

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июля 2015 г.

Программа аспирантуры

Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.09.03 Электротехнические комплексы и системы

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

специальной дисциплины

«Электротехнические комплексы и системы»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ОД.2

Всего: 252 часа

Семестр 5, 144 часа, в том числе 6 часов – контактная работа,  
138 часа – самостоятельная работа,

Семестр 6, 108 часов, в том числе 6 часов – контактная работа,  
66 часов – самостоятельная работа,  
36 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 878, и паспорта специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы» номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** изучения дисциплины является формирование углубленных знаний в области теоретических и практических вопросов проектирования и исследования современного электрооборудования, входящего в состав электротехнических комплексов и систем.

Задачами дисциплины являются

- ознакомление с современными научными и практическими достижениями в области электротехнических комплексов и систем;
- углубленное изучение основных физических закономерностей и характеристик электротехнических комплексов и систем;
- углубленное изучение вопросов теории электропривода, как наиболее распространенного элемента электротехнических комплексов и систем, и способов его автоматического управления;
- изучение особенностей современного электрооборудования для электроснабжения промышленных предприятий, транспорта и сельского хозяйства;
- приобретение навыков применения методов физического, математического, имитационного и компьютерного моделирования электротехнических комплексов и систем и их элементов;
- приобретение навыков оценки принимаемых решений в области проектирования, создания и эксплуатации электротехнических комплексов и систем с учетом технических, технологических, экономических, экологических и социальных критериев оценки;

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6);
- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);
- способность развивать общую теорию электротехнических комплексов и систем, изучать системные свойства и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем (ПК-1);
- способность обосновывать совокупности технических, технологических, экономических, экологических и социальных критериев оценки принимаемых решений в области проектирования, создания и эксплуатации электротехнических комплексов и систем (ПК-2);
- готовность осуществлять разработку, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизацию, а также разработку алгоритмов эффективного управления (ПК-3);
- способность исследовать работоспособность и качество функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях (ПК-4);
- готовность осуществлять разработку безопасной и эффективной эксплуатации электротехнических комплексов и систем (ПК-5).

## **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

**знать:**

- основные физические закономерности, качественные и количественные характеристики и области применения электротехнических комплексов и систем (ПК-1);

**уметь:**

- критически анализировать и оценивать современные научные достижения, генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

- разрабатывать новые методы исследования и применять их в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в профессиональной области (ОПК-3);

- организовать работу исследовательского коллектива в области электротехнических комплексов и систем (ОПК-4);

- обосновывать совокупности технических, технологических, экономических, экологических и социальных критериев оценки принимаемых решений в области проектирования, создания и эксплуатации электротехнических комплексов и систем (ПК-2);

- осуществлять разработку, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизацию, разработку алгоритмов эффективного управления (ПК-3);

- исследовать работоспособность и качество функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях (ПК-4);

- разрабатывать способы эффективной и безопасной эксплуатации электротехнических комплексов и систем (ПК-5);

**владеть:**

- способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);

- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6);

- методологией теоретических и экспериментальных исследований в области электротехнических комплексов и систем (ОПК-1);

- культурой научного исследования, в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

- методами физического, математического, имитационного и компьютерного моделирования электротехнических комплексов и систем и их элементов (ПК-1).

# КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

## 5 семестр

### *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). Гистерезисная муфта, гистерезисный электромагнитный тормоз.

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 вентильными двигателями, системы с гистерезисными двигателями, системы с линейными двигателями и сферы их применения. Основные характеристики приборных систем электроприводов.

Следящие электроприводы. Многодвигательные электромеханические системы. Тяговые электроприводы.

Вентильный электропривод на базе магнитоэлектрических и индукторных машин с обмоткой возбуждения и с самовозбуждением.

Гистерезисный электропривод с преобразователями частоты и напряжения, с управлением возбуждением приводного гистерезисного электродвигателя и регулированием намагниченности его ротора.

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

## *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.п.). Электроприводы механизмов с большими моментами инерции. Электроприводы в режиме синхронного вала. Многодвигательные электроприводы. 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. Электроприводы в системах, реализующих мехатронные технологии. Применение микропроцессоров и микроЭВМ 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.

### ***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 неавтономных и автономных стационарных и подвижных объектов. Контакторно-резисторные и электронные узлы систем управления электрическим подвижным составом и их особенности.

Контактные и бесконтактные узлы систем 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).

#### **6 семестр**

### ***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 трансформаций и выбор числа трансформаций. Блуждающие токи и коррозия подземных сооружений. Защита от блуждающих токов.

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

Технико-экономические расчеты в системах электроснабжения (по отраслям) и использование для этих целей современных компьютерных техно-

логий. 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.

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

### ***5. Качество электрической энергии***

Показатели качества 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.

Основные направления развития компенсирующих устройств.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 6 семестр – кандидатский экзамен.

### **Вопросы для самоконтроля и для проведения кандидатского экзамена**

1. В чем состоят основные достоинства и недостатки полупроводниковых и электромашинных преобразователей напряжения?
2. Перечислите основные типы и схемы инверторов. Какая схема инвертора является самой распространенной и почему?
3. В чем состоят ограничения при использовании непосредственных преобразователей частоты переменного тока?

4. С какой частотой происходит переключение ключевых элементов в управляемых вентильных преобразователях? Назовите достоинства и недостатки больших частот переключения.
5. Перечислите отличия в принципах построения систем электрооборудования автономных и неавтономных объектов.
6. Перечислите отличия в принципах построения систем электрооборудования стационарных и подвижных объектов.
7. Перечислите отличия в принципах построения систем электрооборудования объектов общепромышленного и специального назначения.
8. Перечислите основные способы управления двигателями постоянного тока и варианты их реализации с помощью контакторов, резисторов, силовых полупроводниковых приборов.
9. Перечислите частные показатели качества (критерии эффективности), по которым происходит сравнение различных способов управления электродвигателями постоянного и переменного тока.
10. Расставьте основные частные показатели качества (критерии эффективности), по которым происходит сравнение различных способов управления электродвигателями постоянного и переменного тока в порядке важности для различных областей применения. Объясните получившиеся отличия.
11. Перечислите достоинства и недостатки контактных узлов систем управления электродвигателями постоянного и переменного тока.
12. Перечислите достоинства и недостатки бесконтактных узлов систем управления электродвигателями постоянного и переменного тока.
13. На какие показатели качества может повлиять выбор элементной базы силовых цепей электрооборудования?
14. Перечислите основные факторы и показатели, влияющие на выбор элементной базы силовых цепей электрооборудования.
15. Какие факторы и показатели учитываются при выборе типа электродвигателя?
16. Назовите совокупность из двух (или большего числа) качеств, присущих гистерезисному электроприводу и отсутствующих у других типов электроприводов.
17. Назовите совокупность из двух (или большего числа) качеств, присущих вентильному двигателю и отсутствующих у других типов электроприводов.
18. Перечислите частные показатели качества, по которым следует сравнивать вентильный электропривод на базе магнитоэлектрических и индукторных машин с обмоткой возбуждения и с самовозбуждением.

19. Каким образом управление гистерезисным двигателем приводит к повышению его энергетических показателей?

20. От чего зависит минимальный угол поворота шагового двигателя при различных способах управления?

21. В чем состоят отличия между вентильным двигателем и коллекторным двигателем постоянного тока?

22. В чем состоят отличия между вентильным двигателем на базе синхронной машины с постоянными магнитами (магнитоэлектрической машины) и синхронным двигателем с постоянными магнитами?

23. Какие требования для следящих электроприводов является особенно важными? Перечислите варианты их выполнения.

24. Поясните принципы построения схем электроснабжения и выбора электрооборудования с учетом категорийности электроприемников по надежности.

25. Перечислите основные методы расчета электрических нагрузок и укажите их принципиальные особенности.

26. Поясните критерии оптимизации схем электроснабжения при учете различных факторов.

27. Какие параметры режимов схем электроснабжения учитывают при выборе электрооборудования, при построении схем релейной защиты и автоматизации?

28. Какими показателями нормируется качество электрической энергии?

29. Предложите методы и технические средства улучшения качества электрической энергии.

30. Дайте сравнительную характеристику устройств, используемых для компенсации реактивной мощности.

31. Предложите методы и средства повышения энергоэффективности в системах электроснабжения промышленных предприятий, организаций, транспорта и сельского хозяйства.

32. Расчетные схемы механической части электропривода (ЭП), типовые статические нагрузки, уравнение движения.

33. Механическая часть ЭП как объект управления, механические переходные процессы, динамические нагрузки ЭП.

34. Обобщенная электрическая машина, электромеханическая связь ЭП, координатные и фазные преобразования переменных обобщенной машины.

35. Динамика обобщенной разомкнутой электромеханической системы (ЭМС): математическое описание разомкнутых ЭМС, динамические свой-

ства ЭП с линейной механической характеристикой, статическая устойчивость, демпфирование упругих механических колебаний, переходные процессы ЭП и методы их анализа.

36. Электроприводы на базе двигателей постоянного тока (независимого, последовательного, смешанного возбуждения), асинхронных двигателей (АД), синхронных двигателей (СД), вентильных двигателей (ВД): математическое описание процессов преобразования энергии, естественные и искусственные характеристики, способы регулирования координат ЭП и их техническая реализация, показатели регулирования.

37. Выбор мощности ЭП: потери энергии в установившихся и переходных режимах работы, нагревание и охлаждение двигателей, нагрузочные диаграммы ЭП, номинальные режимы работы двигателей, методы проверки двигателей.

38. Основные показатели способов регулирования двигателей, обобщенная система «управляемый преобразователь – двигатель», принцип подчиненного регулирования координат ЭП, стандартные настройки контуров регулирования.

39. Регулирование момента (тока) и скорости электроприводов постоянного и переменного тока: техническая реализация, функциональные и структурные схемы, статические характеристики, применение регуляторов и особенности настройки подчиненных контуров регулирования, динамические показатели.

40. Особенности частотного регулирования скорости АД: виды и техническая реализация преобразователей частоты, типовые частотные законы управления и статические характеристики, системы скалярного управления, принцип ориентирования по полю двигателя при частотном управлении, системы векторного управления.

41. Регулирование положения: автоматическое регулирование положения по отклонению, особенности настройки контура регулирования, точный останов, понятие следящего ЭП.

42. Релейно-контакторные схемы управления двигателями (РКСУ): электрические схемы и способы анализа РКСУ, принципы управления и типовые узлы, примеры выполнения РКСУ.

43. Дискретные логические системы управления (ДЛСУ) движением ЭП: математическое описание ДЛСУ, синтез ДЛСУ методом циклограмм, примеры синтеза узлов.

44. Построение ДЛСУ на основе цифровых узлов: на базе программируемой логической матрицы, аппаратного контроллера, программируемого логического контроллера.

45. Логические системы управления на основе фаззи-логики, структура и алгоритмы управления.

46. Цифровые системы управления (ЦСУ) скоростью и положением ЭП: расчетные модели ЦСУ с учетом дискретности по уровню, методика синтеза цифрового контура регулирования, оптимизация цифрового контура.

47. Микропроцессорные системы управления ЭП: особенности аппаратной реализации, интерфейсы связи и протоколы передачи данных, алгоритмы управления преобразовательными устройствами и их программная реализация.

48. Основы выбора и проектирования системы электропривода: обоснование выбора типа и мощности двигателя и преобразователя, структуры системы управления, оценка энергетической эффективности, основные этапы эскизного и рабочего проектирования электропривода.

49. Место системы электроснабжения объектов в схеме «источник электроэнергии – электроприемник». Элементы системы электроснабжения.

50. Режимы работы электроприемников. Графики электрических нагрузок. Методы расчета электрических нагрузок.

51. Электрооборудование электрических сетей промышленных предприятий. Воздушные и кабельные линии, токопроводы. Троллейные сети. Силовые трансформаторы, автотрансформаторы, преобразовательные агрегаты. Коммутационные аппараты. Измерительные трансформаторы тока и напряжения. Схемы замещения трансформаторов, линий электропередачи, электрической сети в целом. Выбор электрооборудования.

52. Режимы нейтрали в сетях потребителей. Способы обеспечения безопасной эксплуатации высоковольтных сетей.

53. Расчеты режимов питающих распределительных и цеховых электрических сетей. Особенности расчета токов КЗ в сетях потребителей по сравнению с сетями энергосистем. Расчет токов КЗ в низковольтных сетях.

54. Структура низковольтных сетей. Коммутационно-защитная аппаратура в сетях на напряжении ниже 1 кВ. Совместный выбор сечений проводников и защищающих их аппаратов. Специфика расчета осветительных сетей.

55. Пуск и самозапуск электрических двигателей.

56. Основы релейной защиты и автоматики в системе электроснабжения промышленного предприятия.

57. Способы экономии электроэнергии в элементах системы электроснабжения. Основы технико-экономических расчетов при проектировании систем электроснабжения.
58. Компенсация реактивной мощности как средство регулирования режимов электропотребления. Способы и средства компенсации реактивной мощности. Источники реактивной мощности. Выбор уровня и средств компенсации реактивной мощности в низковольтных сетях.
59. Требования нормативных документов по качеству электроэнергии, определение показателей качества электроэнергии. Основные потребители, ухудшающие качество электроэнергии. Способы и средства, позволяющие улучшить качество электроэнергии в сетях потребителей и в энергосистеме.
60. Основы нормативно-правовой базы электроснабжения потребителей.
61. Асинхронные двигатели (АД) и электропривод на их основе в составе автономных объектов. Особенности характеристик. Пуск, регулирование частоты вращения, электрическое торможение АД с короткозамкнутым и фазным ротором. Векторное управление АД. Факторы, определяющие КПД и массогабаритные показатели электропривода на базе асинхронного двигателя.
62. Вентильные двигатели (ВД) и электропривод на их основе в составе автономных объектов. Типы электрических машин, датчиков положения ротора, коммутаторов, используемых в составе ВД. Особенности характеристик. Пуск, способы регулирования частоты вращения, электрическое торможение, реверсирование ВД. Бездатчиковое управление ВД. Векторное управление ВД. Факторы, определяющие КПД и массогабаритные показатели электропривода на базе вентильного двигателя.
63. Гистерезисные двигатели и электропривод на их основе в составе автономных объектов. Особенности характеристик, способы управления. Факторы, определяющие КПД и массогабаритные показатели электропривода на базе гистерезисного двигателя.
64. Статические преобразователи в составе электротехнических комплексов автономных объектов. Критерии эффективности. Основные направления повышения КПД и снижения массогабаритных показателей.
65. Информационно-управляющие подсистемы электротехнических комплексов. Микроконтроллерные системы управления. Алгоритмы управления и их программная реализация.
66. Методы и средства математического моделирования электромеханических и электронных преобразователей и систем.

67. Системы генерирования электроэнергии в автономных объектах. Типы электромеханических преобразователей, варианты структур, вопросы регулирования напряжения и частоты.
68. Основные положения проектирования электромеханических и электронных преобразователей энергии: выбор типа и мощности электромеханического преобразователя, обоснование структуры, типа и мощности электронного преобразователя, выбор элементной базы. Вопросы системного подхода при проектировании сложных электромеханических систем.
69. Виды электрического транспорта, их сравнительная характеристика. Основное уравнение движения поезда. Силы, действующие на поезд в различных режимах движения. Реализация сил тяги и торможения, коэффициент сцепления. Ограничения сил тяги и торможения, скорости, мощности ЭПС.
70. Структура тягового электропривода. Электромеханические характеристики на валу тяговой электрической машины и на ободу колеса.
71. Типы тяговых электрических машин постоянного и переменного тока, достоинства и недостатки. Электрическая и механическая устойчивость.
72. Пуск электрического подвижного состава с тяговыми машинами разных типов. Преобразователи напряжения для питания тяговых машин и их элементная база.
73. Электрическое торможение, способы и характеристики. Ограничения допустимых режимов. Регулирование тормозной силы при реостатном и рекуперативном торможении. Проблемы использования избыточной энергии рекуперации.
74. Механическое торможение и его характеристики.
75. Решение тормозных задач.
76. Расход энергии на движение поезда. Методы расчёта энергии и энергетическая эффективность на электрическом транспорте.
77. Автоматизированное проектирование электромеханических преобразователей. Моделирование тягового электропривода.
78. Электрооборудование электрического подвижного состава. Схемы силовых цепей электропоездов, различных видов городского электрического транспорта.
79. Автономный электрический подвижной состав. Схемы электрической трансмиссии, способы реализации режима постоянной мощности.
80. Системы управления на электрическом подвижном составе. Автоматизация процессов движения ЭПС, системы автоведения. Системы защи-

ты и диагностики на подвижном составе и в системах тягового электро-снабжения.

81. Классификация источников, приемников и преобразователей электрической энергии. Основные характеристики графиков нагрузки систем электрического транспорта.

82. Тяговые подстанции и их принципиальные особенности; типы тяговых подстанций электротранспорта. Принципы расчета электрических сетей и внешнего электроснабжения. Основные параметры электрооборудования. Выбор систем и схем электроснабжения транспорта. Основные схемы электроснабжения.

83. Современные методы оптимизации систем электроснабжения, критерии оптимизации. Выбор напряжения в системах электроснабжения. Методы расчёта тяговой сети на железнодорожном и городском электрическом транспорте. Блуждающие токи и коррозия подземных сооружений. Защита от блуждающих токов.

84. Определение токов короткого замыкания и выбор электрических аппаратов защиты. Основные устройства релейной защиты и автоматики. Автоматическое повторное включение. Автоматическое включение резерва.

85. Качество электрической энергии. Влияние качества электроэнергии на потребление электроэнергии и на электромагнитную совместимость приёмников электрической энергии с питающей сетью. Нормирование и контроль показателей качества электроэнергии. Средства улучшения показателей качества электроэнергии.

86. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения электрической тяги однофазного переменного тока. Современные средства компенсации реактивной мощности.

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

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

89. Методика расчета потерь мощности в системах электроснабжения. Нормирование энергопотребления и энергосберегающие мероприятия.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная литература:

1. Ильинский, Н. Ф. Основы электропривода. М.: Изд. дом МЭИ, 2007. – 221с.
2. Быстрицкий Г.Ф., Гасангаджиев Г.Г., Кожиченков В.С. Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) // Учебник. М.: ООО «Издательство КноРус». 2014.
3. Грузков С. А. и др. Электрооборудование летательных аппаратов. Т. 1. Электроснабжение летательных аппаратов / Под ред. С.А. Грузкова. М.: Изд-во МЭИ, 2005. – 567с.
4. Грузков С. А. и др. Электрооборудование летательных аппаратов. Т. 2. Системы и элементы электрооборудования – приемники электроэнергии/Под ред.Грузкова С.А. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. –550 с.
5. Анучин А.С. Системы управления электроприводов. М: Московский энергетический институт. 2015 – 373с
6. Розанов Ю.К. Силовая электроника. М.: Изд.дом МЭИ, 2007, 496с
7. В. М. Терехов, О. И. Осипов. Системы управления электроприводов. – М. : Академия, 2005 . – 304 с.
8. В.В.Москаленко . Электрический привод.– М. : Академия, 2007 . – 368с.
9. Н.Ф.Ильинский, В.В.Москаленко Электропривод: энерго- и ресурсосбережение. – М. : Академия, 2008 . – 208 с.
10. А.П. Балковой, В. К. Цаценкин Прецизионный электропривод с вентиляционными двигателями. – М. : Изд. дом МЭИ, 2010 . – 328 с.
11. Основы электрического транспорта / Под общ.ред. М.А. Слепцова. М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 464с.
12. Системы электроснабжения электрического транспорта на постоянном токе. Учебник/ В.И. Сопов, Н.И. Щуров – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013

### Дополнительная литература:

13. Кудрин Б.И. Системы электроснабжения. М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 352с. (печ 101)
14. Ключев В.И. Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704с (печ 8)

- 15 . И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др. Управление качеством электроэнергии // Ред. Ю.В. Шаров. М.: Изд. дом МЭИ, 2008. «печ (287)»
16. Тихменев Б.Н., Трахтман Л.М. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. Теория работы электрооборудования, электрические схемы и аппараты. М.: Транспорт, 1980. (23печ)
17. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию предприятий и общественных зданий / Под общ. ред. С.И. Гамазина, Б.И. Кудрина, С.А. Цырука. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. 745с. (эл+81 печ)
18. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева, А.В. Шинянского. М.: Энергоиздат, 1983. (19печ)
19. О.И.Осипов. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод. М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 80 с. (печ. 75)