

Приложение 3 РПД Б1.В.ОД.5

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального 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
« 16 » 11 20 18 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 5 лет

Форма обучения: заочная

Смоленск – 2015 г.

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

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к проектно-конструкторской деятельности по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника 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 формирование следующей профессиональной компетенции:

ОПК-2 – «способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования».

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

– общие физические свойства механической и электрической частей электропривода, законы взаимодействия между ними, методы анализа режимов работы электропривода как единой сложной электромеханической системы (ОПК-2);

– схемы включения и методы расчета характеристик и энергетических показателей электроприводов в различных режимах (ОПК-2).

Уметь:

– рассчитывать и анализировать влияние изменения параметров и внешних воздействий на режимы работы электропривода, объяснять характер процессов, пользуясь для этого физическими соображениями и важнейшими математическими соотношениями (ОПК-2).

Владеть:

– навыками расчета статических характеристик, исследования переходных процессов и энергетических показателей электропривода с применением компьютерной техники (ОПК-2).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физические основы электропривода» относится к обязательным дисциплинам вариативной части базового цикла по направлению подготовки **13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника: Б1.В.ОД.5.**

В соответствии с учебным планом по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» дисциплина «Физические основы электропривода» базируется на следующих дисциплинах:

Б.1.Б.5 «Математика»;

Б.1.Б.6 «Физика»;

Б.1.Б.9 «Информационные технологии».

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

Б.1.В.ОД.12 «Электрические машины и аппараты».

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.В	Семестр
Часть цикла:	вариативная	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.ОД.5	
Часов (всего) по учебному плану:	180	2 курс
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	5	2 курс
Лекции (ЗЕТ, часов)	8/36, 8	2 курс
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	8/36, 8	2 курс
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	-	-
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	160/36, 160	2 курс
Экзамен (ЗЕТ, часов)	-	-

Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	1.0, 36
Подготовка к практическим занятиям (пз)	1.0, 36
Подготовка к защите лабораторной работы (лаб)	-
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	-
Выполнение курсового проекта (работы)	-
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	38/36, 38
Подготовка к контрольным работам	0.5, 18
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	32/36, 32
Всего (в соответствии с УП):	160/36, 160
Подготовка к экзамену	-

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием ответственного на них количества академических 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. Механика электропривода	22	2	-	-	20	2
2	Тема 2. Электромеханические свойства электроприводов постоянного и переменного тока	42	2	4	-	36	2
3	Тема 3. Электромеханические переходные процессы разомкнутой системы электропривода	40	2	2	-	36	2
4	Тема 4. Энергетика электроприво-	72	2	2	-	68	2

дов						
Всего часов по видам учебных занятий (включая 4 часа контроля)	180	8	8	-	160	8

Содержание по видам учебных занятий

Тема 1. Механика электропривода

Лекция 1. Моменты (силы) исполнительных органов и кинематические схемы производственных механизмов. Зависимости моментов (сил) исполнительных органов от скорости, пути и времени. Расчетные схемы механической части электропривода. Приведение параметров и нагрузок к расчетной скорости. Переход от многомассовой системы к трех-, двух- и одномассовой системам.

Уравнения движения и режимы работы электропривода. Правило знаков в уравнении движения. Переходные и установившиеся динамические режимы движения. Статический режим движения (2 часа).

Самостоятельная работа 1. Изучение материалов лекций (9 часов) и дополнительных тем на СРС (11 часов). (Всего к теме 1 – 22 часа.)

Текущий контроль – устный опрос по материалам лекции и по дополнительным темам СРС.

Тема 2. Электромеханические свойства электроприводов постоянного и переменного тока

Лекция 2. Схема включения двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Математическое описание динамических процессов в электроприводе с двигателем постоянного тока независимого возбуждения.

Уравнения статических характеристик и режимы работы двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Понятия *жесткости* и *статизма* механической характеристики. Генераторные режимы работы двигателя постоянного тока независимого возбуждения (2 часа).

Практическое занятие 1. Естественная и искусственные (регулируемые) характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Влияние добавочного сопротивления в якорной цепи на статические характеристики. Уравнения характеристик в относительных единицах.

Статические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения при различных значениях потока и напряжения, подводимого к якорю (система Г-Д), в схеме с шунтированием якоря.

Динамическое торможение двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Статические характеристики двигателя при динамическом торможении (2 часа).

Практическое занятие 2. Естественная механическая и электромеханические характеристики асинхронного двигателя, получаемые на основе Г-образной схемы замещения. Режимы работы асинхронного двигателя.

Динамическое торможение с независимым возбуждением асинхронного двигателя. Влияние насыщения магнитной цепи на механические характеристики двигателя. Режим динамического торможения со смешанным возбуждением.

Регулируемые (искусственные) характеристики асинхронного электропривода при симметричном включении активного или индуктивного сопротивления в роторную или статорную цепь, при изменении питающего напряжения (2 часа).

Самостоятельная работа 2. Изучение материалов лекций (9 часов), дополнительных тем на СРС (9 часов) и подготовка к практическим занятиям 1–2 (18 часов). (Всего к теме 2 – 42 часа.)

Текущий контроль – устный опрос по материалам лекции, дополнительным темам СРС и по теме при подготовке к практическим занятиям.

Тема 3. Электромеханические переходные процессы разомкнутой системы электропривода

Лекция 3. Общие уравнения электромеханических переходных процессов в электроприводе с линейной механической характеристикой двигателя при $c_{12}=\infty$, $M_c=\text{const}$ и скачкообразном изме-

нении управляющего или возмущающего воздействия.

Электромеханические переходные процессы на естественной характеристике при набросе и сбросе нагрузки M_c скачком. Переходный процесс пуска двигателя по реостатной характеристике. Переходные процессы при ступенчатом реостатном пуске двигателя с линейной механической характеристикой. Расчет и построение пусковой диаграммы и графиков переходных процессов (2 часа).

Практическое занятие 3. Переходные процессы при реверсе и динамическом торможении с активным и реактивным моментом на валу двигателя с линейной механической характеристикой.

Переходные процессы пуска с реактивным и активным моментом на валу двигателя при линейном изменении ω_b в функции времени.

Переходные процессы реверса с активным и реактивным моментом на валу двигателя при линейном изменении ω_b в функции времени (2 часа).

Самостоятельная работа 3. Изучение материалов лекций (9 часов), дополнительных тем на СРС (18 часов) и подготовка к практическому занятию 3 (9 часов). (Всего к теме 3 – 40 часов.)

Текущий контроль – устный опрос по материалам лекции, дополнительным темам СРС и по теме при подготовке к практическому занятию.

Тема 4. Энергетика электроприводов

Лекция 4. Показатели, характеризующие работу электропривода с энергетической точки зрения. Потребляемая мощность, КПД и потери при работе двигателя на естественной характеристике с постоянной нагрузкой.

Определение потерь при работе двигателя на естественной характеристике с переменной нагрузкой методом эквивалентных величин. Условия применимости различных вариантов метода.

Потери при работе двигателей на регулировочных характеристиках. Потери и КПД в регулируемом электроприводе. Зависимость их от характера изменения статического момента от скорости. Интегральный КПД за производственный цикл (2 часа).

Практическое занятие 4. Потери и расход энергии в переходных режимах двигателей постоянного тока. Потери и расход энергии в переходных режимах асинхронных двигателей. Способы снижения потерь в переходных режимах.

Коэффициент мощности и потребление реактивной энергии асинхронными и синхронными двигателями трехфазного тока. Определение коэффициента мощности за цикл работы. Коэффициент мощности электропривода постоянного тока по системе ТП-Д (2 часа).

Самостоятельная работа 4. Изучение материалов лекций (9 часов), подготовка к практическому занятию №4 (9 часов), контрольной работе (18 часов) и дифференциальному зачету (32 часа). (Всего к теме 4 – 72 часа.)

Текущий контроль – устный опрос по материалам лекции и по теме при подготовке к практическому занятию.

Дополнительные темы на СРС.

Математическое описание динамических процессов в электроприводе с двигателем постоянного тока независимого возбуждения. Динамическая характеристика двигателя в установившемся режиме.

Схема включения двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Математическое описание динамических процессов в электроприводе с двигателем последовательного возбуждения. Статические характеристики. Режимы работы в естественной схеме включения.

Регулировочные характеристики электропривода с двигателем последовательного возбуждения. Расчет и построение статических характеристик двигателя постоянного тока последовательного возбуждения для различных значений добавочного сопротивления в якорной цепи и при изменении питающего напряжения. Характеристики в схеме с шунтированием обмотки возбуждения, с шунтированием якоря.

Динамическое торможение с самовозбуждением двигателя постоянного тока последова-

тельного возбуждения. Условия самовозбуждения. Динамическое торможение с независимым возбуждением.

Схема включения, уравнения динамических процессов в электроприводе с двигателем постоянного тока смешанного возбуждения, статические характеристики и режимы работы.

Каскадные схемы асинхронных электроприводов. Асинхронный вентильно-машинный электрический каскад, асинхронно-вентильный каскад, асинхронный вентильно-машинный электромеханический каскад. Схемы включения, принцип работы, механические характеристики.

Электропривод с многоскоростными асинхронными двигателями. Принцип работы, механические характеристики, допустимая нагрузка при работе на различных характеристиках.

Асинхронный электропривод с частотным управлением. Механические характеристики при различных законах частотного регулирования.

Динамические процессы в асинхронном электроприводе. Уравнения и структурная схема асинхронного электропривода при линеаризованной динамической механической характеристике двигателя. Динамические свойства асинхронного электропривода при работе на рабочем участке механической характеристики.

Электромеханические свойства электропривода с синхронным двигателем. Схема включения, пусковая и статические механические характеристики синхронного двигателя. Угловая характеристика синхронного двигателя.

Характеристика программного пакета *Twente SIM*, его возможности. Назначение графического и текстового редакторов, работа с ними. Содержание библиотек, структура моделей. Пример разработки модели схемы электропривода (38 часов).

Самостоятельное изучение дополнительных тем базируется на [7.1-7.4].

Текущий контроль – устный опрос по дополнительным темам СРС.

Лекционные занятия (в количестве 8 часов) проводятся в интерактивной форме (используются технологии типа «лекция-провокация», т.е. в процессе лекции делается преднамеренная ошибка с последующим опросом студентов на следующей лекции и организацией диалога «преподаватель-студент», «студент-студент» с целью выявления ошибки и установления истины.

В конспекте лекций по данной дисциплине [7.1] теоретический материал сопровождается примерами решения задач и контрольными вопросами по каждому разделу курса, что способствует успешному освоению излагаемого на лекциях материала.

Промежуточная аттестация по дисциплине: дифференцированный зачет.

Изучение дисциплины заканчивается дифференцированным зачетом. 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 (приложение 1).

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: ОПК-2.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе решения конкретных технических задач на практических занятиях, успешной сдачи дифференцированного зачета.

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 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 компетенции ОПК-2 ««способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования»».

» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по практическим занятиям. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, ответах на практических занятиях.

Принимается во внимание **знание** обучающимися:

- общих физических свойств механической и электрической частей электропривода, методов анализа режимов работы электропривода как единой сложной электромеханической системы;
- схем включения и методов расчета характеристик и энергетических показателей электроприводов в различных режимах;

наличие **умения**:

- рассчитывать и анализировать влияние изменения параметров и внешних воздействий на режимы работы электропривода, объяснять характер процессов, пользуясь для этого физическими соображениями и важнейшими математическими соотношениями;

присутствие **навыка**:

- расчета статических характеристик, переходных процессов и энергетических показателей электропривода с применением компьютерной техники.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции в процессе выполнения заданий на практических занятиях.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции ОПК-2 «способности демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовностью использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования» 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 называть при устном ответе основные расчетные формулы 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 дифференцированный зачет, оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Дифференцированный зачет по дисциплине «Физические основы электропривода» 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, знакомы 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 пробелы 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 продол-

жить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплины (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной).

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

В зачетную книжку студента и выписку к диплому выносятся оценка дифференцированного зачета по дисциплине за 2 курс.

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 формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной (примерные вопросы по лекционному материалу):

1. Моменты (силы) исполнительных органов и кинематические схемы производственных механизмов.
2. Расчетные схемы механической части электропривода.
3. Уравнения движения и режимы работы электропривода.
4. Механическая часть электропривода как объект управления.
5. Механические переходные процессы электропривода.
6. Динамические нагрузки механической части электропривода
7. Электромеханические свойства электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения. Математическое описание динамических процессов в электроприводе. Структурная схема.
8. Уравнения статических характеристик и режимы работы электропривода с двигателем независимого возбуждения. Динамическое торможение. Динамические свойства.
9. Электромеханические свойства электроприводов с двигателями последовательного возбуждения. Схема включения. Математическое описание динамических режимов. Статические характеристики.
10. Режимы работы электроприводов с двигателями последовательного возбуждения. Расчет регулировочных характеристик. Динамическое торможение с самовозбуждением. Особенности характеристик двигателя со смешанным возбуждением.
11. Электромеханические свойства асинхронных электроприводов. Математическое описание динамических процессов в асинхронном электроприводе. Характеристики и режимы работы. Регулировочные характеристики.
12. Режим динамического торможения АД. Каскадные схемы.
13. Частотное регулирование. Динамические процессы в асинхронном электроприводе.
14. Электромеханические свойства электропривода с синхронным двигателем.
15. Электромеханические переходные процессы электропривода с линейной механической характеристикой при скачкообразном изменении управляющего или возмущающего воздействия.
16. Электромеханические переходные процессы электропривода при линейном изменении $\omega_0=f(t)$. Электромеханические переходные процессы электропривода при экспоненциальном изменении $\omega_0=f(t)$.
7. Потребляемая мощность, КПД и потери при работе двигателя на естественной характеристике с постоянной нагрузкой. Определение потерь при переменной нагрузке.
18. Потери при работе двигателя на регулировочных характеристиках. Потери и КПД в регулируемом электроприводе.
19. Потери и расход энергии в переходных режимах.

20. Коэффициент мощности и потребление реактивной энергии двигателями переменного тока Коэффициент мощности электропривода по системе ТП-Д.

Вопросы по приобретению и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной (примеры вопросов к практическим занятиям):

1. Какие моменты (силы) всегда препятствуют движению?
2. В каких режимах мощность, развиваемая двигателем равна нулю?
3. Как привести момент инерции i -го элемента J_i , вращающегося со скоростью ω_i , к скорости двигателя ω ?
4. Как определить приведенный к скорости двигателя ω момент инерции j -го элемента с массой m_j , поступательно движущегося со скоростью v_j ?
5. Как определяется статический момент M_c в одномассовой системе при обратном направлении энергии от рабочего органа к двигателю и известных $M_{\text{мех}}$, передаточном отношении i , КПД передачи η ?
6. Как определяется статический момент M_c в одномассовой системе при прямом направлении энергии от двигателя к рабочему органу и известных $M_{\text{мех}}$, передаточном отношении i , КПД передачи η ?
7. Какой ток протекает в обмотке якоря машины постоянного тока при его вращении?
8. Чем ограничен максимально допустимый ток якоря?
9. Как изменяется скорость идеального холостого хода двигателя постоянного тока независимого возбуждения при уменьшении напряжения, питающего обмотку возбуждения?
10. В каких квадрантах плоскости M, ω изображаются механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения в двигательном режиме? В генераторном режиме с рекуперацией энергии в сеть? В режиме противовключения? В режиме динамического торможения?
11. Как изменяется скорость идеального холостого хода двигателя постоянного тока независимого возбуждения при уменьшении напряжения на якоре? При уменьшении напряжения на обмотке возбуждения? При включении добавочного сопротивления в якорную цепь? При увеличении добавочного сопротивления в цепи обмотки возбуждения?
12. По какой причине необходимо ограничивать величину тока якоря?
13. Как изменяется ток короткого замыкания двигателя постоянного тока независимого возбуждения при уменьшении тока в обмотке возбуждения? При включении добавочного сопротивления в якорную цепь?
14. Чему равна скорость идеального холостого хода двигателя постоянного тока последовательного возбуждения в схеме с шунтированием якоря при $R_{\text{ш}}=0$?
15. Какие тормозные режимы асинхронного электропривода Вы знаете?
16. Как влияет насыщение магнитной цепи на механические характеристики асинхронного двигателя в режиме динамического торможения?
17. Чем определяется скорость идеального холостого хода двигателя постоянного тока смешанного возбуждения?
18. Каково выражение для критического момента M_k и критического скольжения s_k ; формулы Клосса?
19. Почему при выполнении закона $U/f=\text{const}$ и $M_c=\text{const}$ в реальных условиях перегрузочная способность асинхронного двигателя не остается постоянной?
20. Какой скорости ω асинхронного двигателя в режиме динамического торможения соответствует $s=0$?
21. При какой скорости ω_k общих координатных осей статора и ротора переменное напряжение статора преобразуется в постоянное?

22. Как изменяются потери в переходных режимах при уменьшении суммарного приведенного момента инерции электропривода?

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

1. Механика электропривода

Моменты (силы) исполнительных органов и кинематические схемы производственных механизмов. Зависимости моментов (сил) исполнительных органов от скорости, пути и времени.

Расчетные схемы механической части электропривода. Приведение параметров и нагрузок к расчетной скорости. Переход от многомассовой системы к трех-, двух- и одномассовой системам.

Уравнения движения и режимы работы электропривода. Правило знаков в уравнении движения. Переходные и установившиеся динамические режимы движения. Статический режим движения.

2. Электромеханические свойства электроприводов постоянного и переменного тока

Схема включения двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Математическое описание динамических процессов в электроприводе с двигателем постоянного тока независимого возбуждения.

Уравнения статических характеристик и режимы работы двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Понятия *жесткости* и *статизма* механической характеристики. Генераторные режимы работы двигателя постоянного тока независимого возбуждения.

Естественная и искусственные (регулируемые) характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Влияние добавочного сопротивления в якорной цепи на статические характеристики. Уравнения характеристик в относительных единицах.

Статические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения при различных значениях потока и напряжения, подводимого к якорю (система Г-Д), в схеме с шунтированием якоря.

Динамическое торможение двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Статические характеристики двигателя при динамическом торможении.

Математическое описание динамических процессов в электроприводе с двигателем постоянного тока независимого возбуждения. Динамическая характеристика двигателя в установившемся режиме.

Схема включения двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Математическое описание динамических процессов в электроприводе с двигателем последовательного возбуждения. Статические характеристики. Режимы работы в естественной схеме включения.

Регулируемые характеристики электропривода с двигателем последовательного возбуждения. Расчет и построение статических характеристик двигателя постоянного тока последовательного возбуждения для различных значений добавочного сопротивления в якорной цепи и при изменении питающего напряжения. Характеристики в схеме с шунтированием обмотки возбуждения, с шунтированием якоря.

Динамическое торможение с самовозбуждением двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Условия самовозбуждения. Динамическое торможение с независимым возбуждением.

Схема включения, уравнения динамических процессов в электроприводе с двигателем постоянного тока смешанного возбуждения, статические характеристики и режимы работы.

Естественная механическая и электромеханические характеристики асинхронного двигателя, получаемые на основе Г-образной схемы замещения. Режимы работы асинхронного двигателя.

Динамическое торможение с независимым возбуждением асинхронного двигателя. Влияние насыщения магнитной цепи на механические характеристики двигателя. Режим динамического

торможения со смешанным возбуждением.

Регулировочные (искусственные) характеристики асинхронного электропривода при симметричном включении активного или индуктивного сопротивления в роторную или статорную цепь, при изменении питающего напряжения.

Каскадные схемы асинхронных электроприводов. Асинхронный вентильно-машинный электрический каскад, асинхронно-вентильный каскад, асинхронный вентильно-машинный электромеханический каскад. Схемы включения, принцип работы, механические характеристики.

Электропривод с многоскоростными асинхронными двигателями. Принцип работы, механические характеристики, допустимая нагрузка при работе на различных характеристиках.

Асинхронный электропривод с частотным управлением. Механические характеристики при различных законах частотного регулирования.

Динамические процессы в асинхронном электроприводе. Уравнения и структурная схема асинхронного электропривода при линеаризованной динамической механической характеристике двигателя. Динамические свойства асинхронного электропривода при работе на рабочем участке механической характеристики.

Электромеханические свойства электропривода с синхронным двигателем. Схема включения, пусковая и статическая механические характеристики синхронного двигателя. Угловая характеристика синхронного двигателя.

3. Электромеханические переходные процессы разомкнутой системы электропривода

Общие уравнения электромеханических переходных процессов в электроприводе с линейной механической характеристикой двигателя при $c_{12}=\infty$, $M_c=\text{const}$ и скачкообразном изменении управляющего или возмущающего воздействия.

Электромеханические переходные процессы на естественной характеристике при набросе и сбросе нагрузки M_c скачком.

Переходный процесс пуска двигателя по реостатной характеристике. Переходные процессы при ступенчатом реостатном пуске двигателя с линейной механической характеристикой. Расчет и построение пусковой диаграммы и графиков переходных процессов.

Переходные процессы при реверсе и динамическом торможении с активным и реактивным моментом на валу двигателя с линейной механической характеристикой.

Переходные процессы пуска с реактивным и активным моментом на валу двигателя при линейном изменении ω_b в функции времени.

Переходные процессы реверса с активным и реактивным моментом на валу двигателя при линейном изменении ω_b в функции времени.

4. Энергетика электроприводов

Показатели, характеризующие работу электропривода с энергетической точки зрения. Потребляемая мощность, КПД и потери при работе двигателя на естественной характеристике с постоянной нагрузкой.

Определение потерь при работе двигателя на естественной характеристике с переменной нагрузкой методом эквивалентных величин. Условия применимости различных вариантов метода.

Потери при работе двигателей на регулировочных характеристиках.

Потери и КПД в регулируемом электроприводе. Зависимость их от характера изменения статического момента от скорости. Интегральный КПД за производственный цикл.

Потери и расход энергии в переходных режимах двигателей постоянного тока.

Потери и расход энергии в переходных режимах асинхронных двигателей. Способы снижения потерь в переходных режимах.

Коэффициент мощности и потребление реактивной энергии асинхронными и синхронными двигателями трехфазного тока. Определение коэффициента мощности за цикл работы.

Коэффициент мощности электропривода постоянного тока по системе ТП-Д.

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 «Электрический привод», которые приведены в методические рекомендации к выполнению и защите лабораторных работ, по выполнению расчетных заданий и заданий на самостоятельную работу (приложение к настоящей РПД).

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

а) Основная литература

Учебники: отсутствуют.

Учебные пособия:

1. Данилов П.Е. Основы теории электропривода. Часть первая. Конспект лекций по курсу «Электрический привод» [Текст]: конспект лекций / П.Е. Данилов. – 2-ое изд., испр. и доп. – Смоленск, 2013. – 200 с.

Методические указания:

1. Ешкин В.Н. Цифровое моделирование систем электропривода. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Применение вычислительной техники в задачах электропривода». Смоленск: Филиал ГОУВПО «МЭИ(ТУ)», 2006. – 31 с.

Технические и профессиональные справочники, обеспечивающие практическую деятельность по дисциплине:

1. Машиностроение. Энциклопедия/ред. совет: К.В.Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Электроприводы. Т. IV-2 / Л.Б. Масандилов, Ю.Н. Сергиевский, С.К. Козырев и др.; под общ. ред. Л.Б. Масандилова, 2012. 520 с.: ил.

б) дополнительная литература:

1. Данилов П.Е. Теория электропривода. [Текст]: монография / П.Е. Данилов, В.А. Барышников, В.В. Рожков. – Смоленск, 2014. – 348 с.

2. Ильинский, Н.Ф. Основы электропривода: Учеб. пособие для вузов. -2-е изд., перераб. и доп – М.: Издательство МЭИ, 2007.-220 с.: ил.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурс кафедры автоматизированного электропривода МЭИ www.aep.mpei.ac.ru.

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

1. Фролов Ю.М., Шелякин В.П.

Проектирование электропривода промышленных механизмов

СПб.: Лань, 2014. – 448 с. Режим доступа:

<http://www.news.elteh.ru/arh/2014/85/11.php>

2. В. Драчков, М. Иванов. Двигатель для электропривода — выбор мощности, вида, типа и метода управления, [электронный ресурс]. Силовая электроника №3, 2008. Режим доступа:

<http://www.power-e.ru/electrodrives.php>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина предусматривает лекции один раз в неделю, практические занятия каждую неделю и шесть четырехчасовых лабораторных работ, выполняемых по отдельному графику. Изучение курса завершается экзаменом.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях и лабораторных работах, 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 объем 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 объем выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделывать самостоятельно.

После проверки отчета преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме за-

нения (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы).

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

Самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

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).

Лабораторные работы по данной дисциплине не проводятся.

Автор к.т.н., доцент

Зав. кафедрой к.т.н., доцент

 **ІРЫШНИКОВ В.А.**
 **МИХАЙЛОВ В.А.**

Программа одобрена на заседании кафедры ПТЭ от 16 ноября 2015, протокол №4.