

**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: Промышленная электроника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.01.06</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 115,7 часов;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>5 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рашитов П.А.
	Идентификатор	R66e8dfb1-RashitovPA-1953162c

П.А. Рашитов

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рашитов П.А.
	Идентификатор	R66e8dfb1-RashitovPA-1953162c

П.А. Рашитов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Асташев М.Г.
	Идентификатор	R7a29e524-AstashevMG-0583186f

М.Г. Асташев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение математических основ анализа, расчета и моделирования электронных аналоговых схем. Приобретение навыков схемотехнического проектирования аналоговых и импульсных схем

### Задачи дисциплины

- Знакомство с видами аппроксимации характеристик силовых компонентов схем, а также определению параметров моделей компонентов;
- Знакомство с математическими методами анализа статических режимов работы элементов схем;
- Освоение принципов математического моделирования малосигнальных схем замещения и анализа переходных процессов;
- Приобретение навыков технологии разработки имитационных моделей компонентов и определения их анализа.

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
ПК-1 Способен строить физические и математические модели принципиальных схем, блоков, устройств и установок электроники и нанoeлектроники, осуществлять моделирование и анализ с использованием стандартных программных средств компьютерного моделирования	ИД-ЗПК-1 Умеет строить и верифицировать физические и математические модели модулей, узлов, блоков электронных устройств	знать: - аналитические модели основных полупроводниковых компонентов; - методы определения и проверки параметров моделей полупроводниковых компонентов.  уметь: - проводить численный расчет режимов работы полупроводниковых компонентов в различных схемных решениях; - проводить расчеты усредненных моделей компонентов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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	Аппроксимация характеристик и определение параметров моделей электронных компонентов	50	5	16	4	4	-	-	-	-	-	26	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Аппроксимация характеристик и определение параметров моделей электронных компонентов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 73-115 [2], стр. 15-39</p>
1.1	Аппроксимация характеристик и определение параметров моделей электронных компонентов	50		16	4	4	-	-	-	-	-	26	-	
2	Анализ статического режима и малосигнальный анализ электронных схем	40		8	4	4	-	-	-	-	-	24	-	
2.1	Анализ статического режима и малосигнальный анализ электронных схем	40		8	4	4	-	-	-	-	-	24	-	
3	Анализ переходных процессов в нелинейных схемах	36		4	4	4	-	-	-	-	-	24	-	
3.1	Анализ переходных процессов в нелинейных схемах	36		4	4	4	-	-	-	-	-	24	-	

													<u>источников:</u> [1], стр. 73-115 [3], стр. 329-338
4	Основы анализа дискретных схем	36	4	4	4	-	-	-	-	-	24	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы анализа дискретных схем"
4.1	Основы анализа дискретных схем	36	4	4	4	-	-	-	-	-	24	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>98</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>115.7</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Аппроксимация характеристик и определение параметров моделей электронных компонентов

1.1. Аппроксимация характеристик и определение параметров моделей электронных компонентов

Виды аппроксимации, модели диода и стабилитрона, модели биполярных транзисторов, модели полевых транзисторов, модели операционных усилителей и компараторов.

#### 2. Анализ статического режима и малосигнальный анализ электронных схем

2.1. Анализ статического режима и малосигнальный анализ электронных схем

Графические методы анализа статических режимов, аналитический кусочно-линейный анализ. Численные методы. Метод эквивалентных схем, обобщенный матричный метод узловых потенциалов.

#### 3. Анализ переходных процессов в нелинейных схемах

3.1. Анализ переходных процессов в нелинейных схемах

Приближенный анализ в области малых времен, больших времен. Составление дифференциальных уравнений сложных схем по законам Кирхгофа, с помощью М-матрицы. Аналитический и численно-аналитический кусочно-линейных анализ.

#### 4. Основы анализа дискретных схем

4.1. Основы анализа дискретных схем

Выбор структуры, составление математической модели и ее проверка, параметрический синтез, проверочный анализ. Скалярная оптимизация аналитического решения, решение в математической системе.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Модели полупроводниковых компонентов. Определение параметров моделей;
2. Применение численных методов решения статического режима работы компонентов;
3. Применение численных методов решения схемы в переходных процессах;
4. Анализ дискретных схем.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Анализ сложной дискретной схемы;
2. Имитационное моделирование работы схемы в динамических режимах работы;
3. Имитационное моделирование работы схемы в статических режимах работы;
4. Определение параметров моделей полупроводниковых компонентов.

### **3.5 Консультации**

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Аппроксимация характеристик и определение параметров моделей электронных компонентов"

2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Анализ статического режима и малосигнальный анализ электронных схем"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Анализ переходных процессов в нелинейных схемах"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы анализа дискретных схем"

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

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 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	
<b>Знать:</b>						
методы определения и проверки параметров моделей полупроводниковых компонентов	ИД-3ПК-1		+			Лабораторная работа/Имитационное моделирование работы схемы в статических режимах работы
аналитические модели основных полупроводниковых компонентов	ИД-3ПК-1	+				Лабораторная работа/Определение параметров моделей полупроводниковых компонентов
<b>Уметь:</b>						
проводить расчеты усредненных моделей компонентов	ИД-3ПК-1			+		Лабораторная работа/Имитационное моделирование работы схемы в динамических режимах работы
проводить численный расчет режимов работы полупроводниковых компонентов в различных схемных решениях	ИД-3ПК-1				+	Лабораторная работа/Анализ сложной дискретной схемы



## **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. Анализ сложной дискретной схемы (Лабораторная работа)
2. Имитационное моделирование работы схемы в динамических режимах работы (Лабораторная работа)
3. Имитационное моделирование работы схемы в статических режимах работы (Лабораторная работа)
4. Определение параметров моделей полупроводниковых компонентов (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №5)*

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

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

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

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

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

1. Недолужко, И. Г. Учебное пособие по курсу "Методы анализа и расчета электронных схем": Методы анализа и расчеты электронных схем в примерах и задачах / И. Г. Недолужко ; Ред. П. А. Воронин ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1991 . – 72 с.;
2. Филиппов, Е. Нелинейная электротехника : пер. с нем. / Е. Филиппов . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1976 . – 496 с.;
3. Опадчий, Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс) : Учебник для вузов по специальности "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" / Ю. Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров . – М. : Горячая Линия-Телеком, 1999 . – 768 с. - ISBN 5-935170-02-7 : 115.00 .;
4. Н. С. Легостаев, К. В. Четвергов- "Методы анализа и расчета электронных схем", Издательство: "Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники", Томск, 2014 - (230 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480509>.

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. SimInTech;

6. LTSpice.

### 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. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-305, Учебная аудитория	парта со скамьей, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-305, Учебная аудитория	парта со скамьей, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-101б, Компьютерный класс	стол, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-101б, Компьютерный класс	стол, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-305, Учебная аудитория	парта со скамьей, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-324/6, Преподавательская каф. "Пром.эл."	кресло рабочее, стул, шкаф для документов, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный
Помещения для	Е-324/5,	парта, стул, вешалка для одежды,

хранения оборудования и учебного инвентаря	Методический кабинет каф. "Пром.эл."	компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук
-----------------------------------------------	--------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Методы расчета электронных схем

(название дисциплины)

#### 5 семестр

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

- КМ-1 Определение параметров моделей полупроводниковых компонентов (Лабораторная работа)
- КМ-2 Имитационное моделирование работы схемы в статических режимах работы (Лабораторная работа)
- КМ-3 Имитационное моделирование работы схемы в динамических режимах работы (Лабораторная работа)
- КМ-4 Анализ сложной дискретной схемы (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Аппроксимация характеристик и определение параметров моделей электронных компонентов					
1.1	Аппроксимация характеристик и определение параметров моделей электронных компонентов		+			
2	Анализ статического режима и малосигнальный анализ электронных схем					
2.1	Анализ статического режима и малосигнальный анализ электронных схем			+		
3	Анализ переходных процессов в нелинейных схемах					
3.1	Анализ переходных процессов в нелинейных схемах				+	
4	Основы анализа дискретных схем					
4.1	Основы анализа дискретных схем					+
Вес КМ, %:			30	30	25	15