



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(Ф Г Б О У В О « К Г Э У »)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по развитию и инновациям


И.Г. Ахметова
«28» апреля 2022 г.



ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по научной специальности

2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы»

группы научных специальностей «2.4 Энергетика и электротехника»

для обучающихся по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и для лиц, прикрепленных для сдачи кандидатского экзамена

Казань, 2022

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа кандидатского экзамена по научной специальности «2.4.2. Электротехнические комплексы и системы» группы научных специальностей «2.4 Энергетика и электротехника» связана с изучением особенностей анализа, синтеза и технического использования силовых и информационных устройств для взаимного преобразования электрической и механической энергии, электрических, контактных и бесконтактных аппаратов для коммутации электрических цепей и управления потоками энергии, а также на основе содержания паспорта научной специальности.

Программа предназначена для подготовки и аттестации аспирантов и прикрепленных лиц для соискания ученой степени кандидата технических наук, выполняющих диссертационные исследования по научной специальности 2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы».

II. СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Программа кандидатского экзамена состоит из основной и дополнительной частей.

Основная часть базируется на содержании паспорта научной специальности и содержит 4 раздела.

Дополнительная программа кандидатского экзамена составляется аспирантом (прикрепленным лицом) совместно с научным руководителем в соответствии с содержанием диссертационного исследования и утверждается на Ученом совете профильного института до даты проведения экзамена.

В программу включен список вопросов для подготовки к кандидатскому экзамену и список литературы, который может быть расширен и дополнен с учетом глубины изучения вопросов и происходящих изменений в науке, системе образования, обществе и государстве.

III. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ЭКЗАМЕНА

Раздел 1. Теория электропривода

Функции, выполняемые общепромышленным и тяговым приводом 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. Электромеханические свойства двигателей постоянного тока, асинхронных, синхронных и шаговых двигателей. Механические устройства. Нагрузка двигателя. Сопряжение двигателя с рабочим механизмом (редукторы, муфты).

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

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

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.

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

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.

Основные характеристики приборных систем электроприводов.

Следящие электроприводы. Многодвигательные электромеханические системы. Тяговые электроприводы.

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

Раздел 2. Автоматическое управление электроприводом

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.

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

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

Системы управления электроприводами постоянного и переменного тока. Типовые структуры систем управления асинхронными и синхронными двигателями. Особенности построения систем управления асинхронными и синхронными двигателями. Особенности построения систем управления электроприводов с тиристорными преобразователями. Системы с машинами двойного питания. Структура управления специальными приводами (тяговые, крановые, муфтовые и т.д.). 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.

Типовые узлы и типовые САУ, поддерживающие постоянство заданных переменных. Типовые узлы и типовые следящие САУ непрерывного и дискретного действия. Оптимальные и инвариантные САУ. Анализ и синтез следящих САУ с учетом стохастических воздействий. Цифровые САУ. Электроприводы в робототехнических комплексах и гибких автоматизированных производствах. Применение микропроцессоров и микро-ЭВМ для индивидуального и группового управления электроприводами технологических объектов и транспортных средств.

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

Надежность и техническая диагностика электроприводов.

Раздел 3. Теория и принципы работы комплексных узлов электрооборудования

Научные основы и принципы работы наиболее распространенных комплектных узлов электрооборудования (по отраслям). 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.

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.

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

Раздел 4. Электрооборудование для электроснабжения промышленных предприятий, транспорта и сельского хозяйства

Классификация источников, приемников и преобразователей электрической энергии. Электрические нагрузки и закономерности изменения их во времени (по отраслям). Использование теории случайных процессов для представления основных параметров нагрузки. Основы теории прогнозирования и динамики потребления электрической энергии. Тяговые подстанции и их принципиальные особенности; типы тяговых подстанций электротранспорта.

Принципы расчета электрических сетей и систем электрооборудования.

Выбор систем и схем электроснабжения. Современные методы оптимизации систем электроснабжения, критерии оптимизации. Характерные схемы электроснабжения. Выбор напряжения в системах электроснабжения (по отраслям). Сокращение числа трансформации и выбор числа трансформации. Блуждающие токи и коррозия подземных сооружений. Защита от блуждающих токов.

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

Качество электрической энергии. Влияние качества электроэнергии на потребление электроэнергии и на производительность механизмов и агрегатов (по отраслям). Электромагнитная совместимость приемников электрической энергии с питающей сетью.

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

Технико-экономические расчеты в системах электроснабжения (по отраслям) и использование для этих целей современных компьютерных технологий. Теория интерполяции и аппроксимации; методы приближения функций в расчетах по электротехническим комплексам и системам.

Теория надежности и техническая диагностика в электроснабжении и преобразовании электрической энергии (по отраслям). Теория малых выборок, и ее использование в практике расчетов.

Компенсация реактивной мощности. Основные направления развития компенсирующих устройств.

Заземление электроустановок, молниезащита промышленных, транспортных и сельскохозяйственных сооружений, жилых и культурно-бытовых зданий.

Допустимые перегрузки элементов преобразовательных подстанций в системах электроснабжения; прогнозирование перегрузок.

Электрический баланс в системах электроснабжения городов, объектах сельского хозяйства, промышленных предприятий и подвижных объектов. Методика расчета потерь мощности в системах электроснабжения. Нормирование энергопотребления.

IV. ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К КАНДИДАТСКОМУ ЭКЗАМЕНУ

1. Опишите основные образовательные системы. Раскройте компоненты образовательной системы РФ. Раскройте основные мероприятия модернизации высшей школы России.

2. Объясните сущность Болонского процесса, его историю, цели, этапы. Раскройте основные направления Болонского процесса. Раскройте основные задачи модернизации высшей школы России в связи с вступлением в Болонский клуб. Покажите условия реализации в российской системе высшего образования болонских принципов.

3. Опишите основные методологические подходы в образовании. Объясните сущность и причины появления компетентностного подхода.

4. Расскажите о федеральном государственном образовательном стандарте: историю, значение, поколения разработки и внедрения. Раскройте специфику ФГОС ВО. Покажите его отличие от предыдущих поколений стандартов. Приведите примеры групп компетенций, составляющих ФГОС ВО.

5. Перечислите и охарактеризуйте элементы подсистемы непрерывного образования преподавателя вуза. Опишите специфику, формы реализации непрерывного образования преподавателей вузов, модернизацию подсистемы.

6. Назовите цели и специфические особенности основных периодов развития подсистемы подготовки научно-педагогических кадров России. Перечислите и обоснуйте основные цели преобразования в каждый период развития подсистемы подготовки научно-педагогических кадров.

7. Приведите пример структуры национальной подсистемы высшего образования в Европе и мире. Сопоставьте базовые модели подготовки выпускников в высшей школе Европы.

8. Раскройте сущность, понятие и представьте схему педагогического процесса в вузе. Перечислите и объясните закономерности и принципы педагогического процесса.

9. Объясните сущность воспитательного процесса в вузе: его цели, задачи, структура. Представьте структуру воспитательного дела в вузе.

10. Объясните понятие «образовательной технологии» и расскажите этапы развития технологического подхода к обучению. Покажите взаимосвязь компетентностного и технологического подходов в образовании. Приведите пример классификации образовательных технологий.

11. Опишите алгоритм выбора образовательных технологий в зависимости от формируемых профессиональных компетенций.

12. Раскройте цели, функции контроля учебных достижений; принципы контроля учебных достижений. Назовите виды и формы контроля учебных достижений, покажите примеры реализации каждого из вида на профильной дисциплине.

13. Назовите и обоснуйте каждый из последовательных этапов контроля образовательного процесса в вузе: проверка, оценка и учет

14. Объясните понятия «оценка» и «отметка». Раскройте сходство и различия между ними; критерии оценки. Субъективность и объективность в оценивании.

15. Объясните актуальность и история применения рейтинговой системы оценки качества учебных достижений в педагогическом процессе.

16. Раскройте актуальность и историю применения тестовой системы в педагогическом процессе. Привести конкретные примеры виды тестовых заданий с учетом требований к их формулировке. Опишите основные характеристики теста: надежность и валидность. Объясните особенности проверки теста на надежность и валидность.

17. Покажите связь балльно-рейтинговых оценок с системой академических кредитов. Раскройте сущность понятия «академический кредит».

18. Представьте план-конспект занятия по профильной дисциплине с акцентом на использование технологий обучения взрослых и технологии активного обучения.

19. Представьте план мероприятий по адаптации студентов первого курса к обучению и жизни в вузе.

20. Раскройте сущность понятия психологической культуры и психологической компетентности.

21. Раскройте специфику психодиагностики в высшей школе. Объясните сущность малоформализованных и высокоформализованных методик.

22. Объясните, в чем заключаются психологические требования к личности преподавателя. Предложите модель компетентного преподавателя вуза

23. Раскройте особенности психического развития в студенческом возрасте. Покажите специфику юношеского возраста как периода кризиса идентичности. Объясните особенности профессионального самоопределения студента.

24. Опишите типологии личности студента и преподавателя. Объясните условия продуктивного общения преподавателя и студентов.

25. На примере одного раздела учебной дисциплины покажите применение алгоритма выбора образовательных технологий с учетом формирования требуемых компетенций.

26. Представьте 10 тестовых заданий по выбранной учебной теме. Тестовые задания должны быть различной формы: задания закрытой формы, задания открытой формы, задания на установление соответствия, задания на установление правильной последовательности. Аспирант должен объяснить технологию проведения статистической проверки тестовых заданий на валидность и надежность.

27. Представьте конспект воспитательного мероприятия куратора, которое возможно провести на первом курсе. Это может быть мероприятие из разработанного ранее плана по адаптации студентов к обучению в вузе.

28. Представьте в виде графа собственную образовательную траекторию, в которой необходимо отметить все пройденные элементы системы образования, а также распланировать возможные пути дальнейшей образовательной траектории. В графе отмечаются все возможные пути, дополнительно указываются те пути, которые аспирант не прошел, но имел потенциальную возможность их пройти.

29. Представьте проект программы дополнительного профессионального образования, в которой научные материалы собственного исследования адаптированы к педагогическому процессу. Цель

проекта: разработка программы спецкурса для студентов (другой категории слушателей) по материалам своего исследования, а также с учетом требований работодателя.

30. Представить анализ основных нормативных документов российской системы образования: закон «Об образовании в РФ» (уделяя внимание в нем высшему образованию), ФГОС по конкретному направлению подготовки, учебный план, Устав вуза. Необходимо объяснить целевое назначение каждого документа, ключевые положения, обосновать сложности в реализации, необходимые условия для реализации.

31. Обеспечение статической устойчивости электропередач.

32. Обеспечение динамической устойчивости электропередач.

33. Схемы РУ напряжением 500 кВ

34. Схемы РУ напряжением 110-220 кВ.

35. Гибкие линии электропередач

36. Краткосрочное прогнозирование нагрузок.

37. Исходная информация для решения энергетических задач.

38. Фазоповоротные устройства.

39. Регулирование напряжения в распределительных сетях.

40. Симметрирование нагрузок в распределительных сетях.

41. Естественное и экономичное распределение мощностей в замкнутых сетях.

42. Развитие проводниковых конструкций.

43. Развитие трансформаторов.

44. Секционирующие устройства в сетях 6-10 кВ

45. Развитие распределительных сетей. Автоматическое секционирование ЛЭП 6-10 кВ.

46. Развитие распределительных сетей. Распределенная генерация

47. Выбор оптимальной трассы кабельной ЛЭП методом динамического программирования.

48. Влияние перетоков реактивной мощности на технико-экономические показатели электрических сетей.
49. Компенсация реактивной мощности с помощью УКРМ. Цели
50. Выбор УКРМ в узлах сложной сети
51. «Умная генерация».
52. «Умное потребление»
53. Оптимизационные задачи энергетики. Общая характеристика
54. Метод множителей Лагранжа.
55. Градиентный метод покоординатного спуска.
56. Метод штрафных функций.
57. Краткосрочное прогнозирование нагрузок.
58. Оптимизация исходной информации для энергетических задач.
59. Оптимизация генерирующих мощностей. Развитие ПГУ.
60. Оптимизация напряжений в распределительных сетях.
61. Симметрирование нагрузок в распределительных сетях.
62. Естественное и экономичное распределение мощностей в замкнутых сетях.
63. Оптимизация развития передающих мощностей. Развитие проводниковых конструкций.
64. Оптимизация развития передающих мощностей. Развитие трансформаторов.
65. Оптимизация развития распределительных сетей. Реклоузеры
66. Оптимизация развития распределительных сетей. Автоматическое секционирование ЛЭП 6-10 кВ.
67. Метод динамического программирования
68. Выбор оптимальной трассы кабельной ЛЭП методом динамического программирования.
69. Влияние перетоков реактивной мощности на технико-экономические показатели электрических сетей.
70. Компенсация реактивной мощности с помощью УКРМ. Цели

71. Выбор УКРМ в узлах сложной сети
72. Оптимизация развития распределительных сетей. Повышение напряжения
73. Оптимизация развития распределительных сетей. Столбовые подстанции
74. Общая характеристика методов решения уравнений установившихся режимов электрических систем.
75. Моделирование и методы решения уравнений узловых напряжений.
76. Решение уравнений узловых напряжений методом Ньютона.
77. Расчет параметров установившегося электрического режима.
78. Сходимость, существование и неоднородность решения уравнений установившегося режима.
79. Неоднозначность и единственность решения уравнений узловых напряжений.
80. Расчет установившегося режима на ЭВМ.
81. Постановка и характеристика задач по определению параметров электрической системы.
82. Общая характеристика проблемы расчета, анализа и снижения потерь электроэнергии.
83. Метод характерных суточных режимов.
84. Метод средних нагрузок.
85. Метод среднеквадратичных параметров режима.
86. Метод времени наибольших потерь.
87. Метод раздельного времени наибольших потерь.
88. Расчет потерь электроэнергии в электрических сетях до 1000 В.
89. Потери электроэнергии в компенсирующих устройствах.
90. Методы аналитического представления схем электрических сетей.
91. Влияние компенсирующих устройств на режимы электропотребления систем электроснабжения.

92. Математические методы моделирования элементов систем электроснабжения.

93. Методы расчетов потерь электроэнергии во внутривоздушных сетях систем электроснабжения.

94. Определение электромагнитной безопасности

95. Понятие электромагнитная безопасность.

96. Понятие энергетического и информационного воздействия электромагнитных излучений на живые организмы.

97. Предельно допустимые нормы энергетического воздействия электромагнитных излучений на человека.

98. Роль слабых электромагнитных излучений

99. Нормирование условий работы персонала и проживания людей в зоне влияния подстанций и воздушных линий сверхвысокого напряжения.

100. Предельно допустимые нормы энергетического воздействия электромагнитных излучений на человека.

101. Роль слабых электромагнитных излучений

102. Классификация электромагнитной обстановки окружающей среды;

103. Мероприятия по обеспечению электромагнитной совместимости в соответствии с классом жесткости электромагнитной обстановки; контроль электромагнитной обстановки

104. Влияние коэффициента несимметрии по обратной последовательности на потери электроэнергии и характеристики электрооборудования

105. Организация технического обслуживания и ремонтов измерительных трансформаторов тока

106. Ремонт и обслуживание металлических, железобетонных и деревянных опор

107. Обеспечение персонала специальной одеждой при проведении ремонтных работ ВКЛ и подстанций

108. Чистка и замена изоляторов при ремонте воздушных линий электропередач

109. Переключения в ОРУ 110-220кВ при выводе в ремонт выключателей и вводе их в работу после ремонта

110. Ремонт и обслуживание кабельных линий 10 кВ

111. Ремонт и обслуживание разъединителей 110 кВ

112. Методики испытаний и измерений силовых трансформаторов

113. Профилактические испытания, проверки и измерения ВКЛ.

114. Организация технического обслуживания и ремонтов измерительных трансформаторов напряжения

115. Схемы управления электрическими сетями

116. Организация линейных ремонтных работ

117. Вспомогательные сооружения на ВЛ

118. Меры безопасности при эксплуатации ВЛ

119. Организация технического обслуживания и ремонтов измерительных трансформаторов тока

120. Ремонт и обслуживание металлических, железобетонных и деревянных опор

121. Обеспечение персонала специальной одеждой при проведении ремонтных работ ВКЛ и подстанций

122. Чистка и замена изоляторов при ремонте воздушных линий электропередач

123. Переключения в ОРУ 110-220кВ при выводе в ремонт выключателей и вводе их в работу после ремонта

124. Ремонт и обслуживание кабельных линий 10 кВ

125. Ремонт и обслуживание разъединителей 110 кВ

126. Методики испытаний и измерений силовых трансформаторов

127. Профилактические испытания, проверки и измерения ВКЛ.

128. Организация технического обслуживания и ремонтов измерительных трансформаторов напряжения

129. Схемы управления электрическими сетями
130. Организация линейных ремонтных работ
131. Вспомогательные сооружения на ВЛ
132. Меры безопасности при эксплуатации ВЛ
133. Назовите брошюру составленную автором реферата проведенного им исследования. Приведите структуру данной брошюры.
134. Современные методы, обеспечивающие энергосбережение и энергоэффективность в электроэнергетике.
135. Что такое индекс цитирования. Приведите примеры его оценки.
136. Индекс Хирша. Как он оценивается?
137. Требования публикаций в журналах, индексируемых в базе данных Web of Science и SCOPUS.
138. Требования публикаций в журналах, входящих в перечень ВАК и РИНЦ.
139. Отличие публикаций в журналах, индексируемых в базе данных Web of Science и SCOPUS от журналов входящих в перечень ВАК и РИНЦ.
140. Что вы понимаете под актуальностью исследований?
141. Цель и задачи исследований?
142. Объект и предмет исследования?

V. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Экзаменационный билет включает три вопроса, два из которых из основной программы (на базе конспектов аспиранта по вопросам) и третий вопрос – по дополнительной программе (на основе диссертационной работы). Экзамен проходит в устной форме (собеседование): время на подготовку 30-40 мин.

Критерии оценки знаний по учебной дисциплине на экзамене:

«отлично» заслуживает аспирант, показавший при ответе на экзамене • всесторонние и глубокие знания теоретического материала по научному направлению «Электромеханика и электрические аппараты» в полном объеме,

усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, свободно владеющий профессиональной терминологией;

«хорошо» заслуживает аспирант, показавший при ответе полное знание программы теоретического материала по научному направлению «Электромеханика и электрические аппараты», использовавший при ответе материал основной литературы, правильно пользующийся терминологией, тщательно обдумывающий содержание излагаемого материала;

«удовлетворительно» застуживает аспирант, показавший на экзамене знание основного теоретического материала по научному направлению «Электромеханика и электрические аппараты», знакомый с основной литературой, предусмотренной программой, однако, при ответе допустивший неточности в пользовании терминологией;

«неудовлетворительно» выставляется студенту, не усвоившему основной программный материал теоретического курса по научному направлению «Электромеханика и электрические аппараты», допустивший принципиальные ошибки при ответе.

VI. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

6.1. Основная литература

1. Ильинский Н.Ф., Козаченко В.Ф. Общий курс электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1992.
2. Башарин А.В., Постников Ю.В. Примеры расчета автоматизированного привода на ЭВМ. Л.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Васильев А.А., Крючков И.П., Наяшков Е.Ф., Околович М.Н. Электрическая часть станций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 1990.
4. Терехов В.М. Элементы автоматизированного электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1987.
5. Ключев В.И. Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1998.
6. Федоров А.А. Основы электроснабжения предприятий. М.: Энергия, 1980.

7. Электроснабжение летательных аппаратов. Балагуров В.А., Беседин М.М., Галтеев Ф.Ф., Коробан Н.Т., Мастяев Н.З. /Под ред. Н.Т. Коробана. М.: Машиностроение, 1975.
8. Шенфельд Р., Хабигер Э. Автоматизированные электроприводы. Л.: Энергоатомиздат, 1985.
9. Тихменев Б.Н., Трахтман Л.М. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. Теория работы электрооборудования, электрические схемы и аппараты. М.: Транспорт, 1980.
10. Розенфельд В.Е., Исаев И.П., Сидоров Н.Н., Озеров М.И. Теория электрической тяги. М.: Транспорт, 1995.

6.2 Дополнительная литература

1. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода. М.: Изд-во МЭИ, 2000.
2. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. М.: Энергоиздат, 1981.
3. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. Л.: Энергоиздат, 1982.
4. Системы подчиненного регулирования электроприводов переменного тока с вентильными преобразователями. /О.В. Слежановский, Л.Х. Дацковский, И.С. Кузнецов и др. М.: Энергоатомиздат, 1983.
5. Справочник по автоматизированному электроприводу. /Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. М.: Энергоиздат, 1983.
6. Ефремов И.С., Коварев Г.В. Теория и расчет электрооборудования подвижного состава городского электрического транспорта. М.: Высшая школа. 1976.
7. Поздеев А.А. Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно регулируемых асинхронных электроприводах. Чебоксары.: Изд-во Чувашского государственного университета, 1998.
8. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Высшая школа, 1990.