

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Светотехника и источники света

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СХЕМОТЕХНИКА**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Обязательная</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.О.19</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 7;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>252 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>5 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>5 семестр - 18 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 149,2 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>5 семестр - 15,7 часов;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>5 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Лабораторная работа</b> <b>Индивидуальный проект</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Защита курсовой работы</b>	<b>5 семестр - 0,3 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>5 семестр - 0,5 часа;</b>
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

**Преподаватель**

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Воронин П.А.
	Идентификатор	R8090f709-VoroninPA-bf2fdc05

(подпись)

**П.А. Воронин**

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель образовательной программы**

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Григорьев А.А.
	Идентификатор	R28090f70-GrigoryevAA-7e2fdc05

(подпись)

**А.А. Григорьев**

(расшифровка подписи)

**Заведующий выпускающей кафедры**

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Боос Г.В.
	Идентификатор	R4494501d-BoosGeorV-031c67c1

(подпись)

**Г.В. Боос**

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основ расчета и анализа режимов работы электронных цепей непрерывного действия.

### Задачи дисциплины

- овладение основами расчета усилительных каскадов;
- изучение основных разновидностей операционных усилителей;
- освоение методов анализа режимов работы усилительных каскадов;
- изучение применения операционных усилителей в различных устройствах электронной техники.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-1 способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИД-2 <sub>оПК-1</sub> Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	знать: - основные энергетические характеристики мощного каскада; - абсолютный и относительный коэффициенты стабилизации.  уметь: - рассчитывать параметры стабилизаторов и схем их защиты; - рассчитывать дифференциальный коэффициент усиления и синфазный коэффициент подавления; - рассчитывать параметры основных аналоговых операций; - рассчитывать средние и действующие значения токов и напряжений в усилителе мощности.
ОПК-2 способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ИД-2 <sub>оПК-2</sub> Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	знать: - дифференциальные и синфазные способы подключения входного сигнала к усилителю; - типовые схемы смещения рабочей точки биполярных и полевых транзисторов; - параметры идеального и реального операционного усилителя.  уметь: - составлять эквивалентные схемы усилителей на постоянном токе.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Светотехника и источники света (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные типы полупроводниковых приборов и их статические характеристики
- знать эквивалентные схемы транзисторов в режиме большого и малого сигнала
- знать методы расчета установившихся процессов в линейных электрических цепях
- уметь рассчитывать линейные электрические цепи
- уметь составлять эквивалентные схемы усилителей

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Каскады усилителей переменного тока	46	5	8	4	8	-	-	-	-	-	26	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Каскады усилителей переменного тока" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 89-112 [2], стр. 162-175
1.1	Одиночные каскады с емкостной связью	46		8	4	8	-	-	-	-	-	26	-	
2	Каскады усилителей постоянного тока и дифференциальный каскад	33		5	3	5	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Каскады усилителей постоянного тока. Дифференциальный каскад." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 137-150 [2], стр. 180-188
2.1	Одиночные каскады с непосредственной связью	33		5	3	5	-	-	-	-	-	20	-	
3	Операционные усилители, схемы на операционных усилителях.	37		8	3	8	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Операционные усилители, схемы на операционных усилителях." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 150-163 [2], стр. 233-247, 250-261 [3], стр. 295-301
3.1	Аналоговые микроэлектронные структуры	37		8	3	8	-	-	-	-	-	18	-	
4	Мощные	30		5	3	5	-	-	-	-	-	17	-	<b><u>Самостоятельное изучение</u></b>

	усилительные каскады													<i><b>теоретического материала:</b></i> Изучение дополнительного материала по разделу "Мощные усилительные каскады"
4.1	Усилители мощности с трансформаторной связью и дополнительной симметрией	30	5	3	5	-	-	-	-	-	17	-	-	<i><b>Изучение материалов литературных источников:</b></i> [1], стр. 121-131 [2], стр. 199-220
5	Интегральные стабилизаторы напряжения и генераторы сигналов специальной формы	34	6	3	6	-	-	-	-	-	19	-	-	<i><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></i> Изучение дополнительного материала по разделу "Интегральные стабилизаторы напряжения"
5.1	Параметрические и компенсационные стабилизаторы напряжения и генераторы	34	6	3	6	-	-	-	-	-	19	-	-	<i><b>Изучение материалов литературных источников:</b></i> [1], стр. 306-314
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	36.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	15.7	-	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>252.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>115.7</b>	<b>33.5</b>		
	<b>Итого за семестр</b>	<b>252.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>18</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>149.2</b>			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### 3.2 Краткое содержание разделов

#### 1. Каскады усилителей переменного тока

##### 1.1. Одиночные каскады с емкостной связью

Усилители.. Каскады усилителей переменного тока.. Расчет вторичных параметров усилителей.. Анализ режима по постоянному току и анализ при малом входном сигнале..

#### 2. Каскады усилителей постоянного тока и дифференциальный каскад

##### 2.1. Одиночные каскады с непосредственной связью

Усилители постоянного тока.. Дифференциальный каскад.. Дифференциальный коэффициент усиления и коэффициент ослабления синфазного сигнала.. Зеркало тока..

#### 3. Операционные усилители, схемы на операционных усилителях.

##### 3.1. Аналоговые микроселектронные структуры

Операционный усилитель.. Структура и основные параметры.. Ошибка усиления.. Типовые схемы на операционных усилителях и расчет их параметров..

#### 4. Мощные усилительные каскады

##### 4.1. Усилители мощности с трансформаторной связью и дополнительной симметрией

Мощные двухтактные каскады.. Мощный каскад с трансформаторным выходом.. Бестрансформаторный каскад на комплементарных транзисторах.. Расчет энергетических характеристик мощных усилителей..

#### 5. Интегральные стабилизаторы напряжения и генераторы сигналов специальной формы

##### 5.1. Параметрические и компенсационные стабилизаторы напряжения и генераторы

Интегральный стабилизатор последовательного типа. Структурная схема. Коэффициент стабилизации.. Источник опорного напряжения. Температурная компенсация. Защита от перегрузки по току и защита по мощности.. Генераторы синусоидальных, импульсных и треугольных сигналов.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Режимы работы транзисторов и цепи смещения рабочей точки биполярных и полевых транзисторов;
2. Одиночные усилительные каскады на биполярных транзисторах;
3. Одиночные усилительные каскады на полевых транзисторах;
4. Одиночные усилительные каскады. Расчет вторичных параметров схемы и граничных частот усиления;
5. Дифференциальный каскад. Расчет параметров дифференциального каскада;
6. Зеркало тока. Дифференциальный каскад с динамической нагрузкой;
7. Мощные каскады. Двухтактные каскады класса В;
8. Расчет энергетических характеристик мощных трансформаторных каскадов;
9. Расчет энергетических характеристик мощных бестрансформаторных каскадов;
10. Операционный усилитель (ОУ). Передаточная характеристика усилителя;
11. Инвертирующие и не инвертирующие усилители на ОУ;
12. Сумматоры на ОУ;
13. Дифференциальный усилитель на ОУ. Схема интегратора на ОУ;

14. Интегральные стабилизаторы напряжения. Структурная схема. Расчет параметров;
15. Источники опорного напряжения. Схема температурной компенсации;
16. Схемы защиты интегрального стабилизатора по току и по мощности.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Дифференциальный каскад;
2. Усилители с ОЭ, ОБ, ОК;
3. Стабилизаторы напряжения;
4. Усилители мощности.

### **3.5 Консультации**

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Каскады усилителей переменного тока"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Каскады усилителей постоянного тока и дифференциальный каскад"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Мощные усилительные каскады"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Интегральные стабилизаторы напряжения и генераторы сигналов специальной формы"

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Варианты схем на операционных усилителях.

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

#### **5 Семестр**

#### Курсовая работа (КР)

##### Темы:

- Разработка одиночного усилительного каскада на полевых транзисторах со стабилизированным источником питания постоянного тока и схемой защиты от перегрузок по току и мощности
- Разработка одиночного усилительного каскада на биполярных транзисторах со стабилизированным источником питания постоянного тока и схемой защиты от перегрузок по току и мощности
- Разработка одиночного усилительного каскада со следящей обратной связью на биполярных транзисторах со стабилизированным источником питания постоянного тока и схемой защиты от перегрузок по току и мощности
- Разработка одиночного усилительного каскада со следящей обратной связью на полевых транзисторах со стабилизированным источником питания постоянного тока и схемой защиты от перегрузок по току и мощности

#### **График выполнения курсового проекта**



Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 14	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	1	2	2	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	25	25	25	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	50	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Промежуточные и оконечные каскады усиления
2	Параметрический стабилизатор напряжения

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
<b>Знать:</b>							
абсолютный и относительный коэффициенты стабилизации	ИД-2ОПК-1					+	Лабораторная работа/Усилители мощности и Стабилизаторы напряжения
основные энергетические характеристики мощного каскада	ИД-2ОПК-1				+		Лабораторная работа/Усилители мощности и Стабилизаторы напряжения
параметры идеального и реального операционного усилителя	ИД-2ОПК-2			+			Индивидуальный проект/Расчёт одиночных усилительных каскадов и схем на операционном усилителе
типовые схемы смещения рабочей точки биполярных и полевых транзисторов	ИД-2ОПК-2	+					Контрольная работа/Усилители с RC-связями Лабораторная работа/Усилители с ОЭ, ОБ, ОК
дифференциальные и синфазные способы подключения входного сигнала к усилителю	ИД-2ОПК-2		+				Лабораторная работа/Дифференциальный каскад Контрольная работа/Усилители постоянного тока
<b>Уметь:</b>							
расчитывать средние и действующие значения токов и напряжений в усилителе мощности	ИД-2ОПК-1					+	Лабораторная работа/Усилители мощности и Стабилизаторы напряжения
расчитывать параметры основных аналоговых операций	ИД-2ОПК-1			+			Индивидуальный проект/Расчёт одиночных усилительных каскадов и схем на операционном усилителе
расчитывать дифференциальный коэффициент усиления и синфазный коэффициент подавления	ИД-2ОПК-1		+				Лабораторная работа/Дифференциальный каскад Контрольная работа/Усилители постоянного тока
расчитывать параметры стабилизаторов и схем их защиты	ИД-2ОПК-1					+	Лабораторная работа/Усилители мощности и Стабилизаторы напряжения
составлять эквивалентные схемы усилителей на постоянном токе	ИД-2ОПК-2	+					Контрольная работа/Усилители с RC-связями Лабораторная работа/Усилители с ОЭ, ОБ, ОК

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **5 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Дифференциальный каскад (Лабораторная работа)
2. Расчёт одиночных усилительных каскадов и схем на операционном усилителе (Индивидуальный проект)
3. Усилители мощности и Стабилизаторы напряжения (Лабораторная работа)
4. Усилители с ОЭ, ОБ, ОК (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Усилители постоянного тока (Контрольная работа)
2. Усилители с RC-связями (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### Экзамен (Семестр №5)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

#### Курсовая работа (КР) (Семестр №5)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Забродин, Ю. С. Промышленная электроника : Учебник для энергетических и электромеханических специальностей вузов / Ю. С. Забродин . – 2-е изд., стер . – М. : Альянс, 2008 . – 496 с. - ISBN 978-5-903034-34-5 .;
2. Гусев, В. Г. Электроника : Учебное пособие для приборостроительных специальностей вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 1991 . – 622 с. - ISBN 5-06-000681-6 .;
3. В. И. Мелешин- "Транзисторная преобразовательная техника", Издательство: "Техносфера", Москва, 2005 - (628 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273791>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;

4. Майнд Видеоконференции.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
12. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Схемотехника

(название дисциплины)

#### 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Усилители с RC-связями (Контрольная работа)
- КМ-2 Усилители с ОЭ, ОБ, ОК (Лабораторная работа)
- КМ-3 Усилители постоянного тока (Контрольная работа)
- КМ-4 Дифференциальный каскад (Лабораторная работа)
- КМ-5 Расчёт одиночных усилительных каскадов и схем на операционном усилителе (Индивидуальный проект)
- КМ-6 Усилители мощности и Стабилизаторы напряжения (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	10	12	14	16
1	Каскады усилителей переменного тока							
1.1	Одиночные каскады с емкостной связью		+	+				
2	Каскады усилителей постоянного тока и дифференциальный каскад							
2.1	Одиночные каскады с непосредственной связью				+	+		
3	Операционные усилители, схемы на операционных усилителях.							
3.1	Аналоговые микросхемные структуры						+	
4	Мощные усилительные каскады							
4.1	Усилители мощности с трансформаторной связью и дополнительной симметрией							+
5	Интегральные стабилизаторы напряжения и генераторы сигналов специальной формы							
5.1	Параметрические и компенсационные стабилизаторы напряжения и генераторы							+
Вес КМ, %:			15	15	20	15	20	15

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Схемотехника

(название дисциплины)

### 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

- КМ-1 Выбор схемы усилительного каскада и назначение основных элементов
- КМ-2 Расчет режимов работы усилительного каскада
- КМ-3 Выбор схемы защиты стабилизатора напряжения
- КМ-4 Расчет параметров схемы защиты

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Промежуточные и оконечные каскады усиления		+	+		
2	Параметрический стабилизатор напряжения				+	+
Вес КМ, %:			25	25	25	25