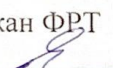


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА

Кафедра «Радиотехнических систем»

СОГЛАСОВАНО

Декан ФРТ  
  
Холопов И.С.  
«25» 06 2020 г.

Руководитель ОПОП  
  
Кириллов С.Н.  
«25» 06 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по РОП и МД  
  
Корячко А.В.  
«26» 06 2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**Б1.О.02.04 «Схемотехника АЭУ»**

Специальность

11.05.01 Радиозлектронные системы и комплексы

ОПОП специалитета

«Радиозлектронные системы передачи информации»

Квалификация выпускника – инженер

Форма обучения – очная

Рязань 2020 г.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности)

11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»,  
утвержденного 09.02.2018 № 94

Разработчик доцент кафедры РТС

\_\_\_\_\_ Осокин В.С.

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г., протокол № \_\_\_

Заведующий кафедрой РТС

\_\_\_\_\_ Кошелев В.И., д.т.н., проф.

Предметом изучения дисциплины «Схемотехника аналоговых электронных устройств» является аналоговая схемотехника, а именно электронные усилители и устройства, построенные на их основе. Изучаемый предмет является базовым для последующих дисциплин радиотехнического профиля.

Целью освоения дисциплины является овладение знаниями теоретических основ и принципов действия устройств современной аналоговой схемотехники, умением их проектирования.

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине.

Коды компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-5	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующих физико-математический аппарат	<p><u>Знать</u>: в общих чертах современное состояние схемотехники аналоговых электронных устройств.</p> <p><u>Уметь</u>: применять адекватные схемотехнические решения.</p> <p><u>Владеть</u>: информацией об апробированных и перспективных методах проектирования устройств обработки аналоговых сигналов.</p>
ОПК-7	Владеть методами решения задач анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей	<p><u>Знать</u>: различные методы анализа и расчета электрических схем радиотехнических устройств.</p> <p><u>Уметь</u>: применять на практике апробированные методики расчетов электрических элементов схем радиоприборов.</p> <p><u>Владеть</u>: навыками работы с программами схемотехнического моделирования.</p>
ОПК-8	Владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных	<p><u>Знать</u>: основные приемы обработки и представления экспериментальных данных.</p> <p><u>Уметь</u>: разрабатывать методику проведения эксперимента при</p>

		<p>моделировании работы устройств аналоговой электроники.</p> <p><u>Владеть:</u> навыками статической обработки экспериментальных данных.</p>
ОПК-6	<p>Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий</p>	<p><u>Знать:</u> основные источники информации по схемотехнике аналоговых электронных устройств.</p> <p><u>Уметь:</u> работать с литературными источниками, базами данных и источниками компьютерных и сетевых технологий.</p> <p><u>Владеть:</u> навыками извлечения информации из литературных источников, баз данных и источников компьютерных и сетевых технологий.</p>
ПК-5	<p>Использовать современные пакеты прикладных программ для схемотехнического моделирования аналоговых и цифровых устройств</p>	<p><u>Знать:</u> особенности пакетов прикладных программ схемотехнического анализа.</p> <p><u>Уметь:</u> использовать программы схемотехнического анализа для решения конкретных задач проектирования устройств обработки аналогового сигнала.</p> <p><u>Владеть:</u> навыками соблюдения основных требований информационной безопасности.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре ООП специалитета.

Дисциплина «Схемотехника аналоговых электронных устройств» относится к ОПД блока №1. Дисциплина (модуль) изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах; базируется на знаниях, полученных в ходе изучения следующих дисциплин: физика, электроника, радиотехнические цепи и сигналы, основы теории цепей, информатика.

Дисциплина «Схемотехника аналоговых электронных устройств» является

основой для дальнейшего изучения дисциплин профессионального цикла и подготовки выпускной работы.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем ( по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единиц (144 часа).

Семестр	5		6		Итого	
Неделя	16		16			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп	уп	рп
Лекции	32	32			32	32
Практические	16	16	8	8	32	32
Консультирование перед экзаменом	2	2			2	2
Лабораторные работы	16	16			16	16
Иная контактная работа	0,35	0,35	0,55	0,55	0,9	0,9
Итого ауд.	66,35	66,35	8,55	8,55	74,9	74,9
Контактная работа			11,7	11,7	11,7	11,7
Сам. Работа	6	6	7	7	13	13
Часы на контроль	35,65	35,65	8,75	8,75	44,4	44,4
Итого	108	108	36	36	144	144

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

В структурном отношении программа представлена следующими разделами:

#### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Раздел дисциплины (модуля)	Содержание
1. Введение	История развития аналоговой схемотехники. Значение дисциплины при подготовке специалистов в области радиотехники. Усилитель как основное звено АЭУ. Классификация усилителей.
2. Основные показатели АЭУ	Коэффициенты усиления. Полоса пропускания. Частотные характеристики: АЧХ, ФЧХ и ЛАХ. Передаточная частотная характеристика. Временные характеристики. Линейные искажения и их оценка. Амплитудная характеристика и динамический диапазон. Нелинейные искажения и их оценка. Внутренние помехи. Стабильность показателей (чувствительность).
3. Обеспечение и стабилизация режима работы усилительных элементов	Типы и вольтамперные характеристики полевых и биполярных транзисторов. Питание базовых цепей усилителя на биполярных транзисторах. Питание цепей затвора усилителей на полевых транзисторах. Нагрузочная линия, рабочая точка, область линейного режима. Режимы работы А, В и АВ. Схемы стабилизации режима работы.
4. Отрицательная обратная связь в АЭУ	Классификация обратных связей. Виды отрицательных обратных связей (ООС): Н-типа; Z-типа; Y-типа; G-типа. Эквивалентные схемы. Влияние ООС на параметры и характеристики усилителей. Влияние ООС на амплитудную характеристику и внутренние помехи. Устойчивость усилителя. Критерии устойчивости.

<p>5.Работа усилительных каскадов в режиме малого сигнала</p>	<p>Параметры активных четырехполюсников. Эквивалентные схемы, Y-, H- параметры в области нижних частот. Физическая эквивалентная схема Джиаколетто биполярного транзистора. Схемы включения биполярных транзисторов: ОЭ, ОБ, ОК (ЭП). Каскады на полярных транзисторах: ОЗ, ОС, ОИ. Принципиальные и эквивалентные схемы различных способов включения транзисторов. Параметры и характеристики каскадов. Составные транзисторы дифференциальные усилители(ДУ). Стабилизация режима работы ДУ. Генераторы стабильного тока. Каскадные схемы.</p>
<p>6.Каскады предварительного усиления</p>	<p>Принципиальные схемы каскадов. Эквивалентные схемы каскада в областях НЧ, СЧ и ВЧ. Частотные и временные характеристики.</p>
<p>7.Широкополосные и импульсные усилители</p>	<p>Понятие площади усиления. Простая ВЧ коррекция. Эмиттерная ВЧ коррекция. НЧ коррекция. Принципиальные и эквивалентные схемы каскадов с коррекцией, их частотные и переходные характеристики.</p>
<p>8.Оконечные каскады усиления. Усилители мощности (УМ)</p>	<p>Основные определения и показатели УМ. Оценка нелинейных искажений. Построение нагрузочных линий по переменному и постоянному току. Однотактный усилитель мощности. Энергетические соотношения. Двухтактный УМ, работающий в режиме В. Бестрансформаторные УМ. Режим АВ. Энергетические соотношения.</p>
<p>9.Операционные усилители и функциональные устройства на их основе</p>	<p>Параметры и характеристики операционных усилителей (ОУ). Функциональные устройства на основе ОУ: масштабные усилители, сумматоры, аналоговые интеграторы, аналоговые дифференциаторы, логарифматоры. Применение ОУ в качестве усилителя переменного тока.</p>

10. Регулировки, применяемые в АЭУ	Регуляторы усиления. Регулировка АЧХ (регуляторы тембра).
11. Устройства обработки сигналов на основе аналоговых перемножителей	Параметры и характеристики перемножителей. Логарифмические перемножители-делители. Перемножители на основе дифференциального делителя тока, управляемого напряжением. Устройства обработки: модулятор, синхронный детектор, фазовый и частотный детекторы.
12. Курсовая работа	Темы курсовых работ: 1. Широкополосные и импульсные усилитель; 2. Усилители мощности звуковой частоты.

#### 4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Введение	1,5	0,5	0,5	-	-	1,5
2.	Основные показатели АЭУ	7,5	3,5	3,5			4
3.	Обеспечение и стабилизация режима работы усилительных элементов	7,5	4	4			3,5



4.	Отрицательная обратная связь в АЭУ	17	8	4	-	4	9
5.	Работа усилительных каскадов в режиме малого сигнала.	14	4	4		-	10
6.	Каскады предварительного усиления	15	4	4			11
7.	Широкополосные и импульсные усилители	19	7	3		4	12
8.	Оконечные каскады усиления. Усилители мощности (УМ)	22	8	4		4	14
9.	Операционные усилители и функциональные устройства на их основе	23	8	4		4	15
10.	Регулировки, применяемые в АЭУ	4					4

11.	Устройства обработки сигналов на основе аналоговых перемножителей	13	1	1			12
12.	Курсовая работа						
	Всего	144	48	32	0	16	96

**5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю):**

1. Дифференциальные каскады широкополосного усиления: методические указания к курсовому и дипломному проектированию/ РГРТА; составил А.В.Смирнов, Рязань, 1990-32с.

2. Регуляторы усиления: методические указания к курсовой работе/ Рязанская Государственная Радиотехническая Академия; составил В.С.Осокин, 1990 - 28с.

3. Аналоговые электронные устройства: методические указания к курсовой работе/ Рязанская Государственная Радиотехническая Академия; составил Д.Н.Попов, 1992 - 32с.

4. Регуляторы тембра: методические указания к курсовой работе/ Рязанская Государственная Радиотехническая Академия; составил В.С.Осокин, 1993 - 24с.

5. Интегральные широкополосные дифференциальные усилители; составил А.В.Смирнов, Рязань, 1993 - 24с.

6. Исследование двухтактного каскада усиления мощности: методические указания к лабораторной работе/ Рязанская Государственная Радиотехническая Академия; составил А.В.Смирнов, Рязань, 2000 - 16с.

7.Схемотехника аналоговых электронных устройств: Учебное пособие/ Рязанская Государственная Радиотехническая Академия; составил Д.Н.Попов, 2004 - 80с.

8.Исследование влияния обратной связи на показатели усилительных устройств: методические указания к лабораторной работе/ Рязанская Государственная Радиотехническая Академия; составил В.С.Осокин, 2006 - 16с.

9.Исследование операционного усилителя: методические указания к лабораторной работе/ Рязанская Государственная Радиотехническая Академия; составил Свиридов 2008 - 16с.

10. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Электронное учебное пособие / Рязан. гос. радиотехн. ун-т.; Сост. Ю.Н. Мамаев. Рязань, 2011. -123 с. (elib.rsreu.ru)

11. Исследование влияния отрицательной обратной связи на показатели усилительных устройств: Методические указания к лаб. работе / Рязан. гос. радиотехн. ун-т.; Сост. Ю.Н. Мамаев. Рязань, 2010. -16 с.

12. Исследование усилительного каскада с резистивной нагрузкой при различных схемах включения биполярного транзистора: Методические указания к лаб. работе / Рязан. гос. радиотехн. ун-т.; Сост. Ю.Н. Мамаев. Рязань, 2012. - 16 с.

13. Исследование выходных каскадов усилительного устройства: Методические указания к лаб. работе / Рязан. гос. радиотехн. ун-т.; Сост. Ю.Н. Мамаев. Рязань, 2011. - 16 с.

14. Исследование показателей операционного усилителя и функциональных устройств на его основе: Методические указания к лаб. работе / Рязан. гос. радиотехн. ун-т.; Сост. Ю.Н. Мамаев. Рязань, 2013. -16 с.

15. Основы схемотехники аналоговых электронных устройств: методические указания к упражнениям по дисциплине «Схемотехника аналоговых электронных устройств» / Рязан. гос. радиотехн. ун-т.; сост.: Ю.Н. Мамаев, К.В. Мамаев. Рязань, 2016. - 16 с.

**6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине представлен в виде оценочных материалов в приложении.

## **7. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.**

### *а) основная:*

1. Павлов В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Учебник для вузов. - М.: Горячая линия. Телеком, 2008. – 320 с.
2. Усилительные устройства: Учеб. пособие для вузов /В.А. Андреев и др.; Под ред. О.В. Головина.-М.: Радио и связь, 1993. - 352 с.

### *б) дополнительная*

1. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств.- М.: Додэка - XXI, 2007. – 528 с.
- 2.Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. Том I: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 832 с.
- 3.Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. Том 2: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 942 с.
4. Схемотехника аналоговых электронных устройств: учеб. пособие / Д.И Попов; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. - Рязань, 2006.- 80с.
5. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. - М: Мир, 2003. - 704 с.
6. Войшвилло Г.В. Усилительные устройства: Учебник для вузов.- М: Радио и связь, 1983. – 264 с.
7. Мамонкин И. Г. Усилительные устройства: Учеб. пособие для вузов.- М: Связь, 1977.- 360 с.
8. Цыкин Г.С. Усилительные устройства. – М.: Связь, 1971. – 367 с.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

### ***Работа студента с лекционным материалом***

В процессе лекции студент должен выделять важные моменты, выводы, анализировать основные положения. Прослушанный материал лекции

студент должен проработать. От того, насколько эффективно он это сделает, зависит и прочность усвоения знаний, и, соответственно, качество восприятия предстоящей лекции, так как он более целенаправленно будет её слушать. Необходим систематический труд в течение всего семестра.

При написании конспекта лекций следует придерживаться следующих правил и рекомендаций.

1. При конспектировании следует отмечать непонятные, на данном этапе, места; записывать те пояснения лектора, которые показались особенно важными.

2. При ведении конспекта рекомендуется вести нумерацию разделов, глав, формул (в случае, если лектор не заостряет на этом внимание); это позволит при подготовке к сдаче экзамена не запутаться в структуре лекционного материала.

3. При проработке лекционного материала рекомендуется в каждом более или менее законченном пункте выразить свое мнение, комментарий, вывод.

4. При изучении лекционного материала у студента могут возникнуть вопросы. С ними следует обратиться к преподавателю после лекции или во время назначенных консультаций.

В заключение следует отметить, что конспект каждый студент записывает лично для себя. Поэтому конспект надо писать так, чтобы им было удобно пользоваться.

### ***Подготовка к лабораторным работам и ее проведение***

Главные задачи лабораторного практикума по основам теории цепей таковы:

- 1) на основе методических указаний к лабораторным работам и лекционного материала в процессе предварительного расчета освоить методики расчета параметров устройств аналоговой обработки сигналов;
- 2) используя имитационное моделирование в среде MicroCap освоить методики моделирования и приобрести навыки экспериментального исследования реальных электрических схем и измерения их параметров;

Выполнению эксперимента предшествует самостоятельная работа студента, во время которой он должен проштудировать методическое описание лабораторной работы с целью освоения теоретического материала, проведения предварительного расчета и ответа на контрольные вопросы.

Методические описания содержат:

- 1) название работы, ее цель;
- 2) элементы теории;
- 2) методику проведения работы;
- 4) порядок выполнения работы;
- 5) контрольные вопросы.

Если студент приступает к работе без чёткого представления о теории изучаемого вопроса, он не сможет адекватно проделать экспериментальное исследование и оценить полученные результаты. Поэтому этапу выполнения работы предшествует «допуск к работе».

Выполнение каждой из запланированных работ заканчивается предоставлением отчета. Требования к форме и содержанию отчета приведены в методических указаниях. Допускаясь к лабораторной работе, каждый студент должен представить преподавателю «заготовку» отчета, содержащую: оформленный титульный лист (по образцу, имеющемуся в лаборатории), результаты предварительного расчета. Чтобы сэкономить время при выполнении работы, рекомендуется заранее подготовить и таблицу для записи результатов измерений.

После выполнения лабораторной работы необходимо согласовать полученные результаты с преподавателем.

Важным этапом также является защита лабораторной работы. В процессе защиты студент отвечает на вопросы преподавателя, касающиеся теории изучаемого явления, комментирует полученные в ходе работы результаты. При подготовке к защите лабораторной работы рекомендуется пользоваться дополнительной литературой, список которой приведен в методическом описании, а также конспектом лекций. От того, насколько тщательно студент готовился к защите лабораторной работы во многом зависит и конечный результат его обучения.

### ***Подготовка к сдаче экзамена (теоретического зачета)***

Экзамен (теоретический зачет) – форма промежуточной проверки знаний, умений, навыков, степени освоения дисциплины.

Главная задача экзамена (теоретического зачета) состоит в том, чтобы у студента из отдельных сведений и деталей составилось представление об общем и конкретном содержании соответствующей дисциплины. Готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, в лабораториях, на практических занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью.

Студенту на экзамене нужно не только знать сведения из тех или иных разделов теории электрических цепей, но и владеть ими практически: уметь анализировать и рассчитывать простейшие электрические цепи, уметь пользоваться аппаратом схемотехнического моделирования.

На экзамене оцениваются:

- 1) понимание и степень усвоения теории;
- 2) методическая подготовка;
- 3) знание фактического материала;

4) знакомство с основной и дополнительно литературой, а также с современными публикациями по данному курсу;

5) умение приложить теорию к практике, правильно проводить расчеты и т. д.;

7) логика, структура и стиль ответа, умение защищать выдвигаемые положения.

Но значение экзаменов не ограничивается проверкой знаний. Являясь естественным завершением работы студента, они способствуют обобщению и закреплению знаний и умений, приведению их в строгую систему, а также устранению возникших в процессе занятий пробелов. И еще одно значение экзаменов. Они проводятся по курсам, в которых преобладает теоретический материал, имеющий большое значение для подготовки будущего специалиста.

Студенту важно понять, что самостоятельность предполагает напряженную умственную работу. Невозможно предложить алгоритм, с помощью которого преподаватель сможет научить любого студента успешно осваивать науки. Нужно, чтобы студент ставил перед собой вопросы по поводу изучаемого материала, которые можно разбить на две группы:

1) вопросы, необходимые для осмысления материала в целом, для понимания принципов построения устройств обработки сигналов;

2) текущие вопросы, которые возникают при детальном разборе материала.

Студент должен их ставить перед собой при подготовке к экзамену, и тогда на подобные вопросы со стороны преподавателя ему несложно будет ответить.

Подготовка к экзамену не должна ограничиваться беглым чтением лекционных записей, даже, если они выполнены подробно и аккуратно. Механического заучивания также следует избегать, поскольку его нельзя назвать учением уже потому, что оно создает внутреннее сопротивление какому бы то ни было запоминанию и, конечно, уменьшает память. Более надежный и целесообразный путь – это тщательная систематизация материала при вдумчивом повторении, запоминании формулировок, установлении внутриспредметных связей, увязке различных тем и разделов, закреплении путем решения задач.

Перед экзаменом назначается консультация. Цель ее – дать ответы на вопросы, возникшие в ходе самостоятельной подготовки. Здесь студент имеет полную возможность получить ответ на все неясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации весь курс. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: лектор на консультации, как правило, обращает внимание на те разделы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были

неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных разделах курса.

На непосредственную подготовку к экзамену обычно дается три - пять дней. Этого времени достаточно только для углубления, расширения и систематизации знаний, на устранение пробелов в знании отдельных вопросов, для определения объема ответов на каждый из вопросов программы.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

10.1. book.ru, ibooks.ru, window.edu.ru

10.2. Радиотехнический сайт RADIOTRACT. Радиотехника и электроника для разработчиков и радиолюбителей [http://radiotract.ru/link\\_sprav.html](http://radiotract.ru/link_sprav.html).

10.3. Электрические схемы <http://eschema.ru/>

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Лаборатория усилительных устройств оборудована двенадцатью специализированными средствами (шесть продублированных лабораторных работ). В состав стенда входят: ПЭВМ, программа имитационного моделирования MICROCAP (демоверсия), комплект «виртуальных» радиоприборов PC Lab, лабораторный макет, комплект радиоизмерительных приборов (генератор стандартных сигналов, осциллограф, милливольтметр).

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.05.01 (квалификация выпускника - специалист, форма обучения - очная).

Программу составил



к.т.н., доцент, доцент кафедры радиотехнических систем \_\_\_\_\_Осокин В.С.