

2015

2014-15-X

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор  
по учебно-методической работе

\_\_\_\_\_ А.А.Панфилов

« 31 » \_\_\_\_\_ 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«СХЕМОТЕХНИКА АНАЛОГОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ»**  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки 11.03.01 «Радиотехника»

Профиль/программа подготовки \_\_\_\_\_

Уровень высшего образования \_\_\_\_\_ бакалавриат \_\_\_\_\_

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

| Семестр | Трудоемкость зач.<br>ед./ час. | Лекции,<br>час. | Практич.<br>занятия,<br>час. | Лаборат.<br>работы,<br>час. | СРС,<br>час. | Форма промежу-<br>точного контро-<br>ля<br>(экз./зачет) |
|---------|--------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|--------------|---------------------------------------------------------|
| 4       | 5/180                          | 36              | 18                           | 18                          | 72           | Экзамен-36ч.<br>КП                                      |

Владимир, 2015

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аналоговые электронные устройства являются неотъемлемой частью современной радиотехнической аппаратуры. В природе радиосигналы существуют только в аналоговой форме, поэтому аналоговая техника, несмотря на стремительное развитие цифровых технологий, имеет исключительное практическое значение. Именно поэтому современному специалисту в области радиотехники необходимы знания основ аналоговой обработки радиосигнала, которые реализуются современной микроэлектроникой.

Курс «Схемотехника аналоговых электронных устройств» связан с рассмотрением принципов построения усилительных устройств, на основе которых может быть осуществлена любая аналоговая обработка радиосигнала. Он направлен на формирование системного подхода к проектированию радиоэлектронных и обеспечивает как общую, так и профессиональную подготовку студентов.

Целью освоения дисциплины является изучение схемотехники современных аналоговых электронных устройств. При этом большое внимание уделяется способам применения операционных усилителей для синтеза схем аналоговой обработки сигналов.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Схемотехника аналоговых электронных устройств» относится к базовой части ОПОП по направлению 11.03.01 – «Радиотехника». Дисциплина логически, содержательно и методически тесно связана с рядом теоретических дисциплин и практик ОПОП.

Для успешного усвоения студентами курса "Схемотехника аналоговых электронных устройств" необходимы знания, полученные на следующих курсах: «Основы теории цепей», «Радиотехнические цепи и сигналы», «Электронные приборы». Полученные при изучении курса студентами знания используются в последующих дисциплинах: «Устройства приема и обработки сигналов», «Устройства генерирования и формирования сигналов», «Техника получения изображений», «Обработка сигналов».

Дисциплина «Схемотехника аналоговых электронных устройств» играет важную роль в подготовке студентов к предусмотренным ОПОП учебным и производственным практикам, а также выполнению выпускной квалификационной работы.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

- **способность** к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- **способность** решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей (ОПК-3);
- **способность** учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

**Знать:** методы анализа аналоговых устройств на основе эквивалентных схем; принципы построения устройств с обратной связью; схемотехнику основных каскадов усилительных устройств; способы реализации различных функциональных соотношений при аналоговой обработке сигналов и проблемы применения таких устройств в радиоэлектронной аппаратуре различного назначения (ОК-7, ОПК-3);

**Уметь:** осуществлять синтез структурных и электрических схем АЭУ, в том числе на этапах, предшествующих анализу свойств схем с помощью ЭВМ, а также грамотно и целенаправленно (с учетом технических требований) осуществлять оптимизации параметров и структуры схем в ходе этого анализа (ОПК-7);

**Владеть:** методами расчета и способами схемотехнического проектирования разрабатываемых аналоговых устройств; методами экспериментальных исследований и испытаний разработанных устройств; методами обработки результатов экспериментальных исследований; навыками самостоятельной постановки и решения новых инженерных задач; методами и средствами разработки и оформления технической документации; типовыми программными средствами для автоматизации проектирования усилительных устройств (ОК-7, ОПК-3, ОПК-7).



#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

| №<br>п/п | Раз<br>дел (тема)<br>дисциплины                                      | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая<br>самостоятельную работу сту-<br>дентов<br>и трудоемкость (в часах) |                         |                        |                       |     |         | Объем учебной<br>работы,<br>с применением<br>интерактивных<br>методов<br>(в часах / %) | Формы текущего<br>контроля успе-<br>ваемости<br>(по неделям се-<br>местра),<br>форма промежу-<br>точной<br>аттестации<br>(по семестрам) |
|----------|----------------------------------------------------------------------|---------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----|---------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                                      |         |                 | Лекции                                                                                            | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы | Контрольные<br>работы | СРС | КП / КР |                                                                                        |                                                                                                                                         |
| 1        | 2                                                                    | 3       | 4               | 5                                                                                                 | 6                       | 7                      | 8                     | 9   | 10      | 11                                                                                     | 12                                                                                                                                      |
| 1        | Основные показатели аналоговых электронных устройств.                |         |                 |                                                                                                   |                         |                        |                       |     |         |                                                                                        |                                                                                                                                         |
| 1.1      | Классификация и параметры усилителей.                                | 4       | 1               | 2                                                                                                 |                         |                        |                       | 4   |         | 1/50%                                                                                  |                                                                                                                                         |
| 2        | Характеристики и модели полупроводниковых активных элементов.        |         |                 |                                                                                                   |                         |                        |                       |     |         |                                                                                        |                                                                                                                                         |
| 2.1      | Модели биполярных и полевых транзисторов.                            | 4       | 2               | 2                                                                                                 | 2                       |                        |                       | 4   |         | 1/25%                                                                                  |                                                                                                                                         |
| 2.2      | Схемы включения транзисторов.                                        |         | 3               | 2                                                                                                 |                         |                        |                       | 4   |         | 1/50%                                                                                  |                                                                                                                                         |
| 3        | Работа усилительного каскада в режиме малого сигнала                 |         |                 |                                                                                                   |                         |                        |                       |     |         |                                                                                        |                                                                                                                                         |
| 3.1      | Расчет положения рабочей точки.                                      | 4       | 4               | 2                                                                                                 | 2                       |                        |                       | 4   |         | 2/50%                                                                                  |                                                                                                                                         |
| 3.2      | Анализ работы схемы с ОЭ в области нижних, средних и верхних частот. |         | 5-7             | 6                                                                                                 | 2                       | 4                      |                       | 12  |         | 5/41,7%                                                                                | Рейтинг контроль №1                                                                                                                     |
| 4        | Обратные связи в усилителях                                          |         |                 |                                                                                                   |                         |                        |                       |     |         |                                                                                        |                                                                                                                                         |
| 4.1      | Виды и свойства обратных связей.                                     | 4       | 8-9             | 4                                                                                                 | 2                       | 4                      |                       | 8   |         | 5/ 50%                                                                                 |                                                                                                                                         |
| 4.2      | Свойства каскада с ОК и ОБ.                                          |         | 10-11           | 4                                                                                                 |                         |                        |                       | 8   |         | 2/ 50%                                                                                 |                                                                                                                                         |
| 5        | Оконечные каскады усилителей                                         |         |                 |                                                                                                   |                         |                        |                       |     |         |                                                                                        |                                                                                                                                         |
| 5.1      | Виды оконечных каскадов.                                             | 4       | 12              | 2                                                                                                 | 2                       | 4                      |                       | 4   |         | 2/25%                                                                                  | Рейтинг контроль №2                                                                                                                     |

|                        |                                                                                 |   |           |    |    |    |  |    |        |            |                          |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---|-----------|----|----|----|--|----|--------|------------|--------------------------|
|                        | Бестранс-<br>форматор-<br>ные усили-<br>тели мощ-<br>ности.                     |   |           |    |    |    |  |    |        |            |                          |
| 6                      | Операционные усилители.                                                         |   |           |    |    |    |  |    |        |            |                          |
| 6.1                    | Структура и<br>свойства ОУ.                                                     | 4 | 13        | 2  |    |    |  | 4  |        | 1/25 %     |                          |
| 7                      | Применение операционных усилителей                                              |   |           |    |    |    |  |    |        |            |                          |
| 7.1                    | Включение<br>ОУ, интегра-<br>торы, диффе-<br>ренциаторы,<br>логарифма-<br>торы. | 4 | 14        | 2  | 2  |    |  | 4  |        | 1/25%      |                          |
| 7.2                    | Активные<br>фильтры.                                                            |   | 15-<br>16 | 4  | 2  | 4  |  | 8  |        | 4/40%      |                          |
| 7.3                    | Функцио-<br>нальные пре-<br>образователи                                        |   | 17        | 2  | 2  |    |  | 4  |        | 1/25%      |                          |
| 7.4                    | Генераторы<br>сигналов                                                          |   | 18        | 2  | 2  | 2  |  | 4  |        | 2/ 33,3%   | Рейтинг кон-<br>троль №3 |
| <b>Всего:180 часов</b> |                                                                                 |   |           | 36 | 18 | 18 |  | 72 | К<br>П | 28ч /38,9% | Экзамен<br>КП            |

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности бакалавров для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;

- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Интернет-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;

- закрепление теоретического материала при проведении практических занятий и лабораторных работ с выполнением проблемно-ориентированных, поисковых, творческих заданий;

- самостоятельная работа студента, направленная на углубление и закрепление знаний, развитие практических умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала, заключается в работе обучающихся с лекционным материалом, поиске и анализе литературы и электронных источников информации по заданной проблеме, переводе материалов из тематических информационных ресурсов с иностранных языков, изучении тем, вынесенных на самостоятельную проработку, подготовке докладов и презентаций по результатам выполненной



работы, изучении теоретического материала к лабораторным занятиям, подготовке к экзамену.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### 6.1 Самостоятельная работа студентов

**Целью самостоятельной работы** являются формирование личности студента, развитие его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня.

Самостоятельная работа заключается в изучении содержания тем курса по конспектам, учебникам и дополнительной литературе, подготовке к практическим занятиям, выполнении заданий для самостоятельной работы, оформлении отчетов, подготовке к промежуточной аттестации и экзаменам.

Тема курсового проекта:

- расчет транзисторного усилителя мощности.

Исходные данные

| Вариант | Выходная мощность, Вт | Сопротивление нагрузки, Ом | Частотный диапазон, Гц | Коэффициент нелинейных искажений, % | Напряжение входного сигнала, мВ | Выходное сопротивление источника сигнала, кОм | Температурный диапазон              |
|---------|-----------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.      | 10                    | 3                          | 50-10000               | 0,5                                 | 10                              | 1                                             | -25 <sup>0</sup> / +50 <sup>0</sup> |
| 2.      | 20                    | 4                          | 20-12000               | 0,7                                 | 50                              | 1                                             | -25 <sup>0</sup> / +50 <sup>0</sup> |
| 3.      | 30                    | 5                          | 50-10000               | 0,9                                 | 100                             | 1                                             | -25 <sup>0</sup> / +50 <sup>0</sup> |
| 4.      | 40                    | 6                          | 20-12000               | 1,1                                 | 150                             | 1                                             | -25 <sup>0</sup> / +50 <sup>0</sup> |
| 5.      | 50                    | 7                          | 50-10000               | 1,3                                 | 200                             | 1                                             | -25 <sup>0</sup> / +50 <sup>0</sup> |
| 6.      | 60                    | 8                          | 20-12000               | 1,5                                 | 300                             | 1                                             | -25 <sup>0</sup> / +50 <sup>0</sup> |
| 7.      | 70                    | 3                          | 50-10000               | 1,7                                 | 400                             | 1                                             | -25 <sup>0</sup> / +50 <sup>0</sup> |
| 8.      | 80                    | 4                          | 20-12000               | 1,9                                 | 500                             | 10                                            | -25 <sup>0</sup> / +50 <sup>0</sup> |

Темы заданий для самостоятельной работы:

1. Математические модели активных элементов, используемые в программных средствах расчета аналоговых схем.
2. Анализ характеристик каскада с общим эмиттером по постоянному и переменному

- току. Освоение программного продукта Multisim
3. Обратные связи в усилителях и влияние их на характеристики устройства.
  4. Особенности схемотехники мощных усилителей.
  5. Схемотехника усилителей постоянного тока.
  6. Структура и параметры операционных усилителей.
  7. Построение решающих схем на операционных усилителях.
  8. Схемотехника интеграторов и дифференциаторов.
  9. Функциональные генераторы на операционных усилителях.
  10. Методика расчета активных фильтров, программные средства.
  11. Измерительные схемы на операционных усилителях.

## **6.2. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

- а) отчет по решению задач на практических занятиях;
- б) отчет по выполненным лабораторным работам;
- в) устный опрос студентов во время лекции по изучаемому материалу;
- г) вопросы к рейтинг-контролю:

### **Рейтинг контроль №1**

1. Характеристики и параметры усилителей аналоговых сигналов. Определения коэффициентов усиления, полосы пропускания, граничных частот, линейных и нелинейных искажений.
2. Числовые характеристики биполярных и полевых транзисторов.
3. Описание модели Джиаколетто.
4. Описание модели транзистора в виде активного четырехполюсника. Как определить его параметры из справочных данных.
5. Полная эквивалентная схема усилительного каскада с общим эмиттером.

### **Рейтинг контроль №2**

1. Свойства обратной связи последовательной по току. Примеры реализации.
2. Свойства обратной связи последовательной по напряжению. Примеры реализации.
3. свойства обратной связи, параллельной по напряжению. Примеры реализации.
4. Свойства обратной связи, параллельной по току. Примеры реализации.
5. Общие свойства обратных связей.
6. Свойства каскада с общей базой, его схемотехника.
7. Свойства каскада с общим коллектором, его схемотехника.
8. Схемы бестрансформаторных усилителей мощности. Мостовые усилители.

### **Рейтинг контроль №3**

1. Схемотехника источников тока и токоотводов. Токовые зеркала.
2. Схемотехника дифференциального каскада и его параметры.
3. Структура и параметры операционного усилителя.
4. Операционный усилитель в инвертирующем включении, свойства каскада.
5. Операционный усилитель в неинвертирующем включении, свойства каскада.



6. Схемы интегратора и дифференциатора.
7. Схемы измерителей сопротивления на операционном усилителе.
8. Схемотехника логарифматоров и антилогарифматоров.
9. Схемотехника релаксационных генераторов на операционном усилителе.
10. Активный фильтр нижних частот второго порядка. Схема Сален-Ки.
11. Активный фильтр нижних частот второго порядка. Схема Рауха.
12. Схемотехника перемножителей на операционных усилителях.

### **6.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации студентов по итогам освоения дисциплины**

а) вопросы к экзамену:

1. Усилитель как четырехполюсник.
2. Классификация и параметры усилителей
3. Модель биполярного транзистора
4. Способы задания рабочей точки активного элемента
5. Расчет положения рабочей точки активного элемента
6. Способы включения биполярных транзисторов
7. Каскад с общей базой, его свойства
8. Каскад с общим коллектором, его свойства
9. Каскад с общим эмиттером, анализ его работы
10. Каскад с общим эмиттером, анализ его работы в области средних частот
11. Каскад с общим эмиттером, анализ его работы в области низких частот
12. Каскад с общим эмиттером, анализ его работы в области высоких частот
13. Виды обратных связей, их влияние на основные параметры усилителей
14. Классификация обратных связей и их влияние на основные свойства усилительных устройств
15. Последовательная обратная связь по напряжению
16. Параллельная обратная связь по напряжению, ее свойства
17. Параллельно-последовательная обратная связь, ее свойства
18. Обратная последовательная связь по току, ее свойства
19. Виды оконечных каскадов
20. Двухтактные усилители мощности
21. Дифференциальный каскад, анализ его работы, свойства
22. Токоотводы (токовые зеркала)
23. Усилители постоянного тока
24. Операционный усилитель, его свойства
25. Операционный усилитель в инвертирующем включении
26. Операционный усилитель в неинвертирующем включении
27. Интегрирующие и дифференцирующие звенья на ОУ.
28. Сумматоры- вычитатели на операционном усилителе
29. Компараторы на операционном усилителе
30. Логарифматоры и антилогарифматоры на операционном усилителе
31. Активные фильтры первого порядка
32. Активные фильтры на структурах Сален-Ки
33. Активные фильтры на структурах Рауха
34. Биквадратное звено на операционном усилителе



## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Основная литература**

1. Перепелкин, Д.А. Схемотехника усилительных устройств [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2013. — 238 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=63239](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=63239).
2. Электроника и микросхемотехника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Н. Чижма. - М. : УМЦ ЖДТ, 2012. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN97858903564.html>
3. Кулинич, А.П. Схемотехника электронных средств (Схемотехника) [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2012. — 43 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=11275](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11275)

### **7.2. Дополнительная литература**

1. «Электроника» [Электронный ресурс] : Учеб. Пособие / А.С. Сигов, В.И. Нефедов, А.А. Щука/ - М. : Абрис, 2012." - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200728.html>.
2. Практикум по радиоэлектронике [Электронный ресурс] / Рябов Б.А., Малахов С.М., Хотунцев Ю.Л., - М. : Прометей, 2011. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785426300606.html>.
3. Логвинов, В.В. Схемотехника телекоммуникационных устройств, радиоприемные устройства систем мобильной и стационарной радиосвязи, теория электрических цепей. [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Логвинов, В.В. Фриск. — Электрон. дан. — М. : СОЛОН-Пресс, 2011. — 656 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=13801](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=13801)

### **7.3. Программное обеспечение**

Операционная система Windows, стандартные офисные программы MS Office, Интернет-ресурсы.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Средства вычислительной техники и демонстрационное оборудование**

Лекции читаются в аудитории кафедры РТ и РС, оснащенной мультимедиа проектором. При выполнении самостоятельной работы по освоению дисциплины студенты имеют возможность работать в компьютерном классе кафедры РТ и РС с выходом в сеть Интернет, используя лицензионное прикладное и системное программное обеспечение, а также электронные методические материалы.

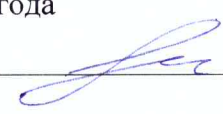
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.01 – «Радиотехника»

Рабочую программу составил к.т.н., доцент кафедры РТ и РС  В.А.Ефимов

Рецензент: генеральный директор ВКБ «Радиосвязь»  А.Е. Богданов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС

Протокол № 12 от 30.03.15 года

Заведующий кафедрой  О.Р.Никитин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 11.03.01 – «Радиотехника»

Протокол № 9 от 31.03.15 года

Председатель комиссии  О.Р.Никитин



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 16/16 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.15 года

Заведующий кафедрой  ОР Нигматов

Рабочая программа одобрена на 16/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.16 года

Заведующий кафедрой  ОР Нигматов

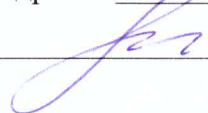
Рабочая программа одобрена на 17/18 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.05.17 года

Заведующий кафедрой  ОР Нигматов

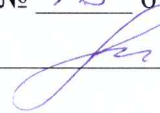
Рабочая программа одобрена на 18/19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 4.09.18 года

Заведующий кафедрой  ОР Нигматов

Рабочая программа одобрена на 19/20 учебный год

Протокол заседания кафедры № 18 от 26.06.19 года

Заведующий кафедрой  ОР Нигматов