

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»
Набережночелнинский институт (филиал)

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор –
Проректор по научной деятельности

Тагорский

«ЛГ»



ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности программы аспирантуры

Научная специальность: **2.4.2 - Электротехнические комплексы и системы**

Высшая инженерная школа
Кафедра электроэнергетики и электротехники

Казань 2023 г.

Цель и задачи кандидатского экзамена по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы

Цель: проверка сформированности у аспирантов компетенций, позволяющих осуществлять планирование и проведение научных исследований в области электротехнических комплексов и систем на основе углубленного изучения теории системных исследований по следующим направлениям:

1. Общая теория электротехнических комплексов и систем, анализ системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем, включая электромеханические, электромагнитные преобразователи энергии и электрические аппараты, системы электропривода, электроснабжения и электрооборудования промышленного назначения.

2. Разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка алгоритмов эффективного управления.

3. Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов, систем и их компонентов в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, диагностика электротехнических комплексов.

Задачами является выявление: сформированности навыков и умений в области теории и практики электротехнических комплексов и систем; уровня знаний по темам исследования и моделирования электротехнических комплексов и систем.

Основные требования: В результате изучения дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры аспирант должен знать теорию исследования конструкции и эксплуатационных характеристик электротехнических комплексов и систем, включая электромеханические, электромагнитные преобразователи энергии и электрические аппараты, системы электропривода, электроснабжения и электрооборудования; системы и технологии эксплуатации, ремонта и технического обслуживания этих устройств, системы управления их жизненным циклом; основы расчета показателей эффективности и работоспособности электротехнических комплексов и систем, в том числе объектов подвижного состава и системы электроснабжения железнодорожного транспорта, городского электрического транспорта и метрополитенов; основные достижения науки и техники в изучаемой области научных знаний по тематике научной деятельности.

Аспирант должен четко ориентироваться во всех разделах специальной дисциплины, содержащихся в ее рабочей программе. Необходимо твердо знать содержание вопросов данных разделов, уметь выделять в каждом из них имеющиеся теоретические проблемы. Знать мнения по ним ученых-специалистов, уметь отстаивать собственную точку зрения по рассматриваемым проблемам. Знать предусмотренные данной дисциплиной первоисточники, основополагающие труды ученых. Необходимо свободно ориентироваться в специальной литературе в изучаемой области научных знаний.

Экзаменуемый должен грамотно строить свою речь, понятно излагать решение технических проблем в своей области.

Порядок проведения кандидатского экзамена: процесс сдачи экзамена проходит в устной форме по заранее разработанным вопросам. Аспирант отвечает на три вопроса, которые выдаются ему в начале экзамена. Первые два вопроса соответствуют паспорту научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы (вопросы основной части), третий вопрос должен соответствовать проблематике научной деятельности аспиранта. Ответы на вопросы в обязательном порядке выполняются в письменном виде в форме тезисов. Устный ответ осуществляется в виде самостоятельного изложения материала на основе письменных тезисов. После устного ответа члены экзаменационной комиссии вправе задать

отвечающему уточняющие вопросы по ответам. При необходимости задаются дополнительные вопросы по различным темам специальной дисциплины. Письменные тезисы ответов, подписанные аспирантом (соискателем) на каждой странице с проставлением даты, после завершения экзамена сдаются комиссии.

Критерии оценивания

Для оценки ответов на кандидатском экзамене по научной специальности 2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы» программы аспирантуры учитываются следующие критерии:

- теоретическая точность;
- методологическая четкость;
- полнота содержания;
- использование собственных суждений и оценок;
- умение отстаивать свою позицию;
- грамотное изложение материала.

Оценка «отлично» допускается при отсутствии или недостаточном проявлении одного из указанных критериев в общем ответе по экзаменационному билету.

Оценка «хорошо» может быть выставлена при отсутствии двух критериев в ответе экзаменуемого.

Оценка «удовлетворительно» ставится в случае отсутствия или недостаточного проявления в ответе трех из указанных критериев.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется при отсутствии большинства критериев в ответе на вопросы билета.

Вопросы программы кандидатского экзамена по научной специальности 2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы»

1. Функции, выполняемые общепромышленным и тяговым электроприводом, и его обобщенные функциональные схемы.

2. Характеристики электромеханического преобразователя энергии и его математическое описание в двигательном и тормозном режимах. Обобщенная электрическая машина как основной компонент электропривода.

3. Электромеханические свойства двигателей постоянного тока, асинхронных, синхронных двигателей, их характеристики.

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

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

6. 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.

7. Регулирование координат электропривода постоянного тока. Характеристика системы электропривода управляемый преобразователь – двигатель постоянного тока.

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

9. Следящие электроприводы. Многодвигательные электромеханические системы.

10. Выбор типа и мощности электродвигателя, обоснование структуры, типа и мощности преобразователя.

11. Основные функции и структуры автоматического управления электроприводами. Типовые, функциональные схемы и типовые системы, осуществляющие автоматический пуск, стабилизацию скорости, реверс и остановку электродвигателей.

12. Общие вопросы теории замкнутых систем автоматического управления электроприводами (САУ) при заданном рабочем механизме.

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

14. Системы управления электроприводами постоянного и переменного тока. Типовые структуры систем управления асинхронными и синхронными двигателями.

15. Особенности построения систем управления асинхронными и синхронными двигателями.

16. Особенности построения систем управления электроприводов с тиристорными преобразователями.

17. Структура управления специальным приводами (тяговые, крановые, муфтовые и т.п.). Управление электроприводами с линейными двигателями.

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

19. Типовые узлы и типовые САУ, поддерживающие постоянство заданных переменных.

21. Типовые узлы и типовые следящие САУ непрерывного и дискретного действия.

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

23. Цифровые САУ. Электроприводы в робототехнических комплексах и гибких автоматизированных производствах.

24. Применение микропроцессоров и микроЭВМ для индивидуального и группового управления электроприводами технологических объектов и транспортных средств.

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

26. Надежность и техническая диагностика электроприводов.

27. 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.

28. 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.

29. Контактные и бесконтактные узлы управления электродвигателями постоянного и переменного тока, работающие в непрерывных, релейных и импульсных режимах. Особенности проектирования. Элементная база силовых цепей электрооборудования (контакторы, резисторы, силовые полупроводниковые приборы).

30. Принципы построения электрических схем электроподвижного состава (ЭПС) постоянного тока с различными типами тяговых двигателей

31. Принципы построения электрических схем ЭПС переменного тока с различными типами тяговых двигателей.

32. Электромеханические характеристики на валу тягового двигателя и на ободах колес. Скоростные, тяговые, тормозные, токовые характеристики ЭПС.

33. Способы регулирования скорости, силы тяги (торможения) и мощности ЭПС с различными типами тяговых двигателей.

34. Способы регулирования параметров электрической энергии, подводимой к различным типам тяговым двигателям.

35. Режимы работы ЭПС, их энергетическая оценка. Особенности преобразования энергии на ЭПС в режимах тяги и электрического торможения.
36. Работа тягового привода ЭПС в условиях скоростного и тяжеловесного движения поездов.
37. 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.
38. Тяговые подстанции и их принципиальные особенности; типы тяговых подстанций электротранспорта.
39. Принципы расчета электрических сетей и систем электрооборудования.
40. Выбор систем и схем электроснабжения. Современные методы оптимизации систем электроснабжения, критерии оптимизации. Характерные схемы электроснабжения. Выбор напряжения в системах электроснабжения.
41. Блуждающие токи и коррозия подземных сооружений. Защита от блуждающих токов.
42. Определение токов короткого замыкания и выбор электрических аппаратов защиты. Принципы автоматического повторного включения.
43. Качество электрической энергии и его показатели. Основные нормативные документы в области качества электроэнергии. Влияние качества электроэнергии на потребление электроэнергии и на производительность механизмов и агрегатов. Взаимодействие системы тягового электроснабжения и электрического подвижного состава.
44. Электромагнитная совместимость приемников электрической энергии с питающей сетью.
45. Средства улучшения показателей качества электроэнергии. Компенсация реактивной мощности в электроприводах и системах электроснабжения.
46. Теория надежности и техническая диагностика в электроснабжении и преобразовании электрической энергии.
47. Повышение уровня напряжения и компенсация реактивной мощности.. Основные направления развития компенсирующих устройств в промышленности и на железнодорожном транспорте.
48. Заземление электроустановок, молниезащита промышленных, транспортных сооружений.
49. Допустимые перегрузки элементов преобразовательных подстанций в системах электроснабжения; прогнозирование перегрузок.
50. Электрический баланс в системах электроснабжения промышленных предприятий и железнодорожного транспорта. Методика расчета потерь мощности в системах электроснабжения. Нормирование энергопотребления.
51. Структура электроснабжения железной дороги. Системы тягового электроснабжения электрифицированных железных дорог. Зарубежные системы тягового электроснабжения.
52. Особенности питания электрической тяги на постоянном и переменном токе. Стыкование участков с различным напряжением в тяговой сети или с различными системами тока.
53. Схемы главных электрических соединений тяговых и трансформаторных подстанций железнодорожного транспорта. Общие требования, типовые проекты схем. Основное оборудование тяговых подстанций, режимы его работы.
54. Электрические параметры элементов тяговой сети. Тяговые рельсовые цепи. Сопротивление тяговой сети постоянного и переменного тока. Имитационное моделирование системы тягового электроснабжения.

55. Система внешнего электроснабжения железных дорог. Сопряжение систем внешнего и тягового электроснабжения. Снижение уравнивательных потоков энергии.

56. Снижение потерь энергии в тяговой сети. Схемы питания тяговой сети. Устройства раздела питания тяговой сети.

57. Влияние изменений напряжения на работу электрических локомотивов и пропускную способность участка железной дороги, в том числе в условиях применения рекуперативного торможения. Регулирование напряжения на тяговых подстанциях. Несимметрия и несинусоидальность токов и напряжений в системе электроснабжения.

58. Электромагнитная совместимость на железнодорожном транспорте. Электромагнитная связь в многопроводных системах. Методы снижения опасного и мешающего влияния электрифицированных железных дорог.

59. Современные электротехнические комплексы для повышения энергетической эффективности системы тягового электроснабжения. Системы управляемого электроснабжения для пропуска скоростных и тяжеловесных поездов: БАРНы, вольтодобавочные устройства, одноагрегатные тяговые блоки, управляемые выпрямители.

60. «Цифровые» подстанции. Системы SmartGrid.

61. Выпрямительно-инверторные преобразователи и накопители электроэнергии.

62. Организация системы учета электрической энергии на тягу поездов. Приборы учета электрической энергии. Современные комплексы учета электроэнергии в системе тягового электроснабжения и на электроподвижном составе.

63. Структура расхода электроэнергии на нетяговые нужды. Основные энергоемкие электротехнические комплексы.

64. Технологии энергосбережения в электроприводе. Электротермическое оборудование. Электрическая сварка. Освещение. Компрессорное оборудование. Энергосберегающая сушка изоляции электрических машин.

65. Теоретические основы процесса коммутации в коллекторных электрических машинах. Основные положения.

66. Моделирование процесса коммутации в коллекторных электродвигателях, методы расчета.

67. Факторы, определяющие условия коммутации тяговых электродвигателей и характер их воздействия.

68. Щеточный контакт в коллекторных электрических машинах и его вольтамперные характеристики.

69. Роль щеточного контакта в коммутационном процессе. Понятие о коммутирующей способности щеток.

70. Уравнения классической теории коммутации, виды коммутационных процессов.

71. Анализ факторов, влияющих на коммутацию тяговых электродвигателей. Способы улучшения коммутации.

72. Критерии потенциальной устойчивости коллекторных тяговых электродвигателей и меры борьбы с круговым огнем.

73. Настройка коммутации в коллекторных электрических машинах.

74. Понятие о неидентичности коммутационных циклов, методы оценки. Коммутационная напряженность коллекторных электрических машин.

75. Особенности механического взаимодействия щетка-коллектор в коллекторных тяговых электродвигателях.

76. Проблемы, пути улучшения механических условий контактирования в коллекторных тяговых электродвигателях.

77. Оценка состояния профиля коллектора тяговых электродвигателей.

78. Объективные методы оценки уровня искрения щеток электрических машин. Анализируемые параметры коммутационных дуг.

79. Современные методы настройки коммутации в коллекторных электрических машинах. Критерий оптимальности, экспериментальные исследования.

80. Методы оценки технического состояния коллекторно-щеточного узла тяговых электрических машин.

81. Влияние схемы подвешивания тягового электродвигателя на процессы в контакте «щетка-коллектор».

82. Коммутационная надежность тяговых и вспомогательных электрических машин подвижного состава. Методы ее расчета и пути повышения в стационарных и переходных режимах работы.

83. Техническое диагностирование условий коммутации и автоматизация испытаний электрических машин.

84. Методы исследования процессов нагревания и охлаждения тяговых электрических машин. Влияние температуры и режимов работы электрических машин на срок службы их изоляции.

85. Способы контроля состояния изоляции и обнаружения межвитковых замыканий в обмотках тяговых и вспомогательных электрических машин.

Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы кандидатского экзамена в аспирантуру по научной специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы

Основная литература

1. Овсянников, Е. М. Оптимальное управление тяговыми электроприводами : монография / Е.М. Овсянников, Т.Б. Гайтова. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 307 с. — (Научная мысль). — DOI 10.12737/1141764. - ISBN 978-5-16-016422-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1141767> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

2. Кузнецов, А. Ю. Электропривод и электрооборудование. Ч.1. Регулирование асинхронного электропривода в сельском хозяйстве : учебное пособие / А. Ю. Кузнецов, П. В. Зонов; Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. - Новосибирск : Изд-во НГАУ, 2012. - 100 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/515987> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

3. Бурков, А. Ф. Техническая эксплуатация электроприводов судов : монография / А. Ф. Бурков. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 358 с. — (Научная мысль). - ISBN 978-5-16-015722-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1048423> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

4. Петушков, М. Ю. Проактивная диагностика для повышения ресурсоэффективности эксплуатации асинхронных электроприводов : монография / М. Ю. Петушков. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 237 с. - (Научная мысль). - ISBN 978-5-16-108541-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1087997> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

5. Борисевич, А. В. Об одном подходе к оптимизации энергопотребления частотно-управляемого асинхронного электропривода [Электронный ресурс] / А. В. Борисевич // Электронный журнал "Знаниум" / НИЦ Инфра-М. - М., 2014. - 8 с. - ISSN 2311-8539. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/470114> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

6. Аксёнов М. И. Моделирование электропривода [Электронный ресурс] / Аксёнов М. И. - ИНФРА-М, 2017. Режим доступа <http://znanium.com/bookread2.php?book=900843>

7. Симаков Г. М. Автоматизированный электропривод в современных технологиях [Электронный ресурс] / Симаков Г. М. - НГТУ, 2014. Режим доступа <http://znanium.com/catalog/product/546373>

7. Леонов, А. П. Образовательный модуль «Информационные кабельные системы в SMART GRID» / А. П. Леонов, А. А. Сидоренко. - Текст : электронный // Интернет-журнал "Науковедение". - 2014. - №2 (21). - URL: <https://znanium.com/catalog/product/479983> (дата

обращения: 08.04.2023)

Дополнительная литература

1. Бурков, А. Ф. Улучшение характеристик электроизоляционных материалов обмоток электрических машин : монография / А.Ф. Бурков, Д.С. Николаев, В.Н. Юрин ; под общ. ред. А.Ф. Буркова. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 156 с. — (Научная мысль). — DOI 10.12737/1859961. - ISBN 978-5-16-017528-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1859961> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

2. Родина, А. Г. Машины и технологическое оборудование ферм и комплексов для крупного рогатого скота, свиней, птиц и овец. Часть 1 : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторно-практических занятий / А. Г. Родина, Е. Т. Русяева, В. А. Борознин. - Волгоград : ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2015. - 108 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/615237> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

3. Бурков, А. Ф. Гребные электрические установки: обзор, анализ, перспективы развития : монография / А.Ф. Бурков, В.В. Миханович. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 199 с. — (Научная мысль). — DOI 10.12737/1832490. - ISBN 978-5-16-017236-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1832490> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

4. Борисевич, А. В. Работа 8. Моделирование системы двигатель-нагрузка с помощью методов пространства состояний [Электронный ресурс] / А. В. Борисевич. - Москва : Инфра-М, 2014. - 30 с. - ISBN 978-5-16-101829-3 (online). - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/470334> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

5. Плащанский, Л. А. Электрооборудование подстанций и осветительные сети предприятий, организаций и учреждений : учебное пособие / Л. А. Плащанский. - Москва : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. - 180 с. - ISBN 978-907067-42-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1247085> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

6. Шапиро, Д. Н. Электромагнитное экранирование : научное издание / Д. Н. Шапиро. - Долгопрудный : Интеллект, 2010. - 120 с. - ISBN 978-5-91559-049-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/307498> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

7. Зуев, С. М. Энергетическая эффективность систем электрооборудования автономных объектов : монография / С.М. Зуев, Р.А. Малеев, А.Е. Чернов. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 170 с. — (Научная мысль). — DOI 10.12737/1740252. - ISBN 978-5-16-017104-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1740252> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

8. Вострецова, Е. В. Повторим теорию электрических цепей : учебно-методическое пособие / Е. В. Вострецова, С. М. Зраенко ; под общ. ред. канд. техн. наук, доц. С. М. Зраенко ; Мин-во науки и высшего образования РФ. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2020. - 104 с. - ISBN 978-5-7996-3127-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1960919> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

9. Шеин, А. Б. Методы проектирования электронных устройств : практическое пособие / А. Б. Шеин, Н. М. Лазарева. - Москва : Инфра-Инженерия, 2011.- 456 с. - ISBN 978-5-9729-0041-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/520288> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

10. Мазнев, А. С. Конструкция и динамика электрического подвижного состава : монография / А.С. Мазнев, А.М. Евстафьев. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 248 с. — (Научная мысль). — DOI 10.12737/1014666. - ISBN 978-5-16-015026-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1965749> (дата обращения: 08.04.2023). – Режим

доступа: по подписке.

11. Овсянников, Е. М. Оптимальное управление тяговыми электроприводами : монография / Е.М. Овсянников, Т.Б. Гайтова. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 307 с. — (Научная мысль). — DOI 10.12737/1141764. - ISBN 978-5-16-016422-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1141767> (дата обращения: 08.04.2023). — Режим доступа: по подписке.

Информационное обеспечение

1. <http://electricalschool.info/> - большой образовательный проект на тему электричества и его использования.
2. <https://konstruktions.ru/ehlektroprivod.html> - Инженерный портал. Приводная техника, автоматизация, электротехника.
3. <https://electroprivod.ru/public.htm> - Технические статьи, публикации, полезные материалы об электроприводах, их применении и управлении.