

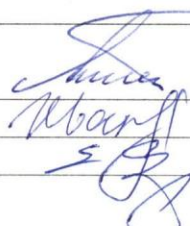
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор обеспечивающей  
Школы неразрушающего  
контроля и безопасности  
Д.А. Седнев  
«30» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2018 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

| Схемотехника аналоговых электронных устройств                                                                                               |                                        |                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|----|
| Направление подготовки/<br>специальность<br>Образовательная программа<br>(направленность (профиль))<br>Специализация<br>Уровень образования | 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника |                 |    |
|                                                                                                                                             | Прикладная электронная инженерия       |                 |    |
|                                                                                                                                             | Инжиниринг в электронике               |                 |    |
|                                                                                                                                             | высшее образование - бакалавриат       |                 |    |
|                                                                                                                                             |                                        |                 |    |
| Курс                                                                                                                                        | 3                                      | семестр         | 5  |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)                                                                                              | 6                                      |                 |    |
| Виды учебной деятельности                                                                                                                   | Временной ресурс                       |                 |    |
| Контактная (аудиторная)<br>работа, ч                                                                                                        | Лекции                                 |                 | 32 |
|                                                                                                                                             | Практические занятия                   |                 | 24 |
|                                                                                                                                             | Лабораторные занятия                   |                 | 32 |
|                                                                                                                                             | ВСЕГО                                  |                 | 88 |
| Самостоятельная работа, ч                                                                                                                   |                                        | 128             |    |
| в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с<br>выделенной промежуточной аттестацией (курсовой<br>проект, курсовая работа)                |                                        | Курсовой проект |    |
| ИТОГО, ч                                                                                                                                    |                                        | 216             |    |

| Вид промежуточной<br>аттестации | Экзамен<br>дифзачет | Обеспечивающее<br>подразделение | Отделение<br>Электронной<br>инженерии |
|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------------|

|                                                             |                                                                                     |                 |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Зав. кафедрой - руководитель<br>отделения на правах кафедры |  | П.Ф. Баранов    |
| Руководитель ООП                                            |                                                                                     | В.С. Иванова    |
| Преподаватель                                               |                                                                                     | Е.В. Ярославцев |

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                     | Индикаторы достижения компетенций |                                                                                                                                                              | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) |                                                                                                                                                      |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                              | Код индикатора                    | Наименование индикатора достижения                                                                                                                           | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                         |
| ОПК(У)-1        | Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.                   | И.ОПК(У)-1.15                     | Демонстрирует способность использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для расчета и анализа схем аналоговых электронных устройств | ОПК(У)-1.15В1                                               | Владеет навыками использования знаний физики и математики при расчетах схем аналоговых электронных устройств                                         |
|                 |                                                                                                                                              |                                   |                                                                                                                                                              | ОПК(У)-1.15 У1                                              | Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач расчета и анализа схем аналоговых электронных устройств                  |
|                 |                                                                                                                                              |                                   |                                                                                                                                                              | ОПК(У)-1.15З1                                               | Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы в области расчета и анализа схем аналоговых электронных устройств |
| ОПК(У)-2        | Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных. | И.ОПК(У)-2.7                      | Демонстрирует способность проводить экспериментальные исследования схем аналоговых электронных устройств                                                     | ОПК(У)-2.7В1                                                | Владеет навыками организации экспериментального исследования схем аналоговых электронных устройств                                                   |
|                 |                                                                                                                                              |                                   |                                                                                                                                                              | ОПК(У)-2.7У1                                                | Умеет проводить экспериментальные исследования схем аналоговых электронных устройств                                                                 |
|                 |                                                                                                                                              |                                   |                                                                                                                                                              | ОПК(У)-2.7З1                                                | Знает методы экспериментального исследования схем аналоговых электронных устройств                                                                   |

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине |              | Индикатор достижения компетенции |
|-----------------------------------------------|--------------|----------------------------------|
| Код                                           | Наименование |                                  |

|       |                                                                                                                                       |               |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| РД-1  | Применять знания общих законов, теорий, уравнений, методов для решения инженерных задач в области электрических и электронных цепей   | И.ОПК(У)-1.15 |
| РД-2  | Выполнять расчеты и проектирование базовых узлов электронной аппаратуры.                                                              | И.ОПК(У)-1.15 |
| РД -3 | Применять экспериментальные методы определения основных характеристик и параметров пассивных электрических цепей.                     | И.ОПК(У)-2.7  |
| РД-4  | Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях электрических и электронных цепей | И.ОПК(У)-2.7  |

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

#### 4. Структура и содержание дисциплины Основные виды учебной деятельности

| Разделы дисциплины                                     | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности <sup>1</sup> | Объем времени, ч. |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|
| Раздел 1. Электронные усилители электрических сигналов | РД-1, РД-2, РД-3, РД-4                       | Лекции                                 | 12                |
|                                                        |                                              | Практические занятия                   | 12                |
|                                                        |                                              | Лабораторные занятия                   | 16                |
|                                                        |                                              | Самостоятельная работа                 | 50                |
| Раздел 2. Обратные связи (ОС) в электронных усилителях | РД-1, РД-2, РД-3, РД-4                       | Лекции                                 | 4                 |
|                                                        |                                              | Практические занятия                   | 4                 |
|                                                        |                                              | Лабораторные занятия                   | 0                 |
|                                                        |                                              | Самостоятельная работа                 | 18                |
| Раздел 3. Специальные типы электронных усилителей      | РД-1, РД-2, РД-3, РД-4                       | Лекции                                 | 8                 |
|                                                        |                                              | Практические занятия                   | 4                 |
|                                                        |                                              | Лабораторные занятия                   | 8                 |
|                                                        |                                              | Самостоятельная работа                 | 30                |
| Раздел 4. Генераторы гармонических сигналов            | РД-1, РД-2, РД-3, РД-4                       | Лекции                                 | 8                 |
|                                                        |                                              | Практические занятия                   | 4                 |
|                                                        |                                              | Лабораторные занятия                   | 8                 |
|                                                        |                                              | Самостоятельная работа                 | 30                |

Содержание разделов дисциплины:

##### Раздел 1. Электронные усилители электрических сигналов

*Дается определение электронного усилителя (ЭУ), классификация усилительных устройств по различным признакам. Рассматриваются параметры и характеристики ЭУ, структурная схема, способы задания и стабилизации положения рабочей точки усилительного элемента, классы усиления. Поясняется принцип действия ЭУ на примере резистивно-емкостного усилительного каскада на биполярном транзисторе с общим эмиттером. Приводятся основные расчетные соотношения, области применения усилительных устройств.*

##### Темы лекций:

1. Общие сведения об электронных усилителях (ЭУ), классификация. Параметры усилительных устройств: входные, выходные.
2. Коэффициенты усиления ЭУ, КПД. Частотная и фазовая характеристики усилителя, полоса пропускания. Линейные искажения выходного сигнала. Коэффициент частотных искажений.
3. Переходная характеристика ЭУ, переходные искажения и параметры, используемые для их количественного определения. Нелинейные искажения выходного сигнала, коэффициент нелинейных искажений.
4. Амплитудная характеристика усилителя, динамический диапазон. Шумы, помехи, фон. Борьба с шумами.
5. Резистивно-емкостной усилитель электрического сигнала (RC-усилитель). Назначение элементов и принцип действия базовой схемы RC-усилителя на примере каскада на биполярном транзисторе с общим эмиттером.
6. Динамические характеристики ЭУ, классы усиления, рекомендации по выбору положения рабочей точки усилительного элемента.

### **Темы практических занятий:**

1. Задание рабочей точки биполярному транзистору при различных схемах включения от отдельного источника смещения. Достоинства и недостатки. Основные расчетные соотношения.
2. Задание рабочей точки биполярному транзистору при различных схемах включения методом фиксированного тока базы. Расчет цепей смещения. Достоинства и недостатки метода.
3. Задание рабочей точки биполярному транзистору при различных схемах включения методом фиксированного потенциала базы. Методика расчета цепей смещения. Достоинства и недостатки метода.
4. Эмиттерная термостабилизация положения рабочей точки биполярного транзистора. Механизм термостабилизации. Расчет и выбор элементов термостабилизирующей цепи.
5. Коллекторная термостабилизация положения рабочей точки биполярного транзистора при разных схемах включения. Механизм термостабилизации. Методы термокомпенсации изменения положения рабочей точки.
6. Выбор сопротивления резистора в выходной цепи усилительного элемента.

### **Названия лабораторных работ:**

1. Исследование RC-усилителей на биполярных транзисторах.
2. Исследование RC-усилителей на полевых транзисторах.

## **Раздел 2. Обратные связи (ОС) в электронных усилителях**

*Приводятся общие сведения об обратных связях (ОС) в электронных усилителях, дается классификация ОС в зависимости от способов снятия сигнала с выхода устройства и подачи на вход. Рассматривается влияние ОС на основные параметры и характеристики усилителя: величину и стабильность коэффициента усиления, входное и выходное сопротивление, частотные и нелинейные искажения. Даются рекомендации по обеспечению устойчивости ЭУ с обратными связями.*

### **Темы лекций:**

1. Обратная связь в электронном усилителе – общие сведения о ОС, классификация в зависимости от способов снятия сигнала ОС с выхода устройства и подачи на вход.
2. Влияние ОС на основные параметры и характеристики усилителя: величину и стабильность коэффициента усиления, входное и выходное сопротивление, частотные и нелинейные искажения. Самовозбуждение и обеспечение устойчивости ЭУ с обратными связями.

### **Темы практических занятий:**

1. Применение частотного метода для определения устойчивости многокаскадного электронного усилителя.
2. Практические рекомендации по повышению устойчивости электронных усилителей с ОС.

## **Раздел 3. Специальные типы электронных усилителей**

*Рассматриваются специальные типы электронных усилителей: усилители постоянного тока с непосредственными связями, дифференциальные каскады на биполярных и полевых*

*транзисторах, однотактный и двухтактный трансформаторные усилители мощности, двухтактные бестрансформаторные усилители мощности – схемы на одиночных и составных транзисторах одинакового и различного типа проводимости (с дополнительной симметрией). Приводятся схемы устройств, поясняется принцип действия и особенности схемотехники, даются основные расчетные соотношения. Указываются достоинства и недостатки, а также области применения.*

#### **Темы лекций:**

1. Усилители постоянного тока с непосредственными связями – особенности схемотехники, дрейф нуля, основные расчетные соотношения, достоинства и недостатки, области применения.
2. Дифференциальные каскады на биполярных и полевых транзисторах – базовая схема, принцип действия, коэффициенты усиления по основному и дифференциальному выходам.
3. Однотактный и двухтактный трансформаторные усилители мощности. Схемотехника, принцип действия, основные расчетные соотношения и параметры, области применения, достоинства и недостатки.
4. Двухтактные бестрансформаторные усилители мощности – схемы на одиночных и составных транзисторах одинакового и различного типа проводимости (с дополнительной симметрией) – особенности схемотехники, принцип работы, основные расчетные соотношения, достоинства и недостатки, области применения.

#### **Темы практических занятий:**

1. Расчет дифференциального каскада с несимметричной нагрузкой на биполярных (полевых) транзисторах.
2. Расчет двухтактного бестрансформаторного усилителя мощности на комплементарной паре одиночных биполярных транзисторов.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Исследование бестрансформаторного усилителя мощности на комплементарной паре биполярных транзисторов.

### **Раздел 4. Генераторы гармонических сигналов**

*Дается определение и классификация генераторов гармонических колебаний. Раскрываются понятия «Зависимые генераторы» и «Автогенераторы». Рассматриваются условия возникновения автоколебаний в схеме автогенератора – мягкий и жесткий режимы самовозбуждения; LC-автогенераторы с трансформаторной и автотрансформаторной положительной обратной связью – схемотехника, принцип работы, основные расчетные соотношения и параметры, области применения; RC-автогенераторы – с мостом Вина, с фазирующими цепями, с двойным T-образным мостом. Указываются особенности схемотехники, достоинства и недостатки схемных решений, области применения.*

#### **Темы лекций:**

1. Генераторы электрических колебаний: определение и классификация по основным признакам. Генераторы гармонического сигнала (ГСС) – условия самовозбуждения.
2. Режимы самовозбуждения ГСС: мягкий, жесткий. LC-автогенератор с трансформаторной положительной обратной связью: схема, принцип действия, основные расчетные соотношения и параметры, области применения.
3. LC-автогенераторы с автотрансформаторной положительной обратной связью:

схемотехника, условия самовозбуждения, основные расчетные соотношения и параметры, области применения.

4.  $RC$ -автогенераторы – с мостом Вина, с фазирующими цепями, с двойным Тобразным мостом. Особенности схемотехники, достоинства и недостатки, области применения.

#### **Темы практических занятий:**

1. Расчет автогенератора с трансформаторной положительной обратной связью.
2. Расчет  $RC$ -автогенератора с фазирующей цепью в цепи положительной обратной связи.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Исследование базовых схем автогенераторов гармонических колебаний.

#### **Темы курсового проектирования**

Курсовой проект, реализующий индивидуальное техническое задание, выполняется на тему: «Проектирование  $RC$ -усилителя».

### **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

- Подготовка к предстоящей лекции и работа с лекционным материалом.
- Подготовка к предстоящему практическому занятию, работа с материалом занятия, выполнение домашних заданий.
- Подготовка к выполнению лабораторных работ.
- Выполнения отчетов, подготовка к защите и защита лабораторных работ.
- Выполнение, подготовка к защите и защита индивидуальных домашних заданий (ИДЗ).
- Подготовка к контрольным работам, написание контрольных работ.
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку.
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.
- Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине.

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **6.1. Учебно-методическое обеспечение Основная литература**

1. Калашников, Владимир Иванович. Электроника и микропроцессорная техника : учебник в электронном формате [Электронный ресурс] / В. И. Калашников, С. В. Нефедов; под ред. Г. Г. Раннева. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740MB). — Москва: Академия, 2012. — 1 Мультимедиа CD-ROM. — Высшее профессиональное образование.— ISBN 978-5-7695-8797-9. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/FN/fn-111.pdf> (контент)

2. Гусев, Владимир Георгиевич. Электроника и микропроцессорная техника : учебник для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. — 5-е изд., стер.. — Москва: Высшая школа, 2008. — 798 с.: ил.. — Для высших учебных заведений. — Библиогр.: с. 786-787.. — ISBN 978-5-06-005680-8.

3. Забродин, Юрий Сергеевич. Промышленная электроника: учебник для вузов / Ю.С. Забродин. – 2-е изд., стер. – Москва: Альянс, 2014. – 496 с.: ил. – Библиогр.: с. 486-488. – Предметный указатель: с. 489–494. – ISBN 987-5-903-034-34-5.

4. Прянишников, Виктор Алексеевич. Электроника: полный курс лекций / В.А. Прянишников. – Санкт-Петербург: Корона-Век, 2014. – 415 с.: ил.. – Учебник для высших и средних учебных заведений. – ISBN 978-5-7931-0944-4.

#### **Дополнительная литература**

1. Титце, Ульрих. Полупроводниковая схемотехника [Электронный ресурс] пер. с нем.: в 2-х т. Том 1: Полупроводниковая схемотехника. / Титце У., Шенк К. – 12-е изд. – Москва: ДМК Пресс, 2009. – 832 с.

Схема доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=915](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=915)

2. Расчет электронных схем. Примеры и задачи: учебное пособие / Г.И. Изъюрова, Г.В. Королев, В.А. Терехов, М.А. Ожогин. – Москва: Высшая школа, 1987. – 334 с.

3. Гусев, Владимир Георгиевич. Электроника и микропроцессорная техника: учебник / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – 6-е изд., стер. – Москва: КноРус, 2016. – 798 с.: ил. – Бакалавриат. – Библиогр.: с. 786-787. – ISBN 978-5-406-04844-3. **6.2 Информационное обеспечение**

#### **Internet-ресурсы:**

1. <http://portal.tpu.ru/SHARED/y/YAROSLAVTSEV> – персональный сайт преподавателя
2. <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb> – информационно-справочные системы и профессиональные базы данных НТБ.

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с  
**Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ):**

1. Adobe Acrobat Reader DC;
2. Adobe Flash Player;
3. Cisco Webex Meetings;
4. Document Foundation LibreOffice;
5. Google Chrome;
6. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
7. Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic;
8. Mozilla Firefox ESR; Zoom Zoom

**7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины В**  
учебном процессе используется следующее оборудование:

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                                        | Наименование оборудования                                                                                                                                                                                                   |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, аудитория 107 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Комплект учебной мебели на 15 посадочных мест;</li> <li>• Стол письменный - 6 шт.;</li> <li>• Осциллограф GOS-620 - 10 шт.;</li> <li>• Генератор АКИП -3408/1 – 10 шт.;</li> </ul> |

|   |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                              |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 30 234 | Доска аудиторная настенная - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 168 посадочных мест; Проектор - 3 шт.; Компьютер - 90 шт.; |
| 3 | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Тимакова улица, 12 301     | Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.                                                             |
| 4 | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Тимакова улица, 12 317     | Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 68 посадочных мест;<br>Проектор - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.    |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, специализации «Инжиниринг в электронике» (приема 2018 г., очная форма обучения). Разработчик(и):

| Должность  | ФИО             |
|------------|-----------------|
| Доцент ОЭИ | Е.В. Ярославцев |

Программа одобрена на заседании Отделения электронной инженерии ИШНКБ (протокол от «07» июня 2018 г. № 6).

Зав. кафедрой – руководитель отделения  
на правах кафедры,  
К.Т.Н.

П.Ф. Баранов

подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| Учебный год                 | Содержание /изменение                                                                                                                                                                                                            | Обсуждено на заседании<br>ОЭИ ИШНКБ<br>(протокол) |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 2018/2019<br>учебный<br>год | 1. Изменена система оценивания                                                                                                                                                                                                   | От 29.08.2018 г.<br>№ 8                           |
| 2019/2020<br>учебный<br>год | 1. Обновлено программное обеспечение<br>2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем<br>3. Обновлено содержание разделов дисциплины<br>4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС | От 28.06.2019 г.<br>№ 19                          |
| 2020/2021<br>учебный<br>год | 1. Обновлено программное обеспечение<br>2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем<br>3. Обновлено содержание разделов дисциплины<br>4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС | От 01.09.2020 г.<br>№ 37                          |