

Министерство науки и высшего образования российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донбасский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)
Факультет информационных технологий и автоматизации производственных процессов
Кафедра электроники и радиофизики

ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА
по образовательной программе высшего образования – программе
подготовки научных кадров высшей квалификации в аспирантуре

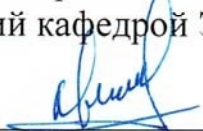
2.4. «Энергетика и электротехника»

(код и группа научной специальности)

2.4.1 Теоретическая и прикладная электротехника

(шифр научной специальности)

Рассмотрено и одобрено на заседании
кафедры ЭР, протокол № 8 от 18.04.2025 г.
Заведующий кафедрой ЭР

 А. М. Афанасьев

Одобрено Ученым советом факультета
ИТиАПП, протокол № 11 от 22.04.2025 г.
Декан факультета ИТиАПП

 В. В. Дьячкова

Алчевск, 2025

Настоящий документ содержит программу вступительного испытания по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности 2.4.1 Теоретическая и прикладная электротехника для поступления в аспирантуру ФГБОУ ВО «Донбасский государственный технический университет», включающую вопросы к вступительному экзамену и литературу, необходимую для подготовки к вступительному экзамену.

Содержание вступительного экзамена

1. Полупроводниковые приборы

1.1 Основные свойства чистых и примесных полупроводников

Электропроводность чистых и примесных полупроводников. Токи в полупроводнике (дрейфовый и диффузионный). Подвижность носителей в полупроводнике, ее зависимость от температуры, концентрации примесей и напряженность электрического поля. Зависимость удельного сопротивления примесного полупроводника от температуры. Механизм рекомбинации и время жизни носителей. Закон убывания концентрации носителей за счет рекомбинации. Уравнение непрерывности.

1.2 Электронно-дырочный переход, контакт металл-полупроводник

Зонная диаграмма p-n перехода. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) p-n перехода, виды его пробоя. Процессы в контакте металла с полупроводником.

1.3 Полупроводниковый диод

Структура и особенности ВАХ полупроводникового диода. Температурные свойства параметров и характеристики диода. Разновидности диодов (стабилитроны, диоды Шоттки, туннельные диоды). Основные приемы конструирования и технологии изготовления диодов.

1.4 Биполярный транзистор

Устройство, принцип действия, режимы работы в зависимости от сочетания полярностей напряжения на переходах биполярного транзистора, анализ процессов в базе транзистора – характер движения носителей, влияние электрического поля, распределение концентрации неосновных носителей. Соотношение между токами электродов транзистора. Характеристики транзистора при включении по схемам с общей базой и общим эмиттером. Уравнения Эберса-Молла для статических ВАХ идеализированного транзистора. Малосигнальная эквивалентная схема

1.5 Биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ) (IGBT)

Устройство и принцип действия БТИЗ. Схема замещения и ВАХ БТИЗ, электрические и температурные параметры схемы замещения, требования к управляющим сигналам. Особенности использования БТИЗ в технических устройствах.

1.6 Полевые транзисторы

Устройство, принцип действия и ВАХ полевых транзисторов с управляющим p-n переходом. Транзисторы МДП-типа с встроенным и индуцированным каналом. Схемы замещения, параметры и характеристики полевых транзисторов.

1.7 Оптроны

Оптоэлектронные пары диод – диод, диод – транзистор. Оптоэлектронные приборы повышенной яркости – светодиоды. Схемы включения оптоэлектронных приборов.

1.8 Тиристоры

Структура и физические процессы в тиристорах. ВАХ тиристора. Переходные процессы включения и выключения в однооперационных тиристорах. Предельные и классификационные параметры тиристоры. Асимметрично запирающие и обратно

проводящие тиристоры. Симисторы, фото- и оптронные тиристоры. Запираемые двухоперационные) тиристоры.

1.9 Микросхемы

Интегральные и гибридные микросхемы. Схемотехника и конструкция, типовые логические микросхемы. Серии микросхем на биполярных и полевых транзисторах.

2. Анализ электрических цепей с полупроводниковыми элементами

2.1 Электрические цепи и сигналы

Элементы электрических цепей (источники, потребители и накопители энергии), их параметры и коммутационные процессы в электрических цепях. Постоянные и гармонические токи и напряжения. Комплексная форма представления гармонического процесса в электрической цепи. Периодически изменяющиеся токи и напряжения, разложение сигнала на гармонические составляющие. Параметры и характеристики периодического тока. Модулированные сигналы и их дискретные частотные спектры. Непериодические токи и напряжения. Интеграл Фурье и непрерывные спектры электрических сигналов. Преобразование Лапласа и операторные изображения сигналов.

2.2 Установившиеся и переходные процессы в линейных цепях

Анализ установившихся режимов в резистивных цепях, исходные уравнения, способы их решения и проверки. Законы Кирхгофа, баланс мощностей. Гармонические и периодические режимы в линейных цепях с источниками, потребителями и накопителями энергии. Расчетные схемы с комплексными параметрами элементов. Активная, реактивная и полная мощность электрической цепи, мощность искажения. Законы коммутации и начальные условия, исходные алгебраические и дифференциальные уравнения состояния цепи. Классические методы решения дифференциальных уравнений (принужденный и свободный процессы в электрической цепи). Операторный метод анализа процессов в электрической цепи. Реакция электрической цепи на возмущения в виде ступенчатой, импульсной и произвольной функции времени. Пространство состояний электрической цепи, формирование систем алгебраических и дифференциальных уравнений состояний, методы их решения.

2.3 Фильтрующие устройства в электрических цепях.

Четырехполосники, их схемы и уравнения. Эквивалентная схема активного четырехполосника. Характеристические параметры и условия согласования пассивного четырехполосника с источником энергии и нагрузкой. Последовательный и параллельный LC-контур, их резонансные и частотные характеристики. LC-фильтры, их характеристические параметры в полосах пропускания и демпфирования сигналов. Пассивные и активные RC-фильтры, их передаточные функции и частотные характеристики.

2.4 Электромагнитные элементы силовой электроники.

Трансформаторы, дроссели, реакторы. Конструктивные особенности и принципы использования высокочастотных ферритовых электромагнитных элементов. Электрорадиоизделия силовой электроники – конденсаторы, резисторы, светодиодные индикаторы.

3. Электронные цепи

3.1 Линейные усилители

Однокаскадные усилители на биполярных и полевых транзисторах. Обратные связи в усилителях, их влияние на параметры и характеристики усилителей. Устойчивость усилителя с обратной связью. Частотные и переходные характеристики усилителей. Методы температурной стабилизации рабочего режима транзисторных усилителей. Операционные усилители. Использование операционных усилителей в схемах масштабирования, суммирования, интегрирования и дифференцирования электриче-

ских сигналов. Активные фильтры на основе операционных усилителей и RC-цепей. Генераторы гармонических колебаний с RC- и LC-цепями.

3.2 Диодные и транзисторные ключи

Диодные ограничители и фиксаторы уровня напряжения. Транзисторные насыщенные ключи на биполярных транзисторах. Ненасыщенные ключи. Траектория рабочей точки при переключении транзистора. Влияние на траекторию рабочей точки характера нагрузки (R , RL , L , RC). Области безопасной работы. Ключи на полевых транзисторах. Схемотехника ключей на большие мощности. Энергия, рассеиваемая в транзисторах при переключении, основные приемы отвода тепла.

3.3 Импульсные схемы

Компараторы, одновибраторы, мультивибраторы и генераторы линейно изменяющегося напряжения на основе дискретных компонентов, операционных усилителей и логических интегральных схем.

3.4 Непрерывные стабилизаторы напряжения

Параметрические стабилизаторы напряжения. Транзисторные (в том числе интегральные) стабилизаторы.

4. Преобразовательная техника

4.1 Основные схемы одно- и трехфазных выпрямителей

Работа однофазных выпрямителей на активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузки, на нагрузку, содержащую противо-ЭДС и индуктивность. Режим прерывистого тока. Трехфазный мостовой выпрямитель. Внешняя характеристика выпрямителя при различном числе одновременно открытых вентилях. Несимметричный (полууправляемый) выпрямитель, его регулировочная характеристика. Многофазные схемы выпрямления на основе последовательного или параллельного соединения выпрямителей. Взаимодействие выпрямителя с источником переменного тока. Первичные токи многофазных выпрямителей. Коэффициент мощности источника переменного тока при управляемом и неуправляемом режимах работы выпрямителя. Способы повышения коэффициента мощности. Явление вынужденного подмагничивания трансформатора в одно- и трехфазных выпрямителях, способы устранения эффекта подмагничивания. Влияние анодных индуктивностей на работу выпрямителей.

4.2 Инверторы, ведомые сетью, и преобразователи частоты

Переход от выпрямительного режима к инверторному. Электрические процессы в инверторе, ведомом сетью, его регулировочная характеристика. Влияние анодных индуктивностей на работу инвертора, его коэффициент мощности. Реверсивный преобразователь переменного-постоянного тока. Перекрестная и встречно-параллельная схемы преобразователя. Совместное и раздельное управление преобразователем. Особенности работы преобразователя на индуктивную нагрузку и индуктивную нагрузку с противо-ЭДС. Непосредственный преобразователь частоты.

4.3 Импульсные преобразователи и регуляторы постоянного напряжения (ППН)

Однотактные понижающие, повышающие и инвертирующие импульсные ППН, их внешние и регулировочные характеристики. Транзисторные преобразователи напряжения с передачей энергии через трансформатор на интервале формирования импульса и во время паузы. Двухтактные импульсные ППН. Однофазные корректоры коэффициента мощности.

4.4 Автономные инверторы и преобразователи на их основе

Автономные инверторы тока и напряжения, их внешние характеристики, основные схемы и особенности. Преобразователи частоты на основе инверторов напряже-

ния и тока. Параллельный и последовательный резонансные инверторы без обратных диодов, токи и напряжения в инверторах при граничном режиме работы и в режиме с паузой. Резонансные инверторы с обратными диодами. Преобразователи постоянного напряжения с звеном повышенной частоты

5. Системы управления преобразователями

5.1 Обработка информации

Количественная оценка информации. Виды сигналов. Характеристики аналоговых сигналов – спектры и функции распределения. Передача информации модулированными сигналами с гармоническим и импульсным носителями. Кодирование цифровых сигналов, виды цифровых кодов. Понятие о системах счисления, обратном и дополнительном кодах. Кодовые расстояния, избыточное кодирование, коды с обнаружением и исправлением ошибок. Способы цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразований. Преобразователи, основанные на последовательном счете, поразрядном уравнивании и считывании. Преобразователи временных интервалов: аналоговый сигнал – интервал, аналоговый сигнал – частота, интервал – код, частота – код.

5.2 Основы проектирования цифровых узлов и устройств

Реверсивные счетчики. Емкость счетчика и управление ею. Регистры с последовательным и параллельным вводом и выводом информации. Автоматы на основе интегральных микросхем. Способы описания состояния автоматов, таблицы переходов и выходов. Кодирование входов, выходов и внутренних состояний автоматов. Противогоночное кодирование. Синтез узлов на основе типовых логических элементов. Виды полупроводниковых запоминающих устройств. Способы расширения адресного пространства и разрядности данных запоминающего устройства. Программирование ПЗУ, ОЗУ, РПЗУ. ПЗУ как многофункциональный логический элемент. Построение автоматов на основе программируемых ПЗУ с обратными связями.

5.3 Микропроцессорная техника систем управления

Программная реализация процедуры сбора, вычислительных операций над информацией и управления. Структура микропроцессорной системы, ее составные части. Магистральный способ связи узлов. Магистрали данных, адреса управления. Функционирование микропроцессора при выполнении команд. Машинные циклы, слова состояния процессора. Виды команд. Переходы – выполнение подпрограмм, стек, прерывания и обработка прерываний, прямой доступ к памяти. Однокристальные и разрядно-модульные микропроцессоры, однокристальные микро-ЭВМ, периферийные устройства микропроцессорных систем (интерфейсы).

Перечень вопросов к вступительному экзамену

1. Электропроводность чистых и примесных полупроводников, дрейфовые и диффузионные токи.
2. Зонная диаграмма p-n-перехода, его вольтамперная характеристика, виды пробоя.
3. Процессы в контакте металл-полупроводник, его вольтамперная характеристика.
4. Разновидности полупроводниковых диодов (выпрямительные, стабилитроны, диоды Шоттки, туннельные диоды)
5. Структура, принцип действия биполярного транзистора, режимы работы в зависимости от сочетания полярностей напряжения на переходах.
6. Работа биполярного транзистора в нормальном активном режиме, анализ процессов в базе (характер движения носителей, влияние электрического поля); соотношение между токами электродов транзистора.

7. Статические характеристики биполярного транзистора при включении с общей базой и общим эмиттером. Уравнения Эберса-Молла идеализированного транзистора.
8. Малосигнальные эквивалентные схемы биполярного транзистора, влияние температуры, частоты и нагрузки на параметры эквивалентной схемы.
9. Ключевой режим биполярного транзистора; анализ переходных процессов в транзисторе методом заряда.
10. Устройство и принцип действия биполярного транзистора с изолированным затвором (БТИЗ) (IGBT).
11. Устройство, принцип действия и ВАХ полевых транзисторов с управляющим р-п переходом; малосигнальная схема замещения.
12. Устройство, принцип действия и ВАХ полевых транзисторов МДП-типа с встроенным и индуцированным каналом; малосигнальная схема замещения.
13. Светодиоды и оптоэлектронные пары диод – диод, диод – транзистор.
14. Структура, принцип действия и ВАХ тириستоров. Переходные процессы при включении и выключении однооперационных тириستоров.
15. Интегральные и гибридные микросхемы, их схемотехника и конструкции.
16. Серии микросхем на биполярных и полевых транзисторах.
17. Модулированные сигналы и их дискретные частотные спектры.
18. Интеграл Фурье и непрерывные спектры электрических сигналов.
19. Преобразование Лапласа и операторные изображения сигналов.
20. Реакция простейших RC- и RL-цепей на возмущения в виде ступенчатой, импульсной и произвольной функции времени.
21. Пространство состояний электрической цепи, формирование систем дифференциальных уравнений состояния, методы их решения.
22. Последовательный и параллельный LC-контур, их передаточные функции и частотные характеристики.
23. Трансформаторы и дроссели, их эквивалентные схемы.
24. Однокаскадные усилители на биполярных и полевых транзисторах, их усилительные свойства, входные и выходные сопротивления. Методы температурной стабилизации рабочего режима.
25. Обратные связи в усилителях, их влияние на параметры и характеристики усилителей.
26. Операционные усилители (ОУ). Использование ОУ в схемах масштабирования, суммирования, интегрирования и дифференцирования электрических сигналов.
27. Генераторы гармонических колебаний с RC- и LC-цепями.
28. Диодные ограничители и фиксаторы уровня.
29. Транзисторные ключи на полевых транзисторах, ключи комплементарного типа.
30. Мультивибраторы, одновибраторы и генераторы линейно изменяющегося напряжения на дискретных компонентах и ОУ.
31. Непрерывные стабилизаторы напряжения (параметрические и компенсационные).
32. Основные схемы однофазных выпрямителей, их работа на активно-индуктивную и активно-емкостную нагрузки. Внешние характеристики при различных нагрузках.
33. Основные схемы трехфазных выпрямителей, их работа на активно-индуктивную нагрузку.
34. Влияние анодных индуктивностей на работу выпрямителей.

35. Переход от выпрямительного режима к инверторному. Электрические процессы в инверторе, ведомом сетью, его регулировочные и ограничительная характеристика.
36. Однотактные понижающие, повышающие и инвертирующие импульсные ППН, их внешние и регулировочные характеристики в РНТ и РПТ.
37. Транзисторные ППН с передачей энергии через трансформатор на интервале формирования импульса и во время паузы.
38. Однофазные корректоры коэффициента мощности.
39. Автономные инверторы тока и напряжения, их основные схемы, внешние характеристики.
40. Преобразователи частоты на основе инверторов напряжения и тока.
41. Параллельный и последовательный резонансные инверторы без обратных диодов. Резонансные инверторы с обратными диодами.
42. Преобразователи постоянного напряжения с звеном повышенной частоты.
43. Способы цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразований. Преобразователи, основанные на последовательном счете, поразрядном уравнивании и считывании.
44. Преобразователи временных интервалов: аналоговый сигнал – интервал, аналоговый сигнал – частота, интервал – код, частота – код.
45. Логические функции, способы их описания, реализации с использованием типовых логических элементов И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ.
46. Дешифраторы, мультиплексоры, арифметические логические устройства.
47. Основные виды триггеров, построение счетчиков и регистров.
48. Виды полупроводниковых запоминающих устройств. Программирование ПЗУ, ОЗУ, РПЗУ.
49. Структура микропроцессорной системы, ее составные части. Магистральный способ связи узлов. Магистрали данных, адреса управления.
50. Функционирование микропроцессора при выполнении команд. Машинные циклы, слова состояния процессора. Виды команд.
51. Однокристальные и разрядно-модульные микропроцессоры, однокристальные микро-ЭВМ, периферийные устройства микропроцессорных систем (интерфейсы).

Рекомендуемая литература

Рекомендуемая основная литература

1. Коростелин, А.В. Импульсные источники питания. Элементная база, архитектура и ремонт. – М.: СОЛОН-Пресс, 2020. – 392 с. — Текст: электронный // URL: <https://djvu.online/file/TSKnwl4ynmte0> (дата обращения: 10.04.2025)
2. Негадаев, В. А. Силовая электроника: учеб.пособие / В. А. Негадаев; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2020. – 125с. — Текст: электронный // URL: <https://djvu.online/file/TSKnwl4ynmte0> (дата обращения: 10.04.2025)
3. Зиновьев, Г.С. Силовая электроника: учебное пособие для бакалавров. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 667 с.
4. Гусев, Ю.М., Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: учебник для вузов. – Изд. 5-е, стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 798 с.ъ
5. Гуртов, В.А. Твердотельная электроника: Учебное пособие – 2-е изд., доп. – М.: Техносфера, 2005 – 408 с.

6. Розанов, Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А. Силовая электроника. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 632 с.
7. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст] : учебник / Б. И. Кудрин. – М. : Интермет Инжиниринг, 2007. – 672 с. : ил.
8. Васильев, А.А, Крючков И.П., Наяшков Е.Ф., Околович М.Н. Электрическая часть станций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 1990.
9. Электрификация горного производства [Текст] : учебник для вузов : В 2-х т. Т.1. / А. В. Ляхомский [и др.] ; ред. Л. А. Пучков, Г. Г. Пивняк; Московский государственный горный университет.- М.: МГГУ, 2007.- 511 с. : ил.
10. Электрификация горного производства [Текст] : учебник для вузов : В 2-х т. Т.2. / А. В. Ляхомский [и др.] ; ред. Л. А. Пучков, Г. Г. Пивняк; Московский государственный горный университет.- М.: МГГУ, 2007.- 595 с. : ил.
11. Терехов, В.М. Элементы автоматизированного электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1987.
12. Ключев, В. И. Теория электропривода : учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.
13. Федоров, А.А. Основы электроснабжения предприятий. М.: Энергия, 1980.
14. Шенфельд Р., Хабигер Э. Автоматизированные электроприводы. Л.: Энергоатомиздат, 1985.
15. Лукас, В.А. Теория управления техническими системами: учеб. пособие для вузов. изд. УГГУ, 2005. – 677 с.
16. Копылов, И. П. Математическое моделирование электрических машин: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш.шк., 2001. - 327 с.
17. Терехов, В. М. Системы управления электроприводов : учебник для вузов / В. М. Терехов, О. И. Осипов. – 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2006. – 304 с.

Рекомендуемая дополнительная литература

18. Новожилов, О.П. Основы микропроцессорной техники: учебное пособие в 2-х томах. Т.1. – М.: РадиоСофт, 2011. – 432 с.
19. Усынин, Ю. С. Системы управления электроприводов : учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 328 с.
20. Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – СПб. : Питер, 2008. – 288 с.
21. Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода : учеб. для вузов. – 6-е изд., перераб. и доп. / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. – М. : Энергоиздат, 1981. – 576 с.
15. Певзнер, Л.Д. Математические основы теории систем: учебное пособие /Л.Д. Певзнер, Е.П. Чураков/ – М.: Высшая школа, 2009. – 503 с.
22. Первозванский, А.А. Курс теории автоматического управления: учебное пособие. – Лань, СПб, 2009.
23. Востриков, А.С. Теория автоматического управления /А.С. Востриков, Г.А. Французова/ - Высшая школа, 2004.
24. Савин, М.М. Теория автоматического управления /М.М. Савин, В.С. Елсуков, О.Н. Пятрина/ - Ростов на Дону, Феникс, 2007. – 469 с.
25. Ким, Д.П. Сборник задач по теории автоматического управления. Линейные системы – М.: Физматлит, 2007. – 168 с.
26. Ким, Д.П. Сборник задач по теории автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы – М.: Физматлит, 2008. – 328 с.
27. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 3-х т./ Под ред. Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000. – 748 с.