

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Мурманский арктический университет»
(ФГАОУ ВО «МАУ»)

УТВЕРЖДЕНО
Ученым советом
ФГАОУ ВО «МАУ»
Протокол № 9
от «17» мая 2024 г.
Председатель Ученого совета,
ректор МАУ
И.М. Шадрина



ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО ДИСЦИПЛИНЕ
Электротехнические комплексы и системы

Шифр и наименование научной
специальности:

2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

Мурманск
2024

1 Общие положения

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине нацелен на выявление:

- уровня теоретической подготовки аспиранта (общие концепции и методологические вопросы данной науки, основные теоретические проблемы данной области знаний);
- объема прикладных знаний (основные практические проблемы данной области знаний, современные методы научных исследований);
- степени владения современной научной литературой, включая специальные периодические издания.

Таким образом, на кандидатском экзамене по специальной дисциплине аспирант должен продемонстрировать знания фундаментальных проблем данной области науки, основных направлений ее развития, современного состояния, перспектив и новейших достижений в области электротехнических комплексов и систем, понимание места и значения проводимых им исследований.

2 Программа кандидатского экзамена по специальности 2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы»

Данная программа составлена на основании дисциплин направления 2.4 «Энергетика и электротехника», связанных с особенностями проектирования и эксплуатации электротехнических комплексов и систем с учетом перспектив их развития, анализом системных свойств и связей, физических, математических, имитационных и компьютерных моделей.

Программа составлена в соответствии с паспортом специальности 2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы».

Программа кандидатского экзамена охватывает следующие разделы:

1. Теория электропривода
2. Автоматическое управление электроприводом
3. Теория и принципы работы комплексных узлов электрооборудования
4. Электрооборудование и электроснабжение промышленных предприятий и объектов водного транспорта

При подготовке программы использовались материалы из открытых источников:

- программа кандидатского экзамена спец.2.4.2 НГТУ им. Р.Е. Алексеева: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/instit_fakul_kaf_shkoly/fsvk/kandidat_ekzamen/programmamy/2.4.2.pdf

- программа кандидатского экзамена спец.2.4.2 КГМТУ: <https://www.kgmtu.ru/wp-content/uploads/2023/04/Programma-KYE-2.4.2.-YElektrotekhnicheskie-kompleksy-i-sistemy.pdf>

2.1 Теория электропривода

1. Функции, выполняемые электроприводом, и его обобщенные функциональные схемы. Характеристики электромеханического преобразователя энергии и его математическое описание в двигательном и тормозном режимах. Обобщенная электрическая машина как основной компонент электропривода.

2. Электромеханические свойства двигателей постоянного тока, асинхронных, синхронных и шаговых двигателей. Механические устройства. Нагрузка двигателя. Сопряжение двигателя с рабочим механизмом (редукторы, муфты).

3. Математические модели и структурные схемы электромеханических систем с электродвигателями разных типов.

4. Установившиеся режимы работы электропривода. Частотный и спектральный анализ. Учет упругих звеньев и связей. Учет нелинейностей. Построение адекватных моделей с использованием компьютерных технологий.

5. Переходные процессы в электроприводах. Линейные и нелинейные системы, передаточные и переходные функции электропривода. Примеры формирования оптимальных переходных процессов при разгоне и торможении электропривода с учетом процессов в рабочем механизме.

6. Обобщенный алгоритм компьютерного моделирования линейных или нелинейных систем автоматизированного электропривода; представление и обработка результатов моделирования.

7. Регулирование координат электропривода. Характеристика систем электроприводов: управляемый преобразователь-двигатель постоянного тока, преобразователь частоты – асинхронный двигатель, преобразователь частоты – синхронный двигатель, системы с шаговыми двигателями, системы с линейными двигателями и сферы их применения.

8. Следящие электроприводы. Многодвигательные электромеханические системы. Тяговые электроприводы.

9. Выбор типа и мощности электродвигателя, обоснование структуры, типа и мощности преобразователя. Основные этапы эскизного и рабочего проектирования электропривода.

2.2 Автоматическое управление электроприводом

1. Основные функции и структуры автоматического управления электроприводом. Типовые, функциональные схемы и типовые системы, осуществляющие автоматический пуск, стабилизацию скорости, реверс и остановку электродвигателей. Синтез систем с контактными и бесконтактными элементами. Принципы выбора элементной базы.

2. Общие вопросы теории замкнутых систем автоматического управления электроприводом (САУ) при заданном рабочем механизме.

3. Методы анализа и синтеза замкнутых, линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных САУ. Применение методов вариационного исчисления и пакетов прикладных программ для ПЭВМ.

4. Системы управления электроприводами постоянного и переменного тока. Типовые структуры систем управления асинхронными и синхронными двигателями. Системы управления электроприводами с тиристорными преобразователями. Системы управления электроприводами с преобразователями частоты. Структура управления специальными приводами (тяговые, крановые, муфтовые и т.д.).

5. Управление электроприводами с линейными двигателями. Управление электроприводами при наличии редуктора и упругой связи двигателя с механизмом. Стабилизирующие системы управления электроприводами. Защита от перегрузок и аварийных режимов.

6. Типовые узлы и типовые САУ, поддерживающие постоянство заданных переменных. Типовые узлы и типовые следящие САУ непрерывного и дискретного действия.

7. Оптимальные и инвариантные САУ. Анализ и синтез следящих САУ с учетом стохастических воздействий.

8. Цифровые САУ. Электроприводы в робототехнических комплексах и гибких автоматизированных производствах. Применение микропроцессоров и микро-ЭВМ для индивидуального и группового управления электроприводами технологических объектов и объектов водного транспорта.

9. Адаптивные системы автоматического управления и принципы их управления. Алгоритмы адаптации в электроприводах.

10. Надежность и техническая диагностика электроприводов.

2.3 Теория и принципы работы комплексных узлов электрооборудования

1. Научные основы и принципы работы наиболее распространенных комплектных узлов электрооборудования объектов водного транспорта.

2. Преобразователи напряжения, в том числе: генераторы и электромашинные преобразователи, управляемые вентильные преобразователи постоянного и переменного тока в постоянный, инверторы, непосредственные преобразователи частоты переменного тока и др.

3. Основные принципы построения систем и комплектных узлов общепромышленного электрооборудования и электрооборудования подвижных объектов. Контакторно-резисторные и электронные узлы систем управления электрическим подвижным составом и их особенности.

4. Контактные и бесконтактные узлы электродвигателями постоянного и переменного тока, работающие в непрерывных, релейных и импульсных режимах. Особенности проектирования.

5. Элементная база силовых цепей электрооборудования (контакторы, резисторы, силовые полупроводниковые приборы).

2.4 Электрооборудование и электроснабжение промышленных предприятий и объектов водного транспорта

1. Классификация источников, приемников и преобразователей электрической энергии. Электрические нагрузки и закономерности изменения их во времени. Использование теории случайных процессов для представления основных параметров нагрузки. Основы теории прогнозирования и динамики потребления электрической энергии.

2. Принципы расчета электрических сетей и систем электрооборудования.

3. Выбор систем и схем электроснабжения. Современные методы оптимизации систем электроснабжения, критерии оптимизации. Характерные схемы электроснабжения. Выбор напряжения в системах электроснабжения объектов водного транспорта.

4. Определение токов короткого замыкания и выбор электрических аппаратов защиты. Принципы автоматического повторного включения.

5. Качество электрической энергии. Влияние качества электроэнергии на потребление электроэнергии и на производительность механизмов и агрегатов объектов водного транспорта. Электромагнитная совместимость приемников электрической энергии с питающей сетью.

6. Средства улучшения показателей качества электроэнергии. Компенсация реактивной мощности в электроприводах и системах электроснабжения.

7. Техничко-экономические расчеты в системах электроснабжения объектов водного транспорта и использование для этих целей современных компьютерных технологий. Теория интерполяции и аппроксимации; методы приближения функций в расчетах по электротехническим комплексам и системам.

8. Теория надежности и техническая диагностика в электроснабжении и преобразовании электрической энергии объектов водного транспорта. Теория малых выборок, и ее использование в практике расчетов.

3 Вопросы, выносимые на кандидатский экзамен

1. Понятие электротехнического комплекса и электротехнической системы.

2. Электромеханические свойства двигателей постоянного и переменного тока.

3. Преобразование Лапласа для координат состояния динамической системы.

4. Весовая и переходная функции динамической системы.

5. Представление динамической системы структурной схемой. Типовые звенья структурных схем. Преобразования структурных схем.

6. Передаточные и переходные функции электротехнических систем.

7. Уравнения электрического равновесия обобщенной электрической машины в различных системах координат.

8. Уравнения электромагнитного момента обобщенной электрической машины.

9. Математическое описание и характеристики электродвигателей постоянного тока.

10. Математическое описание и характеристики асинхронных электродвигателей.
11. Способы регулирования координат электропривода.
12. Система управляемый преобразователь - двигатель постоянного тока.
13. Система преобразователь частоты – асинхронный двигатель.
14. Основные функции и структуры автоматического управления электроприводом.
15. Типовые, функциональные схемы и типовые системы, осуществляющие автоматический пуск, стабилизацию скорости, реверс и остановку электродвигателей.
16. Замкнутые системы управления с подчиненным регулированием координат.
17. Основы структурного и параметрического синтеза. Критерии оптимальности.
18. Условие и параллельная работа судовых синхронных генераторов.
19. Система частотно-токового регулирования координат электропривода.
20. Система векторного регулирования координат электропривода.
21. Микропроцессорное управление в электроприводе.
22. Адаптивные системы автоматического управления и принципы их управления.
23. Системы технического диагностирования электроприводов.
24. Определение технического состояния и прогнозирование электроприводов.
25. Элементная база силовых цепей электрооборудования (контакты, резисторы, силовые полупроводниковые приборы).
26. Устройство, принцип действия и расчет выпрямителей.
27. Устройство, принцип действия и расчет инверторов.
28. Устройство, принцип действия и расчет преобразователей постоянного напряжения.
29. Классификация источников, приемников и преобразователей электрической энергии.
30. Качество электрической энергии, показатели качества.
31. Электрические нагрузки и закономерности изменения их во времени.
32. Современные методы оптимизации систем электроснабжения, критерии оптимизации.
33. Определение токов короткого замыкания и выбор электрических аппаратов защиты.
34. Принципы расчета электрических сетей и систем электрооборудования.
35. Электрический баланс в системах электроснабжения городов, промышленных предприятий и объектов водного транспорта.
36. Основы теории прогнозирования и динамики потребления электрической энергии.
37. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения.
38. Средства улучшения показателей качества электроэнергии.
39. Методика расчета потерь мощности в системах электроснабжения.
40. Гребные электрические установки постоянного тока: типы, структурные схемы, принципы регулирования.
41. Гребные электрические установки переменного тока: типы, структурные схемы, принципы регулирования.
42. Основы технической эксплуатации электрооборудования объектов водного транспорта.
43. Устройство, принцип действия и применение электромагнитных реле.
44. Устройство, принцип действия и применение датчиков угла.
45. Устройство и принцип действия датчиков температуры.
46. Устройство и принцип действия датчиков давления.
47. Способы гашения электрической дуги. Дугогасительные устройства постоянного и переменного тока.
48. Классификация высоковольтных выключателей. Принцип действия и устройство высоковольтных выключателей, физические явления в электрическом аппарате.
49. Выбор параметров, структурной схемы и расчет судовой электростанции.
50. Определение потерь мощности в линиях и трансформаторах.
51. Классификация нейтралей в сетях и электроустановках.

4 Список литературы

Основная литература

1. Прохоренков, А. М. Системы управления судовыми энергетическими процессами: учебник для вузов / А. М. Прохоренков; ФГБОУ "ЦУМК", Управление науки и образования Федерального агентства по рыболовству. - М.: Моркнига, 2017. - 443 с.
2. Фролов Ю.М. Регулируемый асинхронный электропривод : Учеб.пособие / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. - 2-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2018. - 462 с.
3. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов- М.: Издательский дом МЭИ, 2015. -373 с.
4. Онищенко Г.Б. Теория электропривода: Учебник/ Г.Б. Онищенко – М.:ООО «Образование и исследование», 2013. – 352 с.
5. Никитенко Г.В. Электропривод производственных механизмов: Учеб.пособие / Г. В. Никитенко. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб.; М.; Краснодар : Издательство «Лань», 2013. - 208 с.
6. Савенко А.Е. Теория электропривода : конспект лекций для курсантов специальности 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики и направления подгот. 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника очной и заочной форм обучения / сост. А.Е. Савенко, Б.А. Авдеев; ФГБОУ ВО «Керч. гос. мор. технолог. ун-т», Каф. «Электрооборудование судов и автоматизация производства». — Керчь, 2023. — 168 с. — Текст : электронный // Электронная библиотека ФГБОУ ВО «КГМТУ». — URL: <http://lib.kgmtu.ru/?p=1020>
7. Авдеев Б.А. Элементы и функциональные устройства судовой автоматики: учебное пособие / Б.А. Авдеев. –СПБ.: Наукоемкие технологии, 2018. – 260 с.
8. Бурков, А. Ф. Основы теории и эксплуатации судовых электроприводов : учебник / А. Ф. Бурков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 340 с. — ISBN 978-5- 8114- 4611-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/123472>
9. Вынгра А.В. Микропроцессорные системы управления : конспект лекций для курсантов специальности 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики и направления подгот. 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника оч. и заоч. форм обучения / сост.: А.В. Вынгра; ФГБОУ ВО «Керч. гос. мор. технолог. ун-т», Каф. электрооборудования судов и автоматизации производства. — Керчь, 2024. — 132 с. — Текст : электронный // Электронная библиотека ФГБОУ ВО «КГМТУ». — URL: <http://lib.kgmtu.ru/?p=4610>
10. Системы электроснабжения: учебник для вузов / Г.Я. Вагин, А.Л. Куликов, А.Б. Лоскутов, Е.Н. Соснина. – Нижегородский гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2019. – 462 с.
11. Вагин Г.Я., Лоскутов А.Б., Севостьянов А.А. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебное пособие. Нижегородский гос. техн. ун-т. Нижний Новгород, 2004. – 214 с.
12. Равин, А. А. Техническая диагностика судового энергетического оборудования : учебное пособие / А. А. Равин. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 240 с. — ISBN 978- 5-8114- 3391-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115493>
13. Березкин, Е. Ф. Надежность и техническая диагностика систем : учебное пособие / Е. Ф. Березкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 260 с. — ISBN 978-5-8114-3375-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115514>

Дополнительная литература

1. Авдеев Б.А. Теория автоматического управления: конспект лекций для курсантов специальности 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики и направления подгот. 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника очной и заочной форм обучения / сост. Б.А. Авдеев ; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Керч. гос. мор. технолог. ун-т», Каф. электрооборудования судов и автоматизации производства. — Керчь, 2022. — 117 с. Режим доступа <https://lib.kgmtu.ru/?p=9436>
2. Авдеев Б.А. Теория автоматического управления : конспект лекций для курсантов специальности 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики и направления подгот. 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника очной и заочной форм обучения. Ч. 2 / сост. Б.А. Авдеев ; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Керч. гос. мор. технолог. ун-т», Каф. электрооборудования судов и автоматизации производства. — Керчь, 2023. — 152 с. Режим доступа <https://lib.kgmtu.ru/?p=9911>
3. Черный С.Г. Моделирование электротехнических систем : курс лекций для курсантов специальности 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» и направления подгот. 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» оч. и заоч. форм обучения / сост.: Черный С.Г., Авдеев Б.А. ; ФГБОУ ВО «Керч. гос. мор. технолог. ун-т», Каф. электрооборудования судов и автоматизации производства. — Керчь, 2016. — 96 с. — Текст : электронный // Электронная библиотека ФГБОУ ВО «КГМТУ». — URL: <http://lib.kgmtu.ru/?p=1018>
4. Малафеев, С. И. Надежность электроснабжения : учебное пособие / С. И. Малафеев. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1876- 3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101833>
5. Пантелеев, Е. Р. Методы научных исследований в программной инженерии : учебное пособие / Е. Р. Пантелеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 136 с. — ISBN 978-5-8114-3220- 2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110936>
6. Затонский, А. В. Моделирование объектов управления в MatLab : учебное пособие / А. В. Затонский, Л. Г. Тугашова. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 144 с. — ISBN 978-5-8114- 3270-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111915>
7. Фролов, В. Я. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab — Simulink : учебное пособие / В. Я. Фролов, В. В. Смородинов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-2583-9. — Текст : электронный // Лань : электроннобиблиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106890>
8. Смирнов Ю.А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники: учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов – 2 изд., испр. СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2013. - 496 с.
9. Никулин Е.А. Основы теории автоматического управления. Частотные методы анализа и синтеза систем. СПб.: БХВ- Петербург, 2015.
10. Голиков С.П. Судовая электроника и силовая преобразовательная техника: учебное пособие для курсантов специальности 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики и направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / С.П. Голиков, Н.П. Сметюх – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2016. – 302 с.