

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Зам. директора  
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
в г. Смоленске  
по учебно-методической работе  
**В.В. Рожков**  
2016 .



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НАДЁЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**

**Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Магистерская программа: Электроприводы и системы управления электроприводов**

**Уровень высшего образования: магистратура**

**Нормативный срок обучения: 2 года**

**Форма обучения: очная**

**Смоленск – 2016 г.**

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

**Целью освоения дисциплины** является подготовка обучающихся к научно-исследовательской деятельности по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

**Задачами дисциплины** является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Дисциплина направлена на обладание выпускниками следующими профессиональными компетенциями:

ПК-6 «способностью формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства»;

ПК-9 «способностью выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности»;

ПК-10 «способностью управлять проектами разработки объектов профессиональной деятельности»;

ПК-11 «способностью осуществлять технико-экономическое обоснование проектов».

В результате изучения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

- научные и практические проблемы электропривода (ПК-6);
- достижения науки и техники, передовой и зарубежный опыт в области электротехники, электромеханики и электропривода (ПК-9);
- основные понятия теории надежности и показатели надежности систем управления электроприводов и их элементов (ПК-9);
- законы распределения, методы расчета и прогнозирования надежности систем управления электроприводов и их элементов (ПК-10).

### **Уметь:**

- осуществлять поиск и анализ научной информации, в том числе с помощью сетевых технологий международной информационной сети (ПК-10);
- выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из конкретных задач исследования (ПК-9);
- рассчитать показатели надежности на стадии проектирования систем управления электроприводов (СУЭП) и их элементов, которые отвечали бы заданным требованиям (ПК-6);
- обеспечить технико-экономические характеристики СУЭП и их элементов, чтобы они были надежны в эксплуатации и удобны для ремонта (ПК-11);

### **Владеть:**

- практическими навыками поиска научной информации, связанной с проблематикой электропривода (ПК-6),
- способностью ориентироваться в современных тенденциях развития электропривода и применять обоснованные самостоятельные решения в ходе исследования (ПК-9);
- практическими навыками профессиональной деятельности по повышению надежности элементов и узлов СУЭП (ПК-10);
- умением технико-экономическое обосновать и обеспечить надежную работу оператора в системе «человек-техника» (ПК-11).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Современные проблемы и надёжность электроприводов» относится к обязательным дисциплинам вариативной части Б1.В.ОД.2 образовательной программы подготовки магистров по магистерской программе «Электроприводы и системы управления электроприводов», направления «Электроэнергетика и электротехника».

В соответствии с учебным планом по направлению «Электроэнергетика и электротехника» дисциплина «Современные проблемы и надёжность электроприводов» базируется на следующих дисциплинах:

Б1.Б.3 Компьютерные, сетевые и информационные технологии

Б1.В.ОД.1 Управление электроприводов и элементы автоматизации технологических процессов

Б2.П.1 Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности

Б1.Б.6 Методология научного творчества

Б1.В.ОД.3 Элементы и схемотехника силовой электроники

Б1.В.ДВ.1.1 Электропривод с вентильными и шаговыми двигателями

Б1.В.ДВ.1.2 Вентильно-индукторный электропривод

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, являются базой для изучения следующих дисциплин:

Б1.В.ДВ.2.1 Микропроцессорная техника в электроприводе

Б1.В.ДВ.2.2 Микроконтроллеры в электроприводе

Б2.П.2 Преддипломная практика

## 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

### Аудиторная работа

Цикл:	Б.1	Семестр
Часть цикла:	вариативная	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.ОД.2	
Часов (всего) по учебному плану:	108	3 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	3	3 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	0,5, 18	3 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	1, 36	3 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	-	-
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	1,5, 54	3 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов)	-	-

### Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	0,5, 18
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0,5, 18
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб)	-
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	-

Выполнение курсового проекта (работы)	-
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	-
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	0.5, 18
Всего:	1.5, 54
Подготовка к экзамену	-

#### 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)				
			лк	пр	лаб	СРС	в т.ч. интеракт.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тема 1. Анализ проблем составных частей электропривода как электромеханической системы	20	4	6	-	10	-
2	Тема 2. Научные и практические проблемы массового регулируемого электропривода	16	2	6	-	8	-
3	Тема 3. Научные и практические проблемы специальных систем электропривода	12	2	4	-	6	-
1	Тема 4. Основные понятия теории надежности. Показатели надежности СУЭП и их элементов. Расчет надежности СУЭП	12	2	4	-	6	-
2	Тема 5. Повышение надежности СУЭП. Инженерная методика проектирования надежных СУЭП	32	6	10	-	16	-
6	Тема 6. Прогнозирование надежности и диагностики СУЭП. Надежность технических систем с операторами	16	2	6	-	8	-
<b>Всего часов по видам учебных занятий</b>		<b>108</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>54</b>	<b>-</b>

#### Содержание по видам учебных занятий

##### Тема 1. Анализ проблем составных частей электропривода как электромеханической системы

*Лекция 1.* Состояние, проблемы и перспективы развития российской полупроводниковой элементной базы силовой электроники. Основные три группы современной элементной базы силовой электроники. Задачи и проблемы

*Лекция 2.* Анализ комплексных проблем исследования, выбора и эксплуатации электрических машин постоянного и переменного тока, их проблемы и перспективы развития. Улучшение массогабаритных показателей, уменьшение шумов и вибраций, блочно-модульное проектирование, проектирование электродвигателей с высоким КПД и широким использованием средств технической диагностики. Развитие работ по созданию крупных машин с использованием явления высокотемпературной сверхпроводимости. Задачи и перспективы создания отечественных электродвигателей нового поколения для частотно-регулируемого электропривода (2 часа).

*Практическое занятие №1* Теоретические и практические проблемы вентильно-индукторных двигателей. Группа задач, связанная с расчетами магнитного поля. Способы сглаживания пульсаций от работы ключей и инженерные методики тепловых расчетов ВИД. Источники шумов и вибраций ВИД и методы борьбы с ними. Создание бездатчиковых схем ВИД (2 часа).

*Практическое занятие №2* Особенности частотно-регулируемых АД в плане формы пазов ротора, числа пар полюсов, номинального напряжения двигателя, необязательность синусоидальности напряжения и тока двигателя, необходимости для охлаждения автономных вентиляторов-наездников. перенапряжения из-за ШИМ-коммутации современных ПЧ, повреждения подшипникового узла в силу блуждающих токов, шумов и вибрации (2 часа).

*Практическое занятие №3* Анализ комплексных проблем выбора и эксплуатации электрических и электронных аппаратов. Необходимость в новых контакторах и пускателях повышенной устойчивости к воздействию импульсного напряжения и тока короткого замыкания. Самоуправляемые аппараты (аппараты, обладающие “интеллектом”): проблема предотвращения опасных бросков тока и перенапряжений и увеличения ресурса оборудования, повышение надёжности оборудования, продление срока службы (2 часа).

*Самостоятельная работа №1.* Изучение лекционного материала; подготовка к практическим занятиям №1–№3 (всего к теме №1 – 20 часов).

*Текущий контроль* – устный опрос при подготовке к практическим занятиям.

## **Тема 2. Научные и практические проблемы массового регулируемого электропривода**

*Лекция 3.* Задачи массового регулируемого электропривода: расширение области применения в транспортных, бытовых и автономных объектах; увеличение доли электроприводов переменного тока (частотно-регулируемого, вентильно-индукторного); развитие интегрированных электромеханических устройств; создание мехатронных модулей движения; совершенствование теории управления и алгоритмов микропроцессорного управления; обеспечение автодиагностики Основные пути энергосбережения в электроприводе (2 часа).

*Практическое занятие №4.* Проблемы выбора и внедрения регулируемого электропривода: проблемы, связанные с обоснованием мощности и типа электрических двигателей и преобразователей; проблемы согласования электрических преобразователей с питающей их сетью и электродвигателем; проблемы наладки регулируемого электропривода; проблемы обеспечения электромагнитной совместимости элементов регулируемого электропривода (2 часа).

*Практическое занятие №5.* Проблемы, связанные с эксплуатацией высоковольтных частотно-регулируемых электроприводов 6 кВ: разрушение подшипников; чрезмерный нагрев силового кабеля; термическое повреждение изоляции силового кабеля и выводов обмоток электродвигателя; межфазные короткие замыкания в кабельной линии; межвитковые к. з. обмотки статора электродвигателя; чрезмерный шум, издаваемый электродвигателем, повышающим трансформатором и кабельной линией; разрушение металла ротора электродвигателя (2 часа).

*Практическое занятие №6.* Основные тенденции развития цифровых электроприводов, их преимущества и проблемы; создание систем управления, удовлетворяющих возросшим требованиям; унифицирование аппаратной части системы управления; обеспечение оперативной программной адаптации систем управления к типу исполнительного двигателя, типам датчиков обратной связи, структуре силовой части и структуре системы управления; реализация самых перспективных алгоритмов управления; разработка новых типов приводов (2 часа).

*Самостоятельная работа №2.* Изучение лекционного материала; подготовка к практическим занятиям №4–№6 (всего к теме №2 – 16 часов).

*Текущий контроль* – устный опрос при подготовке к практическим занятиям.

## **Тема 3. Теоретические и практические проблемы специальных систем электроприводов и их диагностика**

*Лекция 4.* Современные способы управления и проблемы их применение в электроприводах: проблемы разработки и применения интеллектуальных систем (фаззи-логика, нейронные се-



ти); высокоточных электроприводов переменного тока; систем управления электроприводов с прогнозированием (2 часа).

*Практическое занятие №7.* Проблемы нейронных систем управления электроприводов и технологических комплексов: архитектура нейронных сетей; обучение нейронных сетей; модели нейронных сетей; программное обеспечение для работы с нейронными сетями; синтез систем с использованием мультикомпьютерного моделирования. Перспективы развития нейронных систем управления (наблюдатель потокосцепления ротора, нейрорегулятор для АЭП с ТПН) (2 часа).

*Практическое занятие №8.* Проблема обеспечения работоспособности регулируемого электропривода – диагностирование его технического состояния в реальных условиях промышленной эксплуатации. Задачи выбора объектов диагноза и их математических моделей; способов и средств реализации алгоритмов диагноза. Проблема экономической целесообразности диагностики (2 часа).

*Самостоятельная работа №3.* Изучение лекционного материала; подготовка к практическим занятиям №7 и №8 (всего к теме №3 – 12 часов).

*Текущий контроль* – устный опрос при подготовке к практическим занятиям.

#### **Тема 4. Основные понятия теории надежности. Показатели надежности СУЭП и их элементов. Расчет надежности СУЭП**

*Лекция 5.* Основные понятия теории надежности: работоспособность, отказ устройства (признак, причина и условие отказа; независимые и зависимые отказы; частичные или полные отказы; внезапные и постепенные отказы), ремонтпригодность, долговечность (ресурс и срок службы).

Показатели надежности систем управления электроприводов (ЭП) и их элементов: вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средняя наработка на отказ, вероятность наработки между отказами, вероятность восстановления за заданное время, коэффициент готовности и технического использования (2 часа).

*Практическое занятие №9.* Законы распределения времени безотказной работы и времени работы между отказами: распределение Вейбулла, гамма-распределение, экспоненциальное распределение и нормальное распределение. Законы распределения времени восстановления для систем управления электроприводами: логарифмически-нормальное распределение и распределение Эрланга (2 часа).

*Практическое занятие №10.* Методы определения надежности на стадии проектирования: метод расчета по среднегрупповым значениям интенсивностей отказов, коэффициентный метод расчета надежности. Повышение безотказности систем управления при увеличении ремонтпригодности. Преимущества коэффициентного метода (2 часа).

*Самостоятельная работа №4.* Изучение лекционного материала; подготовка к практическим занятиям №9 и №10 (всего к теме №4 – 12 часов).

*Текущий контроль* – устный опрос при подготовке к практическим занятиям.

#### **Тема 5. Повышение надежности СУЭП. Инженерная методика проектирования надежных СУЭП**

*Лекция 6.* Обеспечение надежности СУЭП введением внутриэлементной избыточности: анализ и учет режимов работы элементов и влияния условий окружающей среды.

Повышение надежности типовых элементов СУЭП путём

- 1) снижения коэффициента электрической нагрузки;
- 2) использования элементов с более высокими показателями надежности;
- 3) облегчения условий работы элементов;
- 4) сокращения времени активной работы элементов (2 часа).

*Лекция 7.* Обеспечение надежности систем управления электроприводов путем резервирования:

постоянное резервирование (общее и раздельное постоянное резервирование с целой кратностью, общее и раздельное постоянное резервирование замещением с целой кратностью, общее и

раздельное постоянное резервирование с дробной кратностью, общее и раздельное постоянное резервирование замещением с дробной кратностью) (2 часа).

*Лекция 8.* Расчет вероятности безотказной работы и наработки на отказ при различных кратностях общего и раздельного резервирования, а также при резервировании замещением и при скользящем резервировании. Сравнение способов резервирования (2 часа).

*Практическое занятие №11.* Резервирование элементов с двумя видами отказов. Вероятность безотказной работы при параллельном и последовательном включении. Порядок расчета надежности при резервировании элементов с двумя видами отказов. (2 часа).

*Практическое занятие №12.* Техничко-экономический критерий оптимизации надежности – дополнительный экономический эффект. Основные зависимости между надежностью и экономическими показателями и их анализ. Основные зависимости между надежностью и экономическими показателями и их анализ. Методы расчета оптимального числа запасных элементов (2 часа).

*Практическое занятие №13.* Этапы разработки систем электропривода.

А. Разработка схемы и конструирование узлов системы управления:

1. Анализ требований к системе.
2. Разработка функциональной схемы системы.
3. Разработка принципиальных схем узлов;
4. Выбор элементов.
5. Конструирование узлов и блоков (2 часа).

*Практическое занятие №14.* Этапы разработки систем электропривода.

Б. Расчет и анализ надежности системы управления.

Исходные данные для расчета надежности.

Порядок расчета надежности системы. Определение признаков отказа системы и ее функциональных узлов.

Составление логической схемы для расчета надежности системы (2 часа).

*Практическое занятие №15.* Расчёт показателей надежности функциональных узлов и заполнение таблицы для расчета надежности узла с последовательным соединением элементов.

Расчетные формулы показателей надежности систем при последовательном, параллельном или смешанном соединении функциональных узлов (2 часа).

*Самостоятельная работа №5.* Изучение лекционного материала; подготовка к практическим занятиям №11–№15 (всего к теме №5 – 32 часа).

*Текущий контроль* – устный опрос при подготовке к практическим занятиям.

## **Тема 6. Прогнозирование надежности и диагностика СУЭП. Надежность технических систем с операторами**

*Лекция 9.* Прогнозирование надежности. Задача прогнозирования. Характеристики и типы случайных процессов. Изменение технического состояния системы. Методы прогнозирования надежности и прогнозирования технического состояния системы. Прогнозирование изменения определяющего параметра (2 часа).

*Практическое занятие №16.* Диагностика технического состояния узлов СУЭП. Цель диагностики, Критерии работоспособности основных узлов. Состав и функционирование диагностических систем. Схема основных состояний и событий. Диагностика электрических машин большой и средней мощности. Наиболее характерные дефекты электрических машин и их проявление (2 часа).

*Практическое занятие №17.* Байесовский подход при прогнозировании и диагностике. Теорема Бейеса и её применение. Прогнозирование надежности с помощью теоремы Бейеса. Применение формулы Бейеса при решении задач технической диагностики (2 часа).

*Практическое занятие №18.* Надежность технических систем с операторами. Системы с отказами техники и некомпенсируемыми ошибками оператора. Системы с компенсацией последствий отказов техники и ошибок операторов. Динамические свойства систем с операторами. Передаточная функция и структурная схема системы «человек-техника» (2 часа).

*Самостоятельная работа №6.* Изучение лекционного материала; подготовка к практическим занятиям №16–№18 (всего к теме №6 – 16 часов).

*Текущий контроль* – устный опрос при подготовке к практическим занятиям.

**Практические занятия** проводятся в интерактивной форме диалога «преподаватель-студент», «студент-студент» с целью выявления установления истины и форме решения конкретных задач по всем разделам дисциплины.

**Темы и задачи практических занятий:** изложены в приложении к РПД.

Для **текущего контроля** используются оценки по практическим занятиям.

**Промежуточная аттестация по дисциплине:** зачёт с оценкой.

Изучение дисциплины заканчивается зачётом с оценкой. Он проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № И-23.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны:  
демонстрационные слайды лекций по дисциплине,  
методические указания по самостоятельной работе при подготовке к практическим занятиям (см. Приложение к РПД),

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования**

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции: ПК-6, ПК-9, ПК-10 и ПК-11.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанной компетенцией (практические занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение самостоятельности и развитие практических умений, предусмотренных компетенцией (практические занятия, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенцией, в ходе решения конкретных технических задач на практических занятиях, успешной сдачи зачёта.

### **6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания**

Сформированность компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.



При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков - на пороговом уровне. В противном случае компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлен различными видами оценочных средств.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенций ПК-6, ПК-9, ПК-10 и ПК-11 преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, подготовленных к практическим занятиям. Учитываются также ответы студента на вопросы при текущем контроле – устных опросах, ответах на практических занятиях.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- теоретических и практических проблемы электропривода;
- достижений науки и техники, передовой и зарубежный опыт в области электропривода;
- основных понятий теории надежности, показателей надежности систем управления электроприводов и их элементов;
- основных методов расчета и прогнозирования надежности систем управления электроприводов и их элементов;
- наличие **умения**:
- профессионально осуществлять поиск и анализ научной информации, в том числе с помощью сетевых технологий международной информационной сети;
- выбирать необходимые методы анализа и исследования современного состояния электропривода для выявления задач и проблем его развития;
- самостоятельной работы с источниками научно-технической информации;
- рассчитать показатели надежности на стадии проектирования систем управления электроприводов (СУЭП) и их элементов, обеспечить технико-экономические характеристики СУЭП и их элементов, чтобы они были надежны в эксплуатации и удобны для ремонта;
- присутствие **навыка**:
- самостоятельного поиска научной информации, связанной с проблематикой электропривода,
- ориентирования в современных тенденциях развития электропривода и применения обоснованных самостоятельных решений, направленных на устранение возникающих проблем;
- самостоятельной деятельности по повышению и оптимизации надежности элементов и узлов СУЭП;
- умения на практике обеспечить надежную работу оператора в системе «человек-техника».

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций ПК-6, ПК-9, ПК-10 и ПК-11 в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Оценивается активность работы студента на практических занятиях, глубина ответов студента «у доски» при устных опросах в процессе выполнения заданий к каждому практическому занятию.

Способность при устном ответе оперировать основными понятиями и определениями соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, в дополнение к пороговому самостоятельное решение части вопросов – соответствует продвинутому уровню; в дополнение к продвинутому – способность рассчитать задачу в полном объеме с соответствующими пояснениями соответствует эталонному уровню.

Сформированность уровня компетенции не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является зачет с оценкой, оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовле-

творительно", "неудовлетворительно". Зачет по дисциплине «Современные проблемы и надёжность электроприводов» проводится в устной форме. Критерии оценивания (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практические задание

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практические задание, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомый с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные проблемы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной).

Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент: после начала зачёта отказался его сдавать или нарушил правила сдачи зачёта (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.

В зачетную книжку студента и приложение к диплому выносятся оценка зачета с оценкой по дисциплине за 3 семестр.

### **6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Вопросы по приобретению и развитию практических умений, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной (примеры вопросов к практическим занятиям).

1. Каково состояние российской полупроводниковой промышленности после развала СССР?
2. Какие силовые приборы входят в первую группу современной элементной базы электроники?

3. Какие силовые приборы входят во вторую группу современной элементной базы электроники?
4. Какие силовые приборы входят в третью группу современной элементной базы электроники?
5. Каковы задачи и проблемы развития в области силовой элементной базы этих групп?
6. Какие методы используются для улучшения массогабаритных показателей, уменьшение шумов и вибраций электрических машин?
7. Какие проблемы возникают при использовании для возбуждения явления сверхпроводимости?
8. Как используется в создании крупных машин явление высокотемпературной сверхпроводимости?
9. Почему для частотно-регулируемого электропривода нужны специальные двигатели?
10. Каковы способы сглаживания пульсаций от работы ключей вентильно-индукторных двигателей?
11. Каковы источники шумов и вибраций ВИД и методы борьбы с ними?
12. Каковы особенности и проблемы частотно-регулируемых АД?
13. Какие проблемы выбора и эксплуатации электрических и электронных аппаратов?
14. В чем проблемы развития отечественной НВА?
15. Какие задачи стоят перед электронными аппаратами, обладающими “интеллектом”?
16. Какие проблемы массового регулируемого электропривода?
17. Какие проблемы выбора, внедрения и эксплуатации регулируемого электропривода?
18. Что происходит при эксплуатации высоковольтных частотно-регулируемых электроприводов 6 кВ?
19. Какие достоинства и проблемы цифровых электроприводов?
20. Каковы основные пути энергосбережения в асинхронном электроприводе?
21. Какие современные способы управления и проблемы их применения в электроприводах?
22. Зачем нужны системы электроприводов с прогнозированием?
23. В чем состоят проблемы нейронных систем управления электроприводов?
24. Каковы проблемы диагностирования технического состояния электроприводов?
25. Перечислить и дать определение основным понятиям теории надежности;
26. Как классифицируются отказы?
27. Каковы показатели надежности?
28. Что означает повышение надежности введением избыточности?
29. Что собой представляет распределение Вейбулла?
30. Что собой представляет гамма-распределение?
31. Что собой представляет экспоненциальное распределение?;
32. Охарактеризовать показатели нормального распределения.
33. Что собой представляет логарифмически-нормальное распределение и распределение Эрланга?
34. Каковы методы определения надежности на стадии проектирования?
35. Повышение безотказности систем управления
36. Как повышается безотказность систем управления при увеличении ремонтпригодности?
37. Как обеспечить надежность СУЭП введением внутриэлементной избыточности?
38. Что собой представляет коэффициентный метод расчета надежности?
39. Как повысить надежность типовых элементов СУЭП за счет внутриэлементной избыточности?
40. Как повысить надежность типовых элементов СУЭП за счет резервирования?
41. Каковы виды резервирования?
42. Сформулировать выводы по видам резервирования.

43. Каковы методы расчета оптимального числа запасных элементов?
44. Охарактеризуйте этапы разработки систем электропривода.
45. Какие исходные данные требуются для расчета надежности?
46. Какие существуют методы прогнозирования надёжности?
47. Какова цель диагностика технического состояния СУЭП?
48. Определить состав и функционирование диагностических систем.
49. В чём сущность Байесовского подхода при прогнозировании и диагностике?
50. Какова передаточная функция и структурная схема системы "человек-техника"?

Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (вопросы к зачёту)

### **1. Анализ проблем составных частей электропривода как электромеханической системы**

Состояние, проблемы и перспективы развития российской полупроводниковой элементной базы силовой электроники. Основные три группы современной элементной базы силовой электроники. Задачи и проблемы развития в области силовой элементной базы этих групп.

Анализ комплексных проблем исследования, выбора и эксплуатации электрических машин. Электрические машины постоянного тока: проблемы и перспективы развития. Улучшение массогабаритных показателей и уменьшение шумов и вибраций. Блочно-модульное проектирование. Проектирование электродвигателей с высоким КПД и широким использованием средств технической диагностики. Постоянные магниты и возбуждение с использованием явления сверхпроводимости.

Электрические машины переменного тока: проблемы и перспективы развития. Научно-техническое создание крупных электрических машин переменного тока. Развитие работ по созданию крупных машин с использованием явления высокотемпературной сверхпроводимости. Задачи и перспективы создания отечественных электродвигателей нового поколения для частотно-регулируемого электропривода

Теоретические и практические проблемы вентильно-индукторных двигателей. Группа задач, связанная с расчетами магнитного поля. Способы сглаживания пульсаций от работы ключей и инженерные методики тепловых расчетов ВИД. Источники шумов и вибраций ВИД и методы борьбы с ними. Создание его бездатчиковых схем ВИД.

Особенности частотно-регулируемых АД в плане формы пазов ротора, числа пар полюсов, номинального напряжения двигателя, необязательность синусоидальности напряжения и тока двигателя, необходимости для охлаждения автономных вентиляторов-наездников. перенапряжения из-за ШИМ-коммутации современных ПЧ, повреждения подшипникового узла в силу блуждающих токов, шумов и вибрации.

Анализ комплексных проблем выбора и эксплуатации электрических и электронных аппаратов. Необходимость в новых контакторах и пускателях повышенной устойчивости к воздействию импульсного напряжения и тока короткого замыкания. Самоуправляемые аппараты (аппараты, обладающие "интеллектом"): проблема предотвращения опасных бросков тока и перенапряжений и увеличения ресурса оборудования, повышение надёжности оборудования, продление срока службы.

### **2. Научные и практические проблемы массового регулируемого электропривода**

Задачи массового регулируемого электропривода: расширение области применения в транспортных, бытовых и автономных объектах; увеличение доли электроприводов переменного тока (частотно-регулируемого, вентильно-индукторного); развитие интегрированных электромеханических устройств; создание мехатронных модулей движения; совершенствование теории управления и алгоритмов микропроцессорного управления; обеспечение автодиагностики.

Проблемы выбора и внедрения регулируемого электропривода: проблемы, связанные с обоснованием мощности и типа электрических двигателей и преобразователей; проблемы согласования электрических преобразователей с питающей их сетью и электродвигателем; проблемы наладки регулируемого электропривода; проблемы обеспечения электромагнитной совместимости элементов регулируемого электропривода.

Проблемы, связанные с эксплуатацией высоковольтных частотно-регулируемых электроприводов 6 кВ: разрушение подшипников; чрезмерный нагрев силового кабеля; термическое повреждение изоляции силового кабеля и выводов обмоток электродвигателя; межфазные короткие замыкания в кабельной линии; межвитковые к. з. обмотки статора электродвигателя; чрезмерный шум, издаваемый электродвигателем, повышающим трансформатором и кабельной линией; разрушение металла ротора электродвигателя.

Основные тенденции развития цифровых электроприводов, их преимущества и проблемы; создание систем управления, удовлетворяющих возросшим требованиям; унифицирование аппаратной части системы управления; обеспечение оперативной программной адаптации систем управления к типу исполнительного двигателя, типам датчиков обратной связи, структуре силовой части и структуре системы управления; реализация самых перспективных алгоритмов управления; разработка новых типов приводов.

Основные пути энергосбережения в асинхронном электроприводе: обоснованный выбор установленной мощности двигателя; переход на более экономичные двигатели и более совершенные с энергетической точки зрения системы электропривода; использование специальных техсредств, обеспечивающих минимизацию потерь энергии в электроприводе; совершенствование алгоритмов управления электроприводов; переход от нерегулируемого электропривода к регулируемому и повышение уровня автоматизации за счет включения в контур регулирования ряда технологических параметров.

### **3. Теоретические и практические проблемы специальных систем электроприводов и их диагностика**

Современные способы управления и проблемы их применение в электроприводах: проблемы разработки и применения интеллектуальных систем (фаззи-логика, нейронные сети); высокоточных электроприводов переменного тока; систем управления электроприводов с прогнозированием.

Проблемы улучшения качества управления для снижения ошибок регулирования и увеличения быстродействия системы электропривода; выбора структуры прогнозирующей модели и синтеза алгоритма адаптации; обеспечение быстродействия вычислительных устройств, осуществляющих прогнозирование; выбор оптимальных значений управляющих воздействий и их реализация на очередном интервале управления.

Проблемы нейронных систем управления электроприводов и технологических комплексов: архитектура нейронных сетей; обучение нейронных сетей; модели нейронных сетей; программное обеспечение для работы с нейронными сетями; синтез систем с использованием мультикомпьютерного моделирования. Перспективы развития нейронных систем управления (наблюдатель потока сцепления ротора, нейрорегулятор для АЭП с ТПН).

Проблема обеспечения работоспособности регулируемого электропривода – диагностирование его технического состояния в реальных условиях промышленной эксплуатации. Задачи выбора объектов диагноза и их математических моделей; способов и средств реализации алгоритмов диагноза. Проблема экономической целесообразности диагностики.

### **Тема 4. Основные понятия теории надежности. Показатели надежности СУЭП и их элементов. Расчет надежности СУЭП**

Основные понятия теории надежности: работоспособность, отказ устройства (признак, причина и условие отказа; независимые и зависимые отказы; частичные или полные отказы; внезапные и постепенные отказы), ремонтпригодность, долговечность (ресурс и срок службы).



Показатели надёжности систем управления электроприводов (ЭП) и их элементов: вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средняя наработка на отказ, вероятность наработки между отказами, вероятность восстановления за заданное время, коэффициент готовности и технического использования.

Законы распределения времени безотказной работы и времени работы между отказами: распределение Вейбулла, гамма-распределение, экспоненциальное распределение и нормальное распределение. Законы распределения времени восстановления для систем управления электроприводами: логарифмически-нормальное распределение и распределение Эрланга.

Методы определения надёжности на стадии проектирования: метод расчета по среднегрупповым значениям интенсивностей отказов, коэффициентный метод расчета надёжности. Повышение безотказности систем управления при увеличении ремонтпригодности. Преимущества коэффициентного метода.

### **Тема 5. Повышение надёжности СУЭП. Инженерная методика проектирования надёжных СУЭП**

Обеспечение надёжности СУЭП введением внутриэлементной избыточности: анализ и учет режимов работы элементов и влияния условий окружающей среды.

Повышение надёжности типовых элементов СУЭП путём снижения коэффициента электрической нагрузки; использования элементов с более высокими показателями надёжности; облегчения условий работы элементов; сокращения времени активной работы элементов.

Обеспечение надёжности систем управления электроприводов путем резервирования: постоянное резервирование (общее и раздельное постоянное резервирование с целой кратностью, общее и раздельное постоянное резервирование замещением с целой кратностью, общее и раздельное постоянное резервирование с дробной кратностью, общее и раздельное постоянное резервирование замещением с дробной кратностью).

Расчет вероятности безотказной работы и наработки на отказ при различных кратностях общего и раздельного резервирования, а также при резервировании замещением и при скользящем резервировании. Сравнение способов резервирования.

Резервирование элементов с двумя видами отказов. Вероятность безотказной работы при параллельном и последовательном включении. Порядок расчета надёжности при резервировании элементов с двумя видами отказов.

Технико-экономический критерий оптимизации надёжности – дополнительный экономический эффект. Основные зависимости между надёжностью и экономическими показателями и их анализ. Основные зависимости между надёжностью и экономическими показателями и их анализ. Методы расчета оптимального числа запасных элементов.

Этапы разработки систем электропривода.

А. Разработка схемы и конструирование узлов системы управления: анализ требований к системе; разработка функциональной схемы системы; разработка принципиальных схем узлов; выбор элементов; конструирование узлов и блоков. Этапы разработки систем электропривода.

Б. Расчет и анализ надёжности системы управления: исходные данные для расчета надёжности; порядок расчета надёжности системы; определение признаков отказа системы и ее функциональных узлов; составление логической схемы для расчета надёжности системы.

Расчёт показателей надёжности функциональных узлов и заполнение таблицы для расчета надёжности узла с последовательным соединением элементов.

Расчетные формулы показателей надёжности систем при последовательном, параллельном или смешанном соединении функциональных узлов.

### **Тема 6. Прогнозирование надёжности и диагностика СУЭП. Надёжность технических систем с операторами**

Прогнозирование надёжности. Задача прогнозирования. Характеристики и типы случайных процессов. Изменение технического состояния системы. Методы прогнозирования надёжности и

прогнозирования технического состояния системы. Прогнозирование изменения определяющего параметра.

Диагностика технического состояния узлов СУЭП. Цель диагностики, Критерии работоспособности основных узлов. Состав и функционирование диагностических систем. Схема основных состояний и событий. Диагностика электрических машин большой и средней мощности. Наиболее характерные дефекты электрических машин и их проявление.

Байесовский подход при прогнозировании и диагностике. Теорема Байеса и её применение. Прогнозирование надёжности с помощью теоремы Байеса. Применение формулы Байеса при решении задач технической диагностики.

Надёжность технических систем с операторами. Системы с отказами техники и некомпенсируемыми ошибками оператора. Системы с компенсацией последствий отказов техники и ошибок операторов. Динамические свойства систем с операторами. Передаточная функция и структурная схема системы «человек-техника».

#### **6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в учебных пособиях и методических рекомендациях по изучению курса, к выполнению заданий на самостоятельную работу (приложение к настоящей РПД).

#### **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

##### **а) Основная литература**

1. Ефремов, И. Надёжность технических систем и техногенный риск : учебное пособие / И. Ефремов, Н. Рахимова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : ОГУ, 2013. - 163 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259179>.

2. Кузнецов Н.Л. Надёжность электрических машин: учеб. пособие для вузов/ М.: Издат. дом МЭИ, 2006. – 432 с.

3. Никитенко, Г.В. Электропривод производственных механизмов : учебное пособие / Г.В. Никитенко ; ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет». - Ставрополь : Агрус, 2012. - 240 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-9596-0778-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277520>

##### **б) дополнительная литература:**

1. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: Учеб. для вузов: Т.1. –2-е изд., перераб. доп. – М.: Изд. МЭИ, 2004. -651 с.

2. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: Учеб. для вузов: Т.2. –2-е изд., перераб. доп. – М.: Изд. МЭИ, 2004.- 531 с.

#### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины**

1. <http://engineeringsystems.ru/istoriya-elektrotehniki-i-elektroenergetiki/sovremenniy-elektroprivod.php> - Современный электропривод

2 <http://mathemforyou.weebly.com/theory-of-probability-and-mathematical-statistics-page1.html> - Теория вероятностей и математическая статистика

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время **лекции** студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

**Практические (семинарские) занятия** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Основная цель проведения практических (семинарских) занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

Методические указания к практическим (семинарским) занятиям по дисциплине наряду с рабочей программой и графиком учебного процесса относятся к методическим документам, определяющим уровень организации и качества образовательного процесса.

Содержание практических (семинарских) занятий фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении - пример, который разбирается с позиций теории, развитой в лекции. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов - решение задач, графические работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Практические (семинарские) занятия выполняют следующие задачи:

стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы, а также внимательное отношение к лекционному курсу;

закрепляют знания, полученные в процессе лекционного обучения и самостоятельной работы над литературой;

расширяют объём профессионально значимых знаний, умений, навыков;

позволяют проверить правильность ранее полученных знаний;

прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления;

способствуют свободному оперированию терминологией;

предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объём выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан сделать самостоятельно.

После проверки отчета преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы).

По результатам проверки отчета и опроса выставляется оценка за практическое занятие.

При подготовке к **зачету** в дополнение к изучению учебных пособий и слайдов, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к дифференцированному зачету нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по нескольким типовым задачам из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

При проведении **лекционных** занятий предусматривается использование систем мультимедиа.

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

**Лекционные занятия:**

Аудитория, оснащенная презентационной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

**Практические занятия** по данной дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Автор  
канд. техн. наук, доцент

В.А. Барышников

Зав. кафедрой ЭМС  
канд. техн. наук, доцент

В.В. Рожков

Программа одобрена на заседании кафедры ЭМС от 07.09. 2016 года, протокол № 1.

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер изме- мене- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	изме- ме- нен- ных	заме- ме- нен- ных	но- вых	анну- лиро- ро- ванн- ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10