6		
4.3	Исследование усилителей постоянного тока, выполненных на операционных усилителях	Лаб	4	4		

	Раздел 5. Генерирование колебаний					
5.1	Генерирование колебаний	Лек	4	4		
5.2	Генерирование колебаний	Ср	4	6		
5.3	Исследование генератора незатухающих колебаний	Лаб	4	4		
5.4	Генератор релаксационных колебаний на логических элементах	Лаб	4	4		
	Раздел 6. Нелинейные преобразования сигналов					
6.1	Нелинейные преобразования сигналов	Лек	4	4		
6.2	Нелинейные преобразования сигналов	Ср	4	5		
6.3	Исследование процесса амплитудной модуляции	Лаб	4	4		
	Раздел 7. Шумы в радиоэлектронных цепях					
7.1	Шумы в радиоэлектронных цепях	Лек	4	2		
7.2	Шумы в радиоэлектронных цепях	Ср	4	2		
	Раздел 8. Экзамен					
8.1	Экзамен	Экзамен	4	27		

Список образовательных технологий

1	Тренинг радиотехнических навыков
2	Информационные (цифровые) технологии
3	Активное слушание

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

См. Приложение 1

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

См. Приложение 1

8.3. Требования к рейтинг-контролю

Оценка знаний студентов осуществляется по результатам успеваемости и оценивается по 100 – бальной системе. Семестр делится на два модуля.

Дисциплина «Радиоэлектроника» заканчивается экзаменом в 4 семестре. Согласно нормативно – методическим материалам рейтинговой системы оценки качества учебной работы студентов ТвГУ, студент по предмету для сдачи экзамена должен набрать за семестр

60 баллов.

1 контрольная точка. По текущей работе студента – 15 баллов. Итоговый контроль за модуль – 5 баллов. Всего 20 баллов.

2 контрольная точка. По текущей работе студента – 30 баллов. Итоговый контроль за модуль – 10 баллов.

Баллы по текущей работе студента начисляются за следующие виды работ:

- лабораторные работы – 5 или 6 баллов;
- первая модульная контрольная работа – максимум 5 баллов
- вторая модульная контрольная работа – максимум 10 баллов

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
Л1.1	Белов, Радиоэлектроника. Формирование стабильных частот и сигналов, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-14694-3, URL: https://urait.ru/bcode/539951
Л1.2	Самборский, Учебно-методический комплекс по дисциплине "Основы радиоэлектроники", Тверь, 2012, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/04338umk.pdf
Л1.3	Левченко В. И., Радиоэлектроника: введение в специальность, Омск: ОмГТУ, 2017, ISBN: 978-5-8149-2476-6, URL: https://e.lanbook.com/book/149126

9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	OpenOffice
2	Многофункциональный редактор ONLYOFFICE
3	Origin 8.1 Sr2

9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
2	ЭБС ТвГУ
3	ЭБС «Лань»
4	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
5	ЭБС «ЮРАИТ»
6	ЭБС «ZNANIUM.COM»

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-25	комплект учебной мебели, компьютеры, осциллограф, принтеры, спектрометр, микроскоп, дифрактометр рентгеновский, электронно-оптический комплекс,

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Предметом оценки является подготовка студентов к занятиям, работа студентов на практических занятиях, выполнение ими практических заданий.

Оценки успеваемости студентов проходит в модульную неделю в соответствии с графиков учебного процесса.

Практические задания по демонстрации компетенций заключаются в устных или письменных ответах на поставленные преподавателем или составленным самими студентами вопросы (традиционные или в форме тестов). При этом оценивается обоснованность ответа, ясность и последовательность изложения мысли. Такая демонстрация компетенций проверяет уровень владения теоретическим и практическим материалом.

Для проведения текущей и промежуточной аттестации:

ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности:

ОПК-1.2. Решает задачи профессиональной деятельности, применяя базовые знания радиофизики.

Задание:

- 1) Объясните физический смысл формулы Найквиста.
- 2) Методы выделения сигналов из шумов: метод накопления, метод фильтрации.

Способ аттестации: устный

Критерии оценки:

- ответ полный, указаны и учтены все факторы, признаки и т.д. – 2 балла за вопрос
- аргументация допустимая, но имеются неточности – 1 балл
- допущены грубые ошибки, свидетельствующие о непонимании темы – 0 баллов

ОПК-2. Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные:

ОПК-2.1. Планирует и проводит экспериментальные исследования по заданной теме с учетом имеющейся экспериментальной базы.

ОПК-2.5. Представляет экспериментальные данные в форме развернутого отчета.

Задание:

- 1) Собрать параллельную RC-цепь
- 2) Определить вольт-амперные характеристики биполярного транзистора

Способ аттестации: собранная схема и письменный отчет

Критерии оценки:

- работа выполнена согласно требованиям, собрана схема и представлены все разделы, проведены расчеты, построены графики, сформулирован грамотный вывод – 5 баллов

- работа выполнена небрежно, есть ошибки в вычислениях, сформулирован вывод – 3 балла
- работа выполнена небрежно, есть грубые ошибки, вывод неясно сформулирован и не согласуется с результатом работы – 1 балл
- работа выполнена частично, содержит много ошибок – 0 баллов

ОПК-3. Способен использовать информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности:

ОПК-3.1. Использует информационные технологии для поиска, систематизации и анализа данных в рамках поставленной задачи;

Задание:

- 1) изучение параметров полупроводникового германиевого диода
- 2) Принципы действия электровакуумных приборов СВЧ

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

- ответ полный, указаны и учтены все факторы, признаки и т.д. – 2 балла за вопрос
- аргументация допустимая, но имеются неточности – 1 балл
- допущены грубые ошибки, свидетельствующие о непонимании темы – 0 баллов

ПК-2. Способен осуществлять техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры:

ПК-2.2. Осуществляет работу с современными средствами измерения, применяемыми в эксперименте.

ПК-2.3. Осуществляет настройку радиоэлектронной аппаратуры.

Задание:

- 1) Рассчитать величину емкости или индуктивности на входе линии передачи, необходимую для компенсации реактивной составляющей входного сопротивления.
- 2) Проверить параметры полупроводникового прибора

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

- ответ полный, указаны и учтены все факторы, признаки и т.д. – 2 балла за вопрос
- аргументация допустимая, но имеются неточности – 1 балл
- допущены грубые ошибки, свидетельствующие о непонимании темы – 0 баллов

Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Практические задания

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №1

Написать выражение для мгновенного значения частотно-модулированного колебания и изобразить его спектр, пренебрегая боковыми частотами, амплитуды которых меньше 10% от амплитуды немодулированной несущей частоты, если передача осуществляется на частоте 102,7 МГц, а амплитуда несущей частоты 100В. Значения девиации частоты и частоты модулирующего колебания выбираются из таблицы.

Таблица

№№ п/п	девиация, кГц	частота модуляции кГц	исполнитель
1	5	0,9	
2	5	1,0	
3	5	2,0	
4	5	2,5	
5	5	5,0	
6	10	2,0	
7	10	2,5	
8	10	4,0	
9	10	5,0	
10	10	6,25	
11	10	10,0	
12	12	10,0	
13	12	8,0	
14	12	7,5	
15	12	6,0	
16	12	5,0	
17	12	4,0	
18	12	3,0	
19	12	2,0	
20	12	4,8	
21	12	3,5	

22	15	5,0	
23	15	6,0	
24	15	7,5	
25	75	25,0	
26	75	15,0	
27	75	12,5	
28	75	10,0	
29	75	7,5	
30	75	5	

Указание: при вычислении функции Бесселя с любым целым индексом, отличным от нуля и единицы, необходимо применить рекуррентное соотношение:

$$J_{n+1}(z) = 2 \frac{n}{z} J_n(z) - J_{n-1}(z)$$

Пример: требуется вычислить $J_3(1,1)$

$$J_0(1,1) = 0,7196; \quad J_1(1,1) = 0,4709;$$

$$J_2(1,1) = \frac{2 \otimes 1}{1,1} \otimes 0,4709 - 0,7196 = 0,1366;$$

$$J_3(1,1) = 2 \otimes \frac{2}{1,1} \otimes 0,1366 - 0,4709 = 0,02576.$$

Литература:

Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники. М., Высшая школа, 2000.

Самборский И.Г. Основы радиоэлектроники. Тверь., ТвГУ, 2002.

Е.Янке, Ф.Эмде, Ф.Леш. Специальные функции. М., Наука, 1964.

Чистова Э.А. Таблицы функций Бесселя от действительного аргумента и интегралов от них. М., Изд-во АН СССР, 1958.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №2

Определить значение входного комплексного сопротивления $Z_{\text{вх}} = R_{\text{вх}} + jX_{\text{вх}}$ линии передачи без потерь с указанным волновым сопротивлением Z_0 и длиной l , подключенной к генератору высокочастотных колебаний с частотой f . Линия передачи нагружена на антенну с комплексным входным сопротивлением $Z_a = R_a + jX_a$ на частоте f (в таблице приведены значения емкости C_a или индуктивности L_a антенны на этой частоте). Рассчитать величину емкости или индуктивности на входе линии передачи, необходимую для компенсации реактивной составляющей входного сопротивления. Построить график

распределения напряжения в линии передачи, если амплитуда напряжения падающей волны равна 100В.

Значения параметров Z_0 , l , f , R_a , C_a , L_a и вид диэлектрика приведены в таблице.

Порядок расчета:

Определить сопротивление антенны.

Рассчитать фазовый набег вдоль линии передачи.

Рассчитать входное сопротивление линии передачи.

Определить величину компенсирующей реактивности.

Рассчитать коэффициент отражения по напряжению и построить график распределения напряжения вдоль линии передачи.

Литература:

1. Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники. М., Радио и связь, 1990.
2. Самборский И.Г. Основы радиоэлектроники. Тверь, 2002.

Таблица

NN п/п	Z_0 Ом	l м	диэлектрик	C_a пФ	L_a мкГн	R_a Ом	f МГц
1	300	12	Воздух	20	-	600	30
2	300	10	"	-	1,5	60	40
3	300	10	"	40	-	75	50
4	300	8	"	30	-	250	60
5	300	5	"	10	-	300	100
6	30	10	полиэтилен	10	-	40	40
7	50	10	"	-	0,5	50	50
8	75	8	"	60	-	30	60
9	60	5	"	50	-	25	80
10	30	12	"	20	-	180	40
11	50	10	"	-	1,0	150	30
12	60	9	"	30	-	30	50
13	75	8	"	10	-	75	60
14	30	7	"	20	-	40	80
15	50	5	"	30	-	120	100
16	60	12	"	-	0,8	80	25
17	75	10	"	30	-	100	40
18	50	8	"	10	-	30	50
19	75	6	"	20	-	50	60

20	50	5	"	10	-	75	80
----	----	---	---	----	---	----	----

ЗАДАНИЕ на самостоятельную работу по теме: Шумы в радиоэлектронных цепях.

Вопросы, подлежащие изучению:

Основные виды шумов: тепловые шумы резисторов, шумы электронных приборов (электровакуумных приборов, диодов, полевых и биполярных транзисторов), фликкер-шум, генерационно-рекомбинационный шум, шумы приемных антенн. Формула Найквиста. Распределение Пуассона. Коэффициент шума четырехполюсника.

Статистические характеристики шума. Белый шум, розовый шум. Понятие о корреляции. Оптимальная фильтрация. Методы выделения сигналов из шумов: метод накопления, метод фильтрации.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена, который включает письменные или устные ответы на теоретические вопросы.

Примеры вопросов к экзамену:

1. Назовите источники флуктуационных шумов в радиотехнических устройствах.
2. Чем объясняется тепловой шум резистора?
3. Объясните физический смысл формулы Найквиста.
4. Назовите средство борьбы с тепловыми шумами.
5. На каких частотах проявляются шумы земного происхождения?
6. Что такое дробовый шум и каким физическим явлением он объясняется?
7. Что называется шумовым сопротивлением приемной антенны?
8. Что такое коэффициент шума четырехполюсника?
9. От чего зависит уровень шума электровакуумного прибора?
10. Почему коэффициент шума многокаскадного усилителя зависит уровня шума первого каскада или преобразователя?
11. Объясните физический смысл распределения целочисленной величины по закону Пуассона.
12. Что такое белый шум?
13. Что следует понимать под термином «наводки»?
14. Что характеризует функция корреляции?

15. Дайте определение оптимальной фильтрации.
16. Простая оптимальная система обработки сигналов.
17. Сущность метода накопления сигналов.
18. Объясните принцип цифровой обработки сигналов.
19. Что такое квантование сигналов?
20. В чем преимущества цифровой передачи информации?