

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  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

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

**Схемотехника аналоговых электронных устройств**

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

Вид промежуточной аттестации	<b>Экзамен дифзачет</b>	Обеспечивающее подразделение	<b>Отделение Электронной инженерии</b>
Заведующий кафедрой- руководитель Отделения Руководитель ООП Преподаватель			П.Ф. Баранов
			В.С. Иванова
			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 приёмы обработки и представления полученных данных.	И.ОПК(У)-2.7В1	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:

Код	Планируемые результаты обучения по дисциплине <sup>1</sup>		Индикатор достижения компетенции
	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)-2.7В1
РД-4	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях электрических и электронных цепей		И.ОПК(У)-2.7В1

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>2</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	8
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 фазированными 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 фазированными цепями, с двойным T-образным 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. 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.

2. 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.

#### **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. Игумнов Дмитрий Васильевич. Основы полупроводниковой электроники: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] /Д.В. Игумнов, Г.П. Костюнина – 2-е изд., доп. – Москва: Горячая линия-Телеком, 2011. – 393 с.: ил.

Схема доступа: <https://b-ok2.org/book/2852606/722d88>

3. Остапенко, Григорий Степанович. Усилительные устройства: учебное пособие [Электронный ресурс] / Г.С. Остапенко. – Москва: Радио и связь, 1989. – 400 с.  
 Схема доступа: <http://en.bookfi.net/book/1504453>

4. 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.

5. 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.

## 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) 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 АК ИП -3408/1 – 10 шт.;</li> </ul>
	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 30 234	Доска аудиторная настенная - 1 шт. ; Комплект учебной мебели на 168 посадочных мест; Проектор - 3 шт. ; Компьютер - 90 шт. ;
	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной	Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.

	аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Тимакова улица, 12 301	
	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Тимакова улица, 12 317	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 68 посадочных мест; Проектор - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.

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

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОЭИ		Е.В. Ярославцев

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

Руководитель выпускающего подразделения,  
к.т.н.

\_\_\_\_\_/П.Ф. Баранов/  
подпись



**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

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