

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
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

| | |
|--|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.01.05 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 5 семестр - 5; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 180 часов |
| Лекции | 5 семестр - 32 часа; |
| Практические занятия | 5 семестр - 16 часов; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | 5 семестр - 16 часов; |
| Самостоятельная работа | 5 семестр - 111,4 часов; |
| в том числе на КП/КР | 5 семестр - 15,7 часов; |
| Иная контактная работа | 5 семестр - 4 часа; |
| включая: | |
| Контрольная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 5 семестр - 0,3 часа; |
| Защита курсовой работы | 5 семестр - 0,3 часа; |
| | всего - 0,6 часа |

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

П.А. Воронин

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

П.А. Рашитов

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

М.Г. Асташев

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение характеристик, параметров и основных свойств полупроводниковых компонентов электронных схем

Задачи дисциплины

- изучение основных характеристик и параметров полупроводниковых компонентов электронных схем;
- овладение методами расчета и анализа переходных процессов в полупроводниковых компонентах;
- овладение методами расчета статических потерь мощности в полупроводниковых компонентах;
- овладение методами расчета динамических потерь мощности в полупроводниковых компонентах.

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-1 _{ПК-1} Знает базовые структуры, характеристики и математические модели активных и пассивных компонентов электронных схем | знать: - основные составляющие потерь мощности в полупроводниковых компонентах; - методика расчета основных интервалов переходных процессов в тиристорах; - схемы замещения и математические модели полупроводниковых компонентов электронных схем; - методика расчета основных интервалов переходных процессов в диодах и транзисторах. уметь: - рассчитывать электромагнитные процессы в схемах с учетом параметров и характеристик тиристорov; - определять параметры схем замещения по типовым характеристикам полупроводниковых компонентов электронных схем; - рассчитывать электромагнитные процессы в схемах с учетом параметров и характеристик диодов и транзисторов; - рассчитывать мощность статических и динамических потерь в полупроводниковых компонентах. |

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.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные типы полупроводниковых приборов, их статические и динамические характеристики
- знать методы расчета установившихся и переходных процессов в линейных электрических цепях
- уметь рассчитывать линейные электрические цепи в статических и динамических режимах

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 | Полупроводниковые компоненты электронных схем | 29 | 5 | 6 | - | 3 | - | - | - | - | - | 20 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Полупроводниковые компоненты электронных схем" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 54-70, 83-98 [2], 22-49 [3], 17-82</p> |
| 1.1 | Основные параметры и характеристики полупроводниковых компонентов | 29 | | 6 | - | 3 | - | - | - | - | - | 20 | - | |
| 2 | Переходные процессы в диодах и транзисторах | 51.7 | | 12 | - | 6 | - | - | - | - | - | 33.7 | - | |
| 2.1 | Работа силовых диодов и транзисторов в импульсном режиме | 51.7 | | 12 | - | 6 | - | - | - | - | - | 33.7 | - | |
| 3 | Переходные процессы в тиристорах | 40 | | 8 | - | 4 | - | - | - | - | - | 28 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Переходные процессы в тиристорах" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 282-294</p> |
| 3.1 | Ключевой режим работы одно- и двухоперационных тиристоров | 40 | 8 | - | 4 | - | - | - | - | - | 28 | - | | |
| 4 | Расчет и моделирование потерь мощности в | 23 | 6 | - | 3 | - | - | - | - | - | 14 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу</p> | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|--------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|------------|--------------|----------|---|
| | полупроводниковых компонентах электронных схем | | | | | | | | | | | | "Расчет и моделирование потерь мощности в полупроводниковых компонентах электронных схем" |
| 4.1 | Статические и динамические потери мощности в полупроводниковых компонентах | 23 | 6 | - | 3 | - | - | - | - | - | 14 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 158-178, 316-322 [2], 561-574 [3], 139-146 |
| | Зачет с оценкой | 0.3 | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | - | - | |
| | Курсовая работа (КР) | 36.0 | - | - | - | 16 | - | 4 | - | 0.3 | 15.7 | - | |
| | Всего за семестр | 180.0 | 32 | - | 16 | 16 | - | 4 | - | 0.6 | 111.4 | - | |
| | Итого за семестр | 180.0 | 32 | - | 16 | 16 | - | 4 | - | 0.6 | 111.4 | - | |

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. Полупроводниковые компоненты электронных схем

1.1. Основные параметры и характеристики полупроводниковых компонентов

Полупроводниковые диоды. Диоды с р-п переходом. Диоды Шоттки.. Биполярные транзисторы.. Полевые транзисторы с управляющим р-п переходом. МДП транзисторы.. Силовые тиристоры..

2. Переходные процессы в диодах и транзисторах

2.1. Работа силовых диодов и транзисторов в импульсном режиме

Переключение силовых диодов.. Переключение биполярных транзисторов на резистивную и комплексную нагрузку..

3. Переходные процессы в тиристорах

3.1. Ключевой режим работы одно- и двухоперационных тиристоров

Переходные процессы включения и выключения силовых тиристоров и запираемых тиристоров..

4. Расчет и моделирование потерь мощности в полупроводниковых компонентах электронных схем

4.1. Статические и динамические потери мощности в полупроводниковых компонентах

Статические потери (потери проводимости) в полупроводниковых ключах.. Динамические (коммутационные) потери в полупроводниковых ключах.. Расчет температуры перегрева, тепловое сопротивление..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет параметров статической модели диода и транзистора;
2. Расчет параметров динамической модели диода и транзистора;
3. Расчет переходного процесса включения и выключения диода;
4. Расчет переходного процесса включения и выключения транзистора;
5. Расчет параметров статической модели тиристора и запираемого тиристора;
6. Расчет параметров динамической модели тиристора и запираемого тиристора;
7. Расчет переходного процесса включения и выключения тиристора и запираемого тиристора;
8. Расчет статических и динамических потерь мощности в полупроводниковых ключах.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

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 "Полупроводниковые компоненты электронных схем"

2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Переходные процессы в диодах и транзисторах"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Переходные процессы в тиристорах"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Расчет и моделирование потерь мощности в полупроводниковых компонентах электронных схем"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 5 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Расчет потерь мощности в силовых транзисторах инвертора при работе на двигательную нагрузку

График выполнения курсового проекта

| | | | | | |
|---|-------|-------|--------|---------|--------------------------|
| Неделя | 1 - 4 | 5 - 8 | 9 - 12 | 13 - 15 | Зачетная |
| Раздел курсового проекта | 1 | 2 | 3 | 3 | Защита курсового проекта |
| Объем раздела, % | 25 | 25 | 25 | 25 | - |
| Выполненный объем нарастающим итогом, % | 25 | 50 | 75 | 100 | - |

| | |
|---------------|---|
| Номер раздела | Раздел курсового проекта |
| 1 | Энергия динамических потерь в силовых ключах с обратным диодом |
| 2 | Относительная длительность проводящего состояния силового ключа и его встречно-параллельного диода |
| 3 | Расчет суммарной мощности статических и динамических потерь в отдельном силовом ключе со встречно-параллельным диодом |

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 | |
| Знать: | | | | | | |
| методика расчета основных интервалов переходных процессов в диодах и транзисторах | ИД-1ПК-1 | | + | | | Контрольная работа/Диоды Контрольная работа/Транзисторы |
| схемы замещения и математические модели полупроводниковых компонентов электронных схем | ИД-1ПК-1 | + | | | | Контрольная работа/Статические характеристики полупроводниковых компонентов |
| методика расчета основных интервалов переходных процессов в тиристорах | ИД-1ПК-1 | | | + | | Контрольная работа/Тиристоры |
| основные составляющие потерь мощности в полупроводниковых компонентах | ИД-1ПК-1 | | | | + | Контрольная работа/Диоды Контрольная работа/Тиристоры |
| Уметь: | | | | | | |
| рассчитывать мощность статических и динамических потерь в полупроводниковых компонентах | ИД-1ПК-1 | | | | + | Контрольная работа/Диоды Контрольная работа/Тиристоры |
| рассчитывать электромагнитные процессы в схемах с учетом параметров и характеристик диодов и транзисторов | ИД-1ПК-1 | | + | | | Контрольная работа/Диоды Контрольная работа/Транзисторы |
| определять параметры схем замещения по типовым характеристикам полупроводниковых компонентов электронных схем | ИД-1ПК-1 | + | | | | Контрольная работа/Статические характеристики полупроводниковых компонентов |
| рассчитывать электромагнитные процессы в схемах с учетом параметров и характеристик тиристоров | ИД-1ПК-1 | | | + | | Контрольная работа/Тиристоры |

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: Письменная работа

1. Диоды (Контрольная работа)
2. Статические характеристики полупроводниковых компонентов (Контрольная работа)
3. Тиристоры (Контрольная работа)
4. Транзисторы (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

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.

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.

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. Розанов, Ю. К. Силовая электроника : учебник для вузов по направлению "Электроника, электромеханика и электротехнологии" / Ю. К. Розанов, М. В. Рябчицкий, А. А. Кваснюк . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 632 с. - ISBN 978-5-383-00169-1 .
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4173;
2. В. И. Мелешин, д. А. Овчинников- "Управление транзисторными преобразователями электроэнергии", Издательство: "Техносфера", Москва, 2011 - (576 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443320>;
3. Силовые электронные приборы : учебное пособие по курсам "Электрические и электронные аппараты", "Силовая электроника", "Силовые электронные аппараты" по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Ю. К. Розанов, М. В. Рябчицкий, А. А. Кваснюк, и др., Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 100 с. - ISBN 978-5-383-00105-9 ..

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
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 |
| | Д-419, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Д-419, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий | Е-101д, Лаборатория схемотехники и автономных преобразователей | стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, доска маркерная, лабораторный стенд |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Е-101д, Лаборатория схемотехники и автономных преобразователей | стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, доска маркерная, лабораторный стенд |
| | Д-419, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-303, 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-324/2, Преподавательская каф. "Пром.эл" | кресло рабочее, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Е-324/5, Методический кабинет каф. "Пром.эл." | парта, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, |

| | | |
|--|--|--------------------------------------|
| | | доска маркерная передвижная, ноутбук |
|--|--|--------------------------------------|

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Полупроводниковые компоненты электронных схем**

(название дисциплины)

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

КМ-1 Статические характеристики полупроводниковых компонентов (Контрольная работа)

КМ-2 Диоды (Контрольная работа)

КМ-3 Транзисторы (Контрольная работа)

КМ-4 Тиристоры (Контрольная 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 | 15 |
| 1 | Полупроводниковые компоненты электронных схем | | | | | |
| 1.1 | Основные параметры и характеристики полупроводниковых компонентов | | + | | | |
| 2 | Переходные процессы в диодах и транзисторах | | | | | |
| 2.1 | Работа силовых диодов и транзисторов в импульсном режиме | | | + | + | |
| 3 | Переходные процессы в тиристорах | | | | | |
| 3.1 | Ключевой режим работы одно- и двухоперационных тиристоров | | | | | + |
| 4 | Расчет и моделирование потерь мощности в полупроводниковых компонентах электронных схем | | | | | |
| 4.1 | Статические и динамические потери мощности в полупроводниковых компонентах | | | + | | + |
| Вес КМ, %: | | | 25 | 25 | 25 | 25 |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Полупроводниковые компоненты электронных схем

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

КМ-1 Расчёт энергии динамических потерь

КМ-2 Расчет коэффициента регулирования в схеме

КМ-3 Расчет среднего и действующего значения тока

КМ-4 Расчет суммарной мощности потерь

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 | 15 |
| 1 | Энергия динамических потерь в силовых ключах с обратным диодом | | + | | | |
| 2 | Относительная длительность проводящего состояния силового ключа и его встречно–параллельного диода | | | + | | |
| 3 | Расчет суммарной мощности статических и динамических потерь в отдельном силовом ключе со встречно–параллельным диодом | | | | + | + |
| Вес КМ, %: | | | 25 | 25 | 25 | 25 |